

V.T.Vetrova

53
✓ 51

$$I = \frac{\Phi}{4\pi R}$$

$$H = \frac{I}{2\pi R}$$

FIZIKA

MASALALAR TO'PLAMI



**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI VA KOMMUNIKATSIYALARINI
RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT
AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

FIZIKA

MASALALAR TO‘PLAMI

*O‘zbekiston Respublikasi
Oliy va o‘rta maxsus ta‘lim vazirligi
tomonidan o‘quv qo‘llanma sifatida tavsiya etilgan*

**«Mahalla va oila nashriyoti»
TOSHKENT – 2021**

КБК 22.3уа73
UO'K 53(076.1)
F 58

Ветрова В.Т. В39. ФИЗИКА Сборник задач. Учебное пособие для вузов. - Минск. Высшая школа 2021 - 515 с: ил.

О'zbek tiliga tarjima qilganlar:

К.П.Абдурахманов, А.В.Умаров, V.S. Xamidov, O.O.Ochilova.

“Fizikadan masalalar to‘plami” o‘quv qo‘llanmasi umumiy fizika kursi bo‘yicha masalalar to‘plami texnika yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalarning fizika fanidan masalalarni mustaqil bajarishlari uchun mo‘ljallangan. Qo‘llanmaning tuzilishi talabalarning auditoriya va auditoriyadan tashqaridagi mustaqil ishlarini tashkil etishda qo‘llash ko‘zda tutilgan. O‘quv qo‘llanma talabalar mustaqil ishlarni bajarishda ham foydalanishi mumkin. Shu maqsadda har bir mavzuning boshlanishida o‘quv dasturiga mos bo‘lgan va talabalarni tavsiya etiladigan adabiyotlardan foydalangan holda nazariy materiallarni o‘zlashtirishga yo‘naltiruvchi nazorat savollari keltirilgan. O‘quv qo‘llanmada masalalar shartlari o‘rniga umumiy fizika kursi bo‘yicha masalalar to‘plamlarida keltiriladigan katta miqdordagi aniq masalalarni shaklantirishga asos bo‘luvchi umumiy holatlar ifodasini keltirish ushbu o‘quv qo‘llanmaning eng farqli hususiyati hisoblanadi.

Muharrirlar:

Taqrizchilar:

O‘quv qo‘llanma Muxammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti ilmiy kenashining qarori bilan chop etishga tavsiya etilgan.

ISBN 978-9943-7777-0-5

**© K.P.Abduraxmanov, A.V.Umarov,
V.S. Xamidov, O.O.Ochilova. 2021 y.
© «Mahalla va oila nashriyoti»2021 y.**

SO‘Z BOSHI

Oliy ta‘lim muassasalarining texnik yonalishlardagi talabalari o‘rganadigan fizika-fani bo‘lajak muhandislarni nazariy tayyorlash uchun fundamental bazani shakllantiradi.

Ta‘limning barcha bosqichlarida nazariy bilimlarni amaliyotda qo‘llash qobiliyati muhim ahamiyat kasb etadi, bunga talabalarning fizika kursini o‘rganishda masalalar echish bo‘yicha olgan malakasi yordam beradi. Uning ustiga, nazariy materiallarni muvaffaqiyatli o‘zlashtirishi amaliy mashg‘ulotlarni tashkil etish va o‘tkazish uslubiga va talabalarning boshqariladigan mustaqil ishlariga sezilarli darajada bog‘liqdir.

Talabalarda frizikadan masalalar echish jarayonida alohida aniq hodisalarga umumiy nazariy qonuniyatlarni qo‘llash qobiliyati shakllanadi. Bunda nazariy bilimlar chuqurlashadi va tartibga solinadi. Shu sababli har bir talabaning mustaqil ishini uslubiy to‘g‘ri tashkillashtirish juda muhimdir.

Ushbu umumiy fizika kursi bo‘yicha masalalar to‘plami texnika yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalarning fizika fanidan masalalarni mustaqil bajarishlari uchun mo‘ljalangan. U muallif tayyorlagan va 1991 yilda «**Высшая школа**» nashriyotida chop etilgan shahsiy topshiriqlari bilan fizikadan masalalar to‘plamiga asoslangan. Tavsiya etilgan topshiriqlar Belorussiya davlat agrar texnik universiteti fizika kafedrasida aprobasiyadan o‘tgan, kafedra o‘qituvchilarining fikricha, talabalarning mustaqil ishlarini amaliy mashg‘ulotlarda ham, uy vazifalarini bajarishda ham rasional tashkil etishga yordam beradi, bu esa fizika kursini o‘rganish jarayonida shahsiy o‘quv faoliyatini faollashtiradi.

Muallif masalalarni tuzishda ularni echish uchun faqat berilgan ma‘lumotlarni ma‘lum ifodalarga oddiygina qo‘yish bilan cheklanmay, avvalo masalalar shartida ta‘riflangan fizikaviy hodisalar ma‘nosini va shu hodisalarga asoslangan qonunlarni tushunib etishishga intildi. Qo‘llanmani tuzishda haqiqiy fizikaviy obektlar va kattaliklar ko‘lamini baholash imkonini beradigan masalalar afzal deb hisoblandi. To‘plamda fizikaviy tizimlar, hodisalar yoki jarayonlarni modellashtiradigan, ideallashtirilgan tizimli masalalar ham keltirilgan. Bu esa talabalarga asosiyni ajratib olish va ahamiyatga ega bo‘lmaganlarni chiqarib tashlashni o‘rgatadi.

Qo'llanmaning tuzilishi talabalarning auditoriya va auditoriyadan tashqaridagi mustaqil ishlarini tashkil etishda qo'llash ko'zda tutilgan. Talabalarning o'quv materiallarini tushunishda, asosiylarini ajratib olishda va mashg'ulotlarga maqsadli tayorlanishda yordam berish maqsadida har bir mavzuning boshlanishida masalani echish uchun asosiy tushunchalar, ifodalar hamda nazorat savollari keltirilgan. Materiallarning joylashishi umumiy fizika kursi bo'yicha mavjud ko'pgina o'quv qo'llanmalarga mos keladi.

Masalaning sharti o'rniga umumiy holat ta'rifli keltirilishi, uning asosida ko'p miqdordagi aniq masalalar ifodalanishi mumkinligi qo'llanmaning eng farqli xususiyatlari hisoblanadi. Bitta holatdan 28 ta aniq masalalarni tuzish uchun kerakli materiallar umumiy holat tavsiflashdan so'ng jadvallarda keltirilgan.

Ushbu masalalar to'plamidan foydalanilganda har bir talaba masalalar shartida tavsiflangan umumiy fizikaviy holatni tasavvur etaolishi, o'zining shaxsiy topshirig'ini aniq tasavvur etishi, topshiriq raqami bo'yicha aniq masalaning shartlarini o'zi ifodalayolishi va undan so'ng masalani echishga kirishishi o'qitishning asosiy muammosi bo'lishi mumkin. Masalalarning barcha variantlariga javoblar to'plamning oxirida jadvallar ko'rinishda berilgan.

To'plamning oxirida bu to'plamga kiradigan masalalar echimiga zarur bo'lgan ma'lumotlar bilan birga ma'lumotli jadvallar, hamda tavsiya etiladigan adabiyotlar joylashtirilgan.

Uslubiy tavsiyalar

Masalalar to'plami fizika fanini chuqur o'rganilmaydigan texnik yo'nalishdagi oliy ta'lim muassasalaridagi umumiy fizika kursining 24 ta mavzulari bo'yicha masalalarni qamrab olgan. Har bir mavzu o'nta umumlashgan masalalardan iborat bo'lib, bir auditoriya mashg'ulotiga va uy vazifasini bajarishga mo'ljallangan.

Masala sharti, qandaydir fizik hodisalar va qonunlarga asoslangan, umumiy vaziyatni tavsiflaydigan, miqdoriy qiymatlar va aniq topshiriqlardan tashkil topgan 28 ta variantli jadvaldan iborat. Talabalar mustaqil ishlari nazoratini boshqarishni osonlashtirish uchun, topshiriq raqami talaba familiyasining o'qituvchi jurnalidagi raqami bilan mos kelishi tavsiya etiladi.

Agar jadvalda topshiriqlarning turli to'rt xil variantlariga fizik kattalikning o'zgarish qonuni yoki uning bitta qiymati berilgan bo'lsa, bu to'rttala variant uchun bir xil ekanligini anglatadi. Ba'zi masalalarda o'ziga hos topshiriq shartda keltirilgan, variantlar boshlangich ma'lumotlar bilan farq qiladi. Noma'lum kattaliklarni, topshiriq raqamiga mos ravishda, topish kerak bo'lgan masalalarda, jadvaldagi noma'lum kattaliklar so'roq belgisi bilan belgilangan. Ko'pchilik masalalarda har ikki turdagi topshiriqlar mavjud. Har bir mavzu turli qiyinlikdagi masalalardan tashkil topgan. Barcha mavzularda birinchi masalalar eng oson masalalar hisoblanadi.

Har bir mavzu bo'yicha ushbu o'quv qo'llanmadagi masalalarni echish uchun kerak bo'ladigan asosiy tushunchalar, qonunlar va ifodalar keltirilgan. Mashg'ulotlarda muhokama jarayonida masalalarni turlicha yondashuvlarda iqtibos qilishga qulay bo'lishi uchun barcha ifodalar raqamlangan. Har bir mavzi boshidagi qisqacha nazariy ma'lumotlar talabalar o'quv rejasiga binoan darslik va ma'ruzalar to'plamidan o'rganishi kerak bo'lgan nazariy materialni o'rnini bosaolmaydi. Bu ma'lumotlar talabaga o'rganilgan mavzudan eng asosiyini eslatish va amaliy mashg'ulotda masala echushda nazariy shartlar muhokamasi vaqtini qisqartirish uchun keltirilgan.

Har bir mavzi bo'yicha nazat savollari berilgan bo'lib, ularning tartib raqami, tegishli masala tartib raqami bilan mos keladi. Lekin topshiriqni muvaffaqiyatli bajarish uchun nafaqat shu raqam ostidagi savol javobini balki, bundan oldingilarini ham bilish zarur.

Auditoriya mashg'uloti vaqtida, talabalarga o'z variantlarini echishga kirishishlarini taklif etishdan oldin, shu masalaga tegishli

nazorat savollarini muhokama qilish va javobini topish kerak. Sinf doskasida masalaning umumiy holati o'rganilib, uning asosida qaysi fizik qonun yotishini aniqlash kerak.

Auditoriya darslarida to'rt kishidan iborat guruhlariga quyidagi qo'shimcha topshiriq berilishi mumkin: ba'zi fizikaviy bog'lig'liklarni tahlil qilish, olingan natijalar asosida grafik chizish va boshqalar.

Fizikadan masalalar to'plami quyidagilardan iborat:

- 1) Bitta masalaning turlicha boshlang'ich ma'lumotlar va noma'lum qiymatlari bilan farq qiladigan individual variantlaridan iborat masalalar;
- 2) To'rt kishidan iborat guruhlar uchun bir-biridan farq qiluvchi yoki o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar tizimi bilan, yoki o'zaro ta'sir shartlari bilan, yoki harakat tenglamalari va boshqalar bilan farqlanuvchi bir hil turdagi masalalar; bunda guruhning har bir a'zosi individual boshlang'ich ma'lumotlar oladi;
- 3) Har bir a'zo uchun faqat bitta parametri bilan farq qiluvchi, guruh uchun umumiy yoki bir xil turdagi masalalar; guruh har bir a'zosining natijalari asosida qidirilayotgan kattalikning o'zgaruvchi parametriga nisbatan bog'lanish grafigini chizadi; turli guruhlarda qidirilayotgan kattaliklar va (yoki) o'zgaruvchi parametrlar turlicha bo'ladi;
- 4) Guruhlar uchun umumiy shartli, lekin turli topshiriqli masalalar, ularning turli guruhlar tomonidan olingan echimi va natijalarini solishtirish, muammoli vaziyatni shakllantirilgandagi barcha savollarga javob topish imkonini beradi; bunda guruhning har bir a'zosi individual topshiriq oladi.

Auditoriya mashg'ulotlari uchun yaxshisi ikkinchi, uchunchi va to'rtinchi turdagi, bir guruh vakili uchun masala shartini muhokama qilish, har birining natijasi asosida grafik chizish, olingan natijalarni taxlil qilish imkonini beruvchi, masalalardan foydalangan ma'qul. 15-20 minut mustaqil ishlaganlaridan so'ng ikki-uch guruh vakillari doskada masalani echish yollari, olingan natijalar, grafiklarni tushuntirishlari mumkin. Birinchi turdagi masalalarni uy vazifasi sifatida foydalanish ma'qul. Buning uchun qo'llanma oxirida masala echushga doir ko'rsatmalar berilgan.

Masalalar javoblari jadval ko'rinishida berilgan. Javobli jadvallarda ustunlar tepasida masala raqami berilgan, qator raqami

topshiriq raqamiga to`g`ri keladi. Agar masalada bir nechta kattaliklar topish kerak bo`lsa, javobdagi kattaliklar ketma-ketligi topshiriqli jadvaldagi so`roq belgilari tartibiga mos bo`ladi. Bir qism masalalarda, ikkita-uchta fizik kattaliklarni topish kerak bo`lsa, javoblardan biri har to`rt topshiriq uchun umumiy bo`lishi mumkin. Bunday holda jadvalda javob 1 marta keltiriladi.

MEXANIKA

1-mavzu. Moddiy nuqta va qattiq jismning ilgarilanma harakati kinematikasi

Asosiy qonunlar va ifodalar

Berilgan vaqt momentidagi moddiy nuqta oniy tezligining vektori va uning koordinata o'qlariga proeksiyalari:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}, \quad v_x = \frac{dx}{dt}, \quad v_y = \frac{dy}{dt}, \quad v_z = \frac{dz}{dt}, \quad (1.1)$$

Tezlik vektori moduli:

$$v = \frac{ds}{dt} \Rightarrow ds = v \cdot dt, \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}, \quad (1.2)$$

Berilgan vaqt momentidagi moddiy nuqta oniy tezlanishi vektori va uning koordinata o'qlariga proeksiyalari:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad a_x = \frac{dv_x}{dt}, \quad a_y = \frac{dv_y}{dt}, \quad a_z = \frac{dv_z}{dt}, \quad (1.3)$$

Tezlanish vektori moduli:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}, \quad (1.4)$$

t_1 vaqt momentidan t_2 moment oralig'ida moddiy nuqtaning bosib o'tgan yo'li,

$$s = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt, \quad (1.5)$$

bu erda v – tezlik moduli.

Moddiy nuqta tezlanishi vektorining tangensial tashkil etuvchisi va uning moduli:

$$\bar{a}_r = \frac{dv}{dt} \bar{\tau}, \quad a_r = \frac{dv}{dt}, \quad (1.6)$$

bu erda $\bar{\tau}$ - traektoriyaga urinma yo'nalishidagi birlik vektor.

Tezlanish vektorining normal tashkil etuvchisi va uning moduli:

$$\bar{a}_n = v \frac{d\bar{\tau}}{dt} = v \cdot \frac{v}{R} \bar{n} = \frac{v^2}{R} \bar{n}, \quad a_n = \frac{v^2}{R}, \quad (1.7)$$

bu erda \bar{n} - egrilikning oniy radiusi yo'nalishidagi birlik vektor.

Traektoriyaning oniy egrilik radiusi:

$$R = \frac{ds}{d\varphi}, \quad (1.8)$$

bu erda $d\varphi$ – moddiy nuqtaning traektoriya bo'yicha ds kichik masofaga ko'chishidagi $\bar{\tau}$ birlik vektorning burilgan burchagi.

Moddiy nuqta to'la tezlanish vektorining moduli:

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_r^2} = \sqrt{\left(\frac{v^2}{R}\right)^2 + \left(\frac{dv}{dt}\right)^2}, \quad (1.9)$$

Fazodagi ikkita nuqta orasidagi masofa:

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}, \quad (1.10)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

1.1. Mexanik harakat deb nimaga aytiladi? Qanday harakat ilgarilanma deb aytiladi? Moddiy nuqta nima? Jism ayrim hollarda moddiy nuqta, boshqa hollarda moddiy nuqta emasligiga misollar keltiring.

1.2. Sanoq tizimi deb nimaga aytiladi? Moddiy nuqta tezligi nima? Nuqtaning tezlanishi deb nimaga aytiladi? Nuqtaning koordinatalari o'zgarish qonunini bilgan holda berilgan yo'nalish

bo'ylab tezlik va tezlanish proeksiyalarining o'zgarish qonunlarini qanday aniqlash mumkin? Berilgan vaqt momentida tezlik va tezlanishlarning oniy qiymatlarini qanday hisoblash mumkin?

1.3. Koordinatalar boshiga nisbatan moddiy nuqtaning radius-vektori deb nimaga aytiladi? Agar koordinatalar boshiga nisbatan radius-vektorning o'zgarish qonuni ma'lum bo'lganda, moddiy nuqtaning tezlik va tezlanish vektorlarini qanday aniqlash mumkin? Tezlik va tezlanish vektorlari modullarini qaysi ifodalar orqali hisoblanadi? Moddiy nuqta harakat traektoriyasi deb nimaga aytiladi? Agar moddiy nuqta radius-vektorining o'zgarish qonuni ma'lum bo'lsa, traektoriya tenglamasini qanday keltirib chiqarish mumkin?

1.4. Vektor yo'nalishi qanday aniqlanadi? Berilgan vektorning koordinata o'qlari bilan hosil qilgan burchaklari qiymatlarini qanday hisoblash mumkin?

1.5. Yo'nalish bo'yicha tezlanishning o'zgarish qonuni berilgan bo'lsa, shu yo'nalish bo'ylab tezlik va koordinatalar o'zgarish qonunlarini qaysi ifodalar orqali aniqlash mumkin? Aniq javob berish uchun qo'shimcha nimalar keltirilishi kerak?

1.6. Fazodagi ikkita nuqta orasidagi masofa nimaga teng? Berilgan sanoq tizimidagi tezliklar o'zgarish qonunlari ma'lum bo'lganda, berilgan momentda harakatlanayotgan ikkita moddiy nuqtalar orasidagi masofani qanday aniqlash mumkin?

1.7. Harakatlarning bir-biriga bog'liq bo'lmaslik prinsipi nimadan iborat? Er sirti ustidan gorizontol otilgan jism qanday harakatlanadi?

1.8. Tezlanishning qaysi tashkil etuvchilarini normal va tangensial deb ataladi? Ular qanday yo'nalgan? Ular tezlik vektorining qaysi o'zgarishini xarakterlaydi?

1.9. Normal va tangensial tezlanishlarni bilgan holda to'la tezlanish vektori va uning modulini qanday aniqlash mumkin?

1.10. Traektoriya egriligi deb nimaga aytiladi? Radiusi nimaga teng?

1.1 - masala. Bir vertikal bo'yicha A va B jismlar bir-biri tomon harakatlanmoqda. A jism $(g_0)_1$ tezlik bilan vertikal yuqoriga, B jism esa $(g_0)_2 = 0$ tezlik bilan H balandlikdan vertikal pastga harakatlanmoqda. Jismlar bir vaqtda harakatini boshlab, t vaqtdan keyin ular orasidagi masofa h ga teng bo'ldi. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping. Jismlar qancha vaqtdan keyin uchrashishini aniqlang.

Topshiriq raqami	$(g_0)_1, m/s$	H, m	t, s	h, m
1	?	16	0,5	10
2	15	?	0,2	5
3	17,5	22	?	15
4	20	5	0,1	?
5	?	7	0,3	4
6	7,5	?	0,8	16
7	5	15	?	12
8	25	23	0,32	?
9	?	10	0,16	6
10	12,5	?	0,24	2
11	10	26	?	20
12	22	21	0,5	?
13	?	25	1,2	13
14	5	?	1,4	7
15	6	18	?	9
16	6,25	6	0,8	?
17	?	12	0,25	8
18	25	?	0,2	11
19	8	8	?	4
20	8	19	1,25	?
21	?	14	0,15	8
22	10	?	0,7	3
23	13,75	20	?	9
24	12	17	1	?
25	?	24	0,7	10
26	20	?	0,35	5
27	15	13	?	7
28	12,5	9	0,4	?

1.2 - masala. Ikkita moddiy nuqta bir sanoq tizimida X o'qi bo'ylab berilgan harakat tenglamasi bo'yicha harakatlanmoqda. Qaysi vaqt oralig'ida bu nuqtalar tezliklarining X o'qiga proeksiyalari bir xil bo'ladi? Bu vaqt oralig'ida nuqtalarning tezlik va tezlanish proeksiyalarini toping.

Topshiriq raqami	Birinchi nuqtaning harakat tenglamasi, m	Ikkinchi nuqtaning harakat tenglamasi, m
1	$X=20+4t-4,5t^2$	$X=2+2t+0,5t^2$
2	$X=12+19t+0,6t^2$	$X=21+16t+1,6t^2$
3	$X=8+12t-0,3t^2$	$X=9+15t-0,9t^2$
4	$X=23+2,6t+1,5t^2$	$X=16+8t-0,75t^2$
5	$X=24+6t+0,5t^2$	$X=8+20t-1,5t^2$
6	$X=6+17,8t-1,75t^2$	$X=17+3t+0,1t^2$
7	$X=30+15t-1,25t^2$	$X=25+14t+1,25t^2$
8	$X=11+3t-0,1t^2$	$X=10+6t-0,4t^2$
9	$X=21+19,4t-0,35t^2$	$X=15+8t+0,6t^2$
10	$X=13+12,9t-1,8t^2$	$X=30+5,2t-0,7t^2$
11	$X=1,2t+1,6t^2$	$X=4+18t-0,8t^2$
12	$X=29+10t+0,5t^2$	$X=18+14t+0,3t^2$
13	$X=15+9,4t-1,5t^2$	$X=24+7t-0,7t^2$
14	$X=4+16t+0,15t^2$	$X=5+19,5t-1,6t^2$
15	$X=26+2,2t+1,8t^2$	$X=32+15t+0,2t^2$
16	$X=19+6,2t-0,8t^2$	$X=20+4t+1,4t^2$
17	$X=18+10t+0,45t^2$	$X=11+11t+0,4t^2$
18	$X=3+18t-1,25t^2$	$X=26+7t+1,5t^2$
19	$X=25+20t-0,2t^2$	$X=6+16t-0,1t^2$
20	$X=10+7t+0,65t^2$	$X=19+13t-0,85t^2$
21	$X=27+14,7t+1,2t^2$	$X=3+30t-0,5t^2$
22	$X=2+16t-0,7t^2$	$X=29+17t-0,9t^2$
23	$X=22+6,2t+1,5t^2$	$X=23+14t+0,2t^2$
24	$X=14+15t-0,2t^2$	$X=12+10,2t+1,4t^2$
25	$X=5+12t+1,7t^2$	$X=14+14,2t+0,6t^2$
26	$X=28+20t-0,4t^2$	$X=28+13,4t+1,8t^2$
27	$X=16+14,3t-2t^2$	$X=7+12t+0,3t^2$
28	$X=9+9t+0,8t^2$	$X=22+7t+1,2t^2$

1.3 - masala. Moddiy nuqtaning koordinata boshiga nisbatan radius vektori vaqt o'tishi bilan ma'lum qonun bo'yicha o'zgaradi, bunda i va j , x va y o'qlarining ortalari (birlik vektorlari). a) traektoriya tenglamasini toping va grafigini chizing; b) koordinata o'qlaridagi tezlik proeksiyalarini toping; c) t_1 vaqt momentidagi tezlik va tezlanish vektorlarining vaqtga bog'liqligi va kattaliklarning modullari topilsin.

Topshiriq raqami	Radius-vektorning o'zgarish qonuni $r=r(t),m$	A	B	t_1,c
1	$r = Ati + Bt^2j$	2 m/s ²	6 m/s ²	1,5
2		1 m/s	5,5 m/s ²	3
3		4 m/s	48 m/s ²	0,5
4		3 m/s	18 m/s ²	1
5	$r = At^2i + Bt^2j$	3 m/s ²	5 m/s ²	2
6		2 m/s ²	4 m/s ²	3
7		2 m/s ²	3 m/s ²	0,5
8		4 m/s ²	6 m/s ²	0,2
9	$r = At^2i - Btj$	16 m/s ²	12 m/s	0,1
10		4 m/s ²	7 m/s	4
11		9 m/s ²	15 m/s	2
12		25 m/s ²	7,5 m/s	0,4
13	$r = Ati - Bt^2j$	1,5 m/s	5 m/s ²	1
14		2 m/s	6 m/s ²	2
15		0,5 m/s	2 m/s ²	0,5
16		3 m/s	4,5 m/s ²	5
17	$r = At^2i + Btj$	36 m/s ²	12 m/s	0,3
18		16 m/s ²	16 m/s	0,6
19		9 m/s ²	3 m/s	0,8
20		4 m/s ²	5 m/s	3
21	$r = At^2i - Bt^2j$	0,2 m/s ²	1,2 m/s ²	2
22		1,5 m/s ²	3 m/s ²	2,5
23		0,5 m/s ²	2 m/s ²	1,5
24		2 m/s ²	5 m/s ²	0,2
25	$r = Ati + Btj$	0,4 m/s	2 m/s	0,25
26		2,5 m/s	5 m/s	4
27		3 m/s	4,5 m/s	1,3
28		8 m/s	20 m/s	1,7

1.4 - masala. Agar moddiy nuqta radius-vektorining koordinatalar boshiga nisbatan o'zgarish qonuni ma'lum bo'lganda, tezlik va tezlanish vektorlari orasidagi α burchakning vaqtga bog'liqligi, uning t_1 vaqt momentidagi qiymati topilsin?

Topshiriq raqami	Radius-vektor o'zgarishi qonuni	A	V	t_1, c
1	$r = -At^2i + Btj$	2 m/s^2	32 m/s	1
2				2
3				3
4				4
5	$r = -Ati - Bt^2j$	0.5 m/s	2 m/s^2	1
6		1 m/s		
7		1.5 m/s		
8		2 m/s		
9	$r = At^2i + Btj$	2.5 m/s^2	10 m/s	2
10				4
11				6
12				8
13	$r = -Ati + Bt^2j$	12 m/s	2 m/s^2	2
14			4 m/s^2	
15			6 m/s^2	
16			8 m/s^2	
17	$r = At^2i - Btj$	1.5 m/s^2	16 m/s	4
18		2 m/s^2		
19		2.5 m/s^2		
20		3 m/s^2		
21	$r = Ati - Bt^2j$	20 m/s	5 m/s^2	2,5
22				5
23				7,5
24				10
25	$r = -At^2i + Btj$	4 m/s^2	4 m/s	0,25
26			8 m/s	4
27			12 m/s	1,3
28			16 m/s	1,7

1.5 - masala. Moddiy nuqta o'zining tinch holatidan to'g'ri chiziqli harakat qilmoqda. Moddiy nuqtaning tezlanishi moduli $a = A + Bt + Ct^2$ qonun bo'yicha o'zgaradi, bu erda A, B, C - o'zgarmas kattaliklar. Tinch holatdan harakatlangan moddiy nuqta t_1 sekunddan keyin qanday tezlikka erishadi? Bu vaqtda u qancha yo'l bosib o'tadi?

Topshiriq raqami	$A, m/s^2$	$B, m/s^3$	$C, m/s^4$	t, s
1	1	-2	2	2,5
2	8	4	14	0,4
3	16	9	5	1,2
4	4	-6	11	0,8
5	10	-3	13	0,75
6	22	-14	-6	2
7	12	18	15	0,4
8	8	7	-3	1,5
9	2	-5	4	0,9
10	17	-20	7	1,6
11	6	-10	8	0,5
12	9	4	19	0,3
13	8	-1	16	1,5
14	10	7	-3	2
15	18	-11	9	0,6
16	-2	20	14	0,5
17	2	-6	11	1,7
18	19	15	5	1
19	15	-3	18	0,8
20	12	20	-4	1,5
21	5	-7	13	0,7
22	12	-19	1	0,4
23	16	9	20	0,9
24	-3	-1	10	1,6
25	-6	3	12	1,8
26	17	-14	5	1,3
27	9	8	-15	0,6
28	7	10	-1	1,2

1.6 - masala. Bitta sanoq tizimidagi koordinata boshidan ikkita moddiy nuqta harakatlana boshladi. Ularning ϑ_1 va ϑ_2 tezlik vektorlari ma'lum qonuniyat bilan o'zgaradi, bu qonunlarda i, j, k – X, Y, Z o'qlarining ortalaridir. t_1 vaqt momentidagi moddiy nuqtalar orasidagi masofa topilsin va moddiy nuqtalar orasidagi l masofaning t vaqtga bog'liqlik grafigi chizilsin ($t_{1min} < t < t_{1max}$).

Topshiriq raqami	$(\vartheta_1), \text{m/s}$	$(\vartheta_2), \text{m/s}$	t, s
1	$\vartheta_1 = 5ti + 2t^2j + 3k$	$\vartheta_2 = 4i + tj + 2t^2k$	1
2			2
3			3
4			4
5	$\vartheta_1 = 9t^2i - j + 2k$	$\vartheta_2 = 2ti + 6t^2k$	1
6			1,5
7			2
8			2,5
9	$\vartheta_1 = -1,2t^2j + 3t^2k$	$\vartheta_2 = 6t^2i + 4tj - k$	0,5
10			1
11			1,5
12			2
13	$\vartheta_1 = 8ti - 12t^2j + k$	$\vartheta_2 = i - 2tj + 3t^2k$	0,2
14			0,3
15			0,5
16			0,8
17	$\vartheta_1 = 2ti - 6t^2k$	$\vartheta_2 = 4,5t^2i - 4tj + 2tk$	2
18			3
19			4
20			5
21	$\vartheta_1 = -i + 3t^2j + 6tk$	$\vartheta_2 = 2ti - 9t^2k$	2
22			4
23			6
24			8
25	$\vartheta_1 = 4ti + 2tj$	$\vartheta_2 = 3t^2i - j + 1,5t^2k$	0,2
26			0,4
27			0,6
28			0,8

1.7 - masala. Θ_0 tezlik bilan gorizontol otilgan koptok undan l masofada joylashgan devorga uriladi. Koptokning devorga urilish burchagi φ ga teng, koptokni devorga urilgan balandligi otilgan balandlikdan Δh ga kichikdir. Jadvalda ko'rsatilgan noma'lum kattaliklarni toping. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

Topshiriq raqami	l, m	$(\Theta_0), m/s$	$\varphi, grad$	$\Delta h, m$
1	?	11,2	?	2,5
2	6	?	36,9	?
3	?	24,75	81	?
4	10,5	?	?	6
5	5	5,92	?	?
6	?	11,88	?	5
7	8,5	?	46,7	?
8	?	18,78	80,5	?
9	7	?	?	3
10	11	9,94	?	?
11	?	10,58	?	0,7
12	9	?	66	?
13	?	22,27	84,9	?
14	4,5	?	?	2,5
15	8	25,04	?	?
16	?	22,27	?	0,8
17	10	?	84,3	?
18	?	11,07	68,2	?
19	12	?	?	4
20	5,5	7,7	?	?
21	?	10,51	?	7,5
22	6,5	?	81,25	?
23	?	8,95	49,4	?
24	4	?	?	1
25	7,5	26,25	?	?
26	?	24,35	?	1
27	9,5	?	40,8	?
28	?	20,35	72,9	?

1.8 - masala. Nuqta radiusi R bo'lgan aylana bo'ylab o'zgarmas a_t tangensial tezlanish bilan harakatlanmoqda. Harakat boshlangandan t_1 vaqt momentida nuqta normal tezlanishining moduli $a_n = n a_t$ ga teng. Noma'lum kattalik topilsin.

Topshiriq raqami	R, cm	$a_t, \text{m/s}^2$	t, s	n
1	?	0,5	2,1	0,6
2	87,27	?	0,8	2,2
3	840	2,8	?	0,75
4	115,2	1,6	1,2	?
5	?	0,8	1,5	1
6	14,4	?	0,6	1,25
7	4	0,4	?	1,6
8	270,75	3	1,9	?
9	?	1,4	0,5	0,5
10	320	?	2	2,5
11	8,33	0,25	?	3
12	887,47	2,6	1,6	?
13	?	1,5	0,8	1,75
14	28,17	?	1,3	2,4
15	176	2,2	?	5
16	8	0,7	0,2	?
17	?	1,2	0,4	2
18	125	?	1	0,8
19	168	3,5	?	3
20	324	0,2	1,8	?
21	?	1	1,4	1,2
22	5,4	?	1	2,5
23	33,3	2,4	?	1,8
24	173,4	0,6	1,8	?
25	?	2	0,9	0,4
26	162,9	?	1,1	2,6
27	546,13	3,2	?	1,5
28	35,28	1,8	0,7	?

1.9 - masala. Harakatlanayotgan moddiy nuqta koordinatalarining o'zgarish qonunlari berilgan. Nuqtaning to'la tezlanish moduli, t_1 vaqt momentidagi tezlanishning tangensial va normal tashkil etuvchilari hamda shu vaqt momentidagi traektoriyaning egrilik radiusini toping.

Topshiriq raqami	x, m	y, m	t, s
1	$x = 2t - t^3$	$y = t^2 + 2t^3$	0,2
2			0,4
3			0,6
4			0,8
5	$x = 2t + 3t^2$	$y = 24 - 4t^3$	0,1
6			0,3
7			0,8
8			1
9	$x = 34 - t + 2t^3$	$y = 5t - t^2$	0,6
10			0,8
11			1
12			1,2
13	$x = 0,5t^2 + 3t$	$y = 15 - 4t + 1,5t^3$	1,2
14			1,3
15			1,4
16			1,5
17	$x = 11 + t^2 - 0,5t^3$	$y = 7 - 2,5t^3$	0,2
18			0,3
19			0,4
20			0,5
21	$x = -6 + 0,1t^3$	$y = 0,2t^3 - t^2$	5
22			4
23			3
24			2
25	$x = 5 + 2t + 1,5t^2$	$y = 18 + 0,25t^3$	1
26			1,1
27			1,2
28			1,3

1.10 - masala. Jism Yer sirtidan gorizontga α burchak ostida, ϑ_0 boshlang'ich tezlik bilan otilgan. Masalani topshiriq raqamiga qarab bajaring. Havо qarshligi hisobga olinmasin.

Topshiriq raqami	α , grad	ϑ_0 , m/s	Topshiriq
1	30	30	Ko'tarilish balandligi, uchish uzoqligi va uchish vaqti topilsin. $\tau = f(\alpha)$, $H = f(\alpha)$, $l = f(\alpha)$ bog'lanish grafikasini tuzing
2	45		
3	60		
4	75		
5	30	30	Jism harakatining tenglamasini tuzing, ko'tarilish balandligi va uchish uzoqligini toping. $H = f(\alpha)$, $l = f(\alpha)$ bog'lanish grafikasini tuzing
6	45		
7	60		
8	75		
9	30	30	Traektoriya boshidagi R_0 va eng yuqori nuqtadagi R_H egrilik radiuslarini toping, $R_0 = f(\alpha)$, $R_H = f(\alpha)$ bog'lanish grafikasini tuzing
10	45		
11	60		
12	75		
13	30	5	Ko'tarilish balandligi, uchish uzoqligi va uchish vaqti topilsin. $\tau = f(\vartheta_0)$, $H = f(\vartheta_0)$, $l = f(\vartheta_0)$ bog'lanish grafikasini tuzing
14		10	
15		15	
16		20	
17	30	5	Traektoriya boshidagi R_0 va eng yuqori nuqtadagi R_H egrilik radiuslarini toping, $R_0 = f(\vartheta_0)$, $R_H = f(\vartheta_0)$ bog'lanish grafikasini tuzing
18		10	
19		15	
20		20	
21	45	30	Harakat boshidan 1 s, 2s, 3s, 4s o'tgandan keyingi tezlikning kattaligi va yo'nalishini toping, $\vartheta = f(t)$ bog'lanish grafikasini tuzing
22			
23			
24			
25	45	30	Harakat boshidan 1 s, 2s, 3s, 4s o'tgandan keyingi normal va tangensial tezlanishlarni toping $a_n = f(t)$, $a_\tau = f(t)$ bo'lanish grafikasini tuzing
26			
27			
28			

2 - mavzu. Moddiy nuqta, qattiq jism ilgari lanma harakatlari va mexanik tizimning dinamikasi

Asosiy qonunlar va ifodalar

Nyutonning birinchi qonuni: Jism o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini tashqaridan boshqa jismlar ta'sir etmagunicha saqlab qoladigan sanoq tizimlari *inersial sanoq tizimlari* deb ataladi.

Nyutonning ikkinchi qonuni: inersial sanoq tizimida bir vaqtda n ta kuch ta'sirida moddiy nuqta quyidagi tezlanish bilan harakatlanadi,

$$\vec{a} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, \quad (2.1)$$

Nyutonning uchinchi qonuni: Moddiy nuqta yoki jismlarning bir – biriga ta'siri, o'zaro ta'sir kuchlar xarakteriga ega, bu kuchlar moduli bo'yicha teng bo'lib, bir –biriga qarama – qarshi yo'nalgandir:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}, \quad (2.2)$$

Ishqalanish koeffisienti

$$k = \frac{F_{ishq}}{N}, \quad (2.3)$$

bu erda F_{ishq} - ishqalanish kuchi, N – sirtga ta'sir etuvchi bosim kuchi moduli.

Moddiy nuqta impulsi

$$\vec{P} = m\vec{v}, \quad (2.4)$$

Moddiy nuqtalar tizimi impulsi

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^n \vec{P}_i, \quad (2.5)$$

n tashqi kuchlar ta'sirida moddiy nuqtalar tizimi impulsining o'zgarish qonuni:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i, \quad (2.6)$$

Moddiy nuqtalar yopiq tizimi impulsining saqlanish qonuni:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0, \quad (2.7)$$

n ta moddiy nuqtalar tizimiga tashqi kuchlar ta'siri:

$$m_1 \overline{v_1} + m_2 \overline{v_2} + \dots + m_n \overline{v_n} = m_1 \overline{u_1} + m_2 \overline{u_2} + \dots + m_n \overline{u_n}, \quad (2.8)$$

bu yerda v_1, v_2, \dots, v_n va u_1, u_2, \dots, u_n - mos holda moddiy nuqtalarning boshlang'ich va keyingi tezliklari.

Kuch impulsining jism impulsini o'zgarishi bilan bog'liqligi:

$$\overline{F} \Delta t = m \Delta \overline{v}, \quad (2.9)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

2.1. Moddiy nuqta dinamikasining asosiy qonuni va qattiq jismlar ilgarilanma harakati qonunlarini ta'riflang. Inersiya qonuni nima? Inersial sanoq tizimlari deb nimaga aytiladi? Qanday hollarda, masala yechishda Nyutonning ikkinchi qonunini qo'llash mumkin? Moddiy nuqta tezlanishining o'zgarishi ma'lum bo'lsa, unga ta'sir qilayotgan kuchni qanday aniqlash mumkin?

2.2. Jism tezligining o'zgarish qonuni ma'lum bo'lib, unga ta'sir qilayotgan kuch ma'lum qiymatga erishsa, kuchning ta'sir qilish vaqtini qanday aniqlash mumkin?

2.3. Nyutonning uchinchi qonunini tushuntiring? Tashqi va ichki kuchlar deb nimaga aytiladi? Mexanik tizimning massa markazi (inersiya markazi) deb nimaga aytiladi? Mexanik tizimning harakati qaralayotgan vaqtda, uning faqat massa markazining harakatini qarash etarlimi?

2.4. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l va tezlik ifodalarini yozing. Bu holda tezlanish qanday topiladi? Qanday kuchlar ta'sirida amalga oshirilgan harakatda tezlanish o'zgarimas saqlanadi?

2.5. Ippa osilgan jismga qanday kuchlar ta'sir qiladi? Jism og'irligi deb nimaga aytiladi, Qachon jismning og'irligi og'irlik kuchiga son jihatdan teng bo'ladi? Yuk cho'zilmaydigan va og'irlikka ega bo'lmagan ipga osilgan, bunda qaysi jismga og'irlik, qaysi jismga og'irlik kuchi ta'sir qiladi?

2.6. Ham tashqi, ham ichki kuchlar ta'sir qilayotgan n ta jismdan tashkil topgan mexanik sistema nechta tenglama bilan yoritiladi? Bu tenglamalar qanday tuziladi? Bu tizimga ta'sir qilayotgan barcha tashqi kuchlarning yig'indisi nimaga teng?

2.7. Impulsning saqlanish qonuni nima va uning fazoning bir jinslili bilan bog'lanishini tushuntiring.

2.8. O‘zaro ta‘sirlashayotgan ikkita jism uchun impulsning saqlanish qonunini yozing.

2.9. Bir biri bilan biror α burchak hosil qilib harakatlanayotgan ikkita jism uchun impulsning saqlanish qonunini yozing.

2.10. Kuch impulsi deb nimaga aytiladi? Agar o‘zaro ta‘sirlashayotgan ikkita jismdan birining massasi ikkinchisidan ancha katta bo‘lsa, impulsning saqlanish qonuni qanday ko‘rinishda yoziladi?

2.1 - masala. m massali moddiy nuqta tinch holatidan o'zgarishi $a = A + Bt$ qonun bo'yicha tezlanish bilan harakatlanadi. Bu yerda A va B – o'zgarmas kattaliklar. t_j vaqt momentidagi tezlashtiruvchi kuch qiymati F_j ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$A, m/s^2$	$B, m/s^2$	m, kg	F, N	t, s
1	-0,8	2,2	?	3,42	1,4
2	2,5	5	0,4	?	2,75
3	4	-1	2,2	6,05	?
4	1,5	-2,5	1	?	0,5
5	6	-3	?	1,2	1,8
6	0,5	1,1	0,4	0,86	?
7	-0,2	0,8	?	0,36	2,5
8	-1	4,5	2,6	?	1
9	7	-4	1	?	1,25
10	6	-2,5	2,5	2,5	?
11	-0,6	0,3	1,2	0,72	?
12	-3	1,5	?	0,9	2,6
13	-2,5	2	2,8	?	1,5
14	2	0,4	2	6,4	?
15	0,2	0,6	5	?	2,2
16	0,75	3	?	1,8	1,75
17	2	-0,5	1,8	1,35	?
18	1,5	1	0,5	?	2
19	0,4	1,2	?	3,48	1,6
20	4,5	3,5	?	1,5	3
21	-0,5	0,5	2,4	0,6	?
22	-0,7	0,25	0,3	0,09	?
23	3	-2	?	2,4	1,2
24	1	1,2	1,3	?	2,25
25	-0,4	2,5	?	2,24	2,4
26	3,5	4	0,15	?	0,8
27	-1,5	4,5	0,4	?	2,1
28	0,8	-0,2	2,5	0,9	?

2.2 - masala. Ikkita jism to'g'ri chiziqli harakat qilmoqda. m_1 massali jism $\vartheta_1 = A_1 + B_1t + C_1t^2 + D_1t^3$ tezlik bilan, m_2 massali jism esa $\vartheta_2 = A_2 + B_2t + C_2t^2 + D_2t^3$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Bu erda barcha kattaliklar o'zgarmasdir. Qachon jismga ta'sir qilayotgan kuchlarning harakat yo'nalishiga proeksiyalari o'zaro tenglashadi?

Topshiriq raqami	m_1 , kg	A_1 m/s	B_1 m/s ²	C_1 m/s ³	D_1 m/s ⁴	m_2 kg	A_2 m/s	B_2 m/s ²	C_2 m/s ³	D_2 m/s ⁴
1	2,5	-3,2	-4,8	1	0,267	0,2	20	40	10	1,667
2	2	2,4	-3,5	1,5	0,5	2,5	2,5	2	1,4	0,267
3	1	2	-1	0,75	1,333	0,5	3	6	-1,5	2
4	2	5	1	-1,25	0,667	1	-4	10	-3,5	1
5	2	3	4,5	-1	0,333	3	2,5	1	-1,5	0,333
6	0,4	6	-12,5	7,5	-2,5	0,666	10	15	3	-2
7	5	0,9	2	0,5	0,067	2	-2	-10	1,5	0,333
8	0,2	3,5	-5	2,5	3,33	0,333	4	6	-1,5	1
9	4	-0,8	-0,5	1	0,5	2	0,25	3	1,5	0,833
10	3	1,2	-3	-0,5	0,333	4	-2,5	0,25	0	0,167
11	2	6	8	2,25	0,333	6	1	-2	0,5	0,167
12	1	-1,5	1	2	1	2	5	3,5	1,25	0,333
13	0,5	5,5	-6	-2	4	2	-1,4	0	-1	0,833
14	3	0,75	1	-0,5	0,667	2	3	4	0,25	0,833
15	2	3	-2,5	-2	2	1	3,5	3	-5	3,67
16	2,5	5	-3,2	-2,4	1,2	4	2	1	-1	0,667
17	1	4	-10	0,5	1,333	2	1	7	-0,25	0,5
18	2	-1,5	-2	0,75	1,5	2	0,8	-1	0,5	1,333
19	6	1	-1,5	0	0,333	2,5	3	2	1	0,667
20	4	7,5	-2	-0,25	-0,333	0,333	7	12	-4,5	-5
21	2	3	6	-0,5	1	1	1	0	3	1,667
22	1	4	6	-0,5	0,667	0,5	-2	4	3	0,667
23	1,5	5	2	-1	0,667	2	1,2	-1	0,75	0,333
24	0,333	2,8	-4,5	4,5	3	0,5	3	5	-2	2,667
25	2	2,2	0,5	0,5	1	3	1,3	-1	1	0,555
26	0,667	3	-7,5	-2,25	2,5	2	1	1,5	-0,25	0,667
27	2	-0,67	-2	-1	0,333	0,8	1,5	-1,25	-1,25	0,417
28	3	1,66	3	0	1	2	0,75	1	2	1,333

2.3 - masala. Massasi ballasti bilan m ga, hajmi esa V ga teng bo'lgan aerostat balandlikdan bir tekis tushayabdi. Agar m_1 massali ballast tashlab yuborilsa, aerostat xuddi avvalgi tezligi bilan yuqoriga tekis ko'tariladi. Aerostatning ko'tarish kuchi F ga teng. Shu balandlikdagi havoning zichligi ρ ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Ko'tarilishdagi va tushishdagi havoning qarshilik kuchini bir xil deb hisoblang.

Topshiriq raqami	m, kg	V, m^3	m_1, kg	F, N	$\rho, \text{kg/m}^3$
1	?	—	36,73	800	—
2	90	?	24	—	1,05
3	135	156,25	?	—	0,8
4	120	—	15,5	?	—
5	85	86,11	15	—	?
6	?	—	34,7	1300	—
7	110	?	22	—	1
8	125	—	?	1150	—
9	140	—	24,9	?	—
10	85	80	10	—	?
11	?	—	35,65	1000	—
12	105	?	18	—	1,25
13	115	122,2	?	—	0,9
14	150	—	14,29	?	—
15	75	64,5	8	—	?
16	?	—	32,65	1800	—
17	160	?	23	—	1,2
18	148	—	?	1400	—
19	180	—	33,45	?	—
20	70	83,44	6,5	—	?
21	?	103	5,5	—	0,75
22	140	?	19	—	1,1
23	100	—	?	900	—
24	135	—	4,7	?	—
25	95	72,92	15	—	?
26	?	—	25,51	1100	—
27	170	?	34	—	0,85
28	130	—	?	1250	—

2.4. – masala. ϑ_0 tezlik bilan harakatlanayotgan m massali avtomobil F_t tormozlash kuchi ta'sirida t_t vaqt davomida tekis sekinlanuvchan harakat qilib, S masofani o'tib to'xtaydi. Noma'lum kattaliklarni toping. Qo'shimcha topshiriqni ham bajaring.

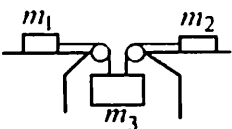
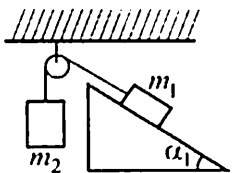
Topshiriq raqami	m, t	$\vartheta_0, km/soat$	F_t, N	t, s	S, m	Bog'lanish grafigi tuzilsin
1	1,5	70	8000	?	?	Avtomobil massasining tormozlash yo'liga
2	2			?	?	
3	2,5			?	?	
4	3			?	?	
5	2	60	?	5	?	Avtomobil tezligining tormozlash yo'liga
6		80	?		?	
7		100	?		?	
8		120	?		?	
9	2,5	60	5000	?	?	Avtomobil tezligining tormozlash vaqtiga
10		80		?	?	
11		100		?	?	
12		120		?	?	
13	1,2	80	?	4	?	Berilgan vaqtdagi tormozlash kuchining avtomobil massasiga
14	1,4		?		?	
15	1,6		?		?	
16	1,8		?		?	
17	3	70	?	?	30	Berilgan tormozlash yo'lida avtomobilning tezligini tormozlash kuchiga
18		90	?	?		
19		110	?	?		
20		130	?	?		
21	1,5	80	?	?	25	Berilgan tormozlash yo'lini tormozlash kuchiga
22			?	?	50	
23			?	?	75	
24			?	?	100	
25	2	90	10000	?	?	Avtomobil massasining tormozlash yo'liga
26	3			?	?	
27	4			?	?	
28	5			?	?	

2.5 - masala. m massali yuk osilgan ipning F_t taranglik kuchining, shu yukning $a = ng$ tezlanishiga bog'liqlik grafigini tuzing (n – proporsionallik koeffisienti). Olingan bog'lanishlarni baholang. Havoning qarshiligini hisobga olmang.

Topshiriq raqami	Yukning yo'nalishi	m, kg	n
1	Yuqoriga	2	0,4
2			0,6
3			0,8
4			1
5			0,4
6	Pastga	2	0,6
7			0,8
8			1
9			0,25
10	Yuqoriga	1	0,5
11			0,75
12			1
13			0,25
14	Pastga	1	0,5
15			0,75
16			1
17			0,7
18	Yuqoriga	0.5	0,8
19			0,9
20			1
21			0,7
22	Pastga	4	0,8
23			0,9
24			1
25			0,2
26	Yuqoriga	4	0,3
27			0,4
28			0,5

2.6 - masala. Cho'zilmaydigan va vaznsiz iplar orqali bog'langan ikkita yoki uchta jism vaznsiz blokka osilgan. Jismlar massalari (m_1, m_2, m_3), qiya tekislik bilan gorizont orasidagi burchaklar (α_1, α_2), ishqalanish koeffitsientlari (k_1, k_2) berilgan. Jismlar harakati tezlanishlari va taranglik kuchlari topilsin. Qo'shimcha topshiriqni bajaring. Bloklardagi ishqalanishi hisobga olinmasin.

N_2	Jismlar sistemasi	m_1, kg	m_2, kg	m_3, kg	α_1, grad	α_2, grad	k_1	k_2	Bog'lanis hni baholash
1		2	1	-	30	-	0,12	0,15	Taranglik kuchi va tezlanishni alpha_1 ga
2					40				
3					50				
4					60				
5		0,3	0,1	-	30	45	0,1	0,15	Taranglik kuchi va tezlanishni m_1 ga
6		0,4							
7		0,5							
8		0,6							
9		3	1	-	45	-	0,1	-	Taranglik kuchi va tezlanishni k_1 ga
10							0,2		
11							0,3		
12							0,4		
13		0,1	0,1	0,2	30	30	0,2	0,2	Taranglik kuchi va tezlanishni m_3 ga
14				0,3					
15				0,4					
16				0,5					
17		0,2	0,1	0,5	-	-	0,1	0,1	Taranglik kuchi va tezlanishni
18							0,2		

8									$k_1(k_2)$ ga	
1								0,3	0,3	
9								0,4	0,4	
2										
0										
2		0,1	0,1	0,2	-	-	0,15	0,15	Taranglik kuchi va tezlanishni m_3 ga	
1				0,4						
2				0,6						
2				0,8						
3										
2		2	0,5	-	30	-	0,1	-	Taranglik kuchi va tezlanishni k_1 ga	
5							0,15			
2							0,2			
6							0,25			
7										
2										
8										

2.7 - masala. ϑ_x tezlik bilan uchayotgan jism ikki qismga bo'lindi. Jism birinchi qismining massasi umumiy massaning β % ini tashkil etadi va u boshlang'ich harakat yo'nalishiga proeksiyasi u_{1x} bo'lgan tezlik bilan harakatlanadi. Ikkinchi bo'lagi esa boshlang'ich harakat yo'nalishiga proeksiyasi u_{2x} bo'lgan tezlik bilan harakatlanadi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	ϑ_x , m/s	β , %	u_{1x} , m/s	u_{2x} , m/s
1	?	35	-15	28,1
2	9,5	?	-12	23,8
3	12,5	75	?	-22
4	7	10	-16	?
5	?	25	-4,5	19,5
6	11,5	?	15	-2,5
7	14,5	85	?	-5,33
8	9	70	17,5	?
9	?	30	25	12,14
10	15,5	?	-20	51
11	8	55	?	-9,1
12	11	80	19	?
13	?	25	15	13,67
14	6,5	?	-18	12,625
15	14	50	?	8
16	10	65	18	?
17	?	75	22	-26
18	13	?	28,5	-23,17
19	7,5	45	?	21,82
20	16	20	15,5	?
21	?	55	28	-7,56
22	10,5	?	-24	25,29
23	6	40	?	19,33
24	15	30	5	?
25	?	60	19	9
26	12	?	23	-4,5
27	8,5	15	?	12,65
28	13,5	90	20	?

2.8 - masala. m_1 massali konkichi m_2 massali toshni gorizontol yo'nalishda uloqtirishi natijasida ϑ_1 tezlik bilan harakatlana boshladi. t_1 vaqtdan keyin tosh konkichidan S masofaga borib tushdi. Konkichi va muz orasidagi ishqalanish koeffitsienti k . Havoning qarshiligini inobatga olmang. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m_1, kg	m_2, kg	$\vartheta_1, \text{m/s}$	t_1, s	S, m	k
1	?	7,5	2,2	0,56	13,54	0,01
2	65	?	1,2	0,58	14,56	0,034
3	72	4	?	0,61	16,21	0,006
4	80	4	1,6	?	20,12	0,022
5	54	6	2	0,51	?	0,008
6	60	3	?	0,57	15,5	0,043
7	?	5	1,8	0,55	13,82	0,025
8	78	?	1,75	0,58	14,18	0,016
9	90	4,5	?	0,63	17,14	0,03
10	75	5	1,65	?	14,5	0,012
11	50	2,5	1,4	0,52	?	0,035
12	84	?	1,55	0,64	20,74	0,044
13	?	2	1,1	?	19,07	0,018
14	75	?	1	0,56	19,14	0,04
15	57	3	?	0,62	16,44	0,038
16	62	4	1,3	0,55	12,4	0,024
17	55	5,5	1,9	0,52	?	0,032
18	68	4	?	0,59	15,32	0,045
19	?	5	1,7	0,62	15,77	0,02
20	81	?	1,15	0,65	14,18	0,011
21	63	7	?	0,6	11,97	0,015
22	76	4	1,35	?	17,48	0,036
23	70	3,5	1,25	0,63	?	0,028
24	52	?	1,85	0,5	12,89	0,046
25	?	5	1,75	0,53	11,09	0,026
26	85	?	1,4	0,63	9,69	0,006
27	56	2,8	?	0,54	13,59	0,014
28	66	6	2,1	?	14,55	0,042

2.9 - masala. ϑ_1 tezlik bilan harakatlanayotgan temir yo'l platformasiga zambarak o'rnatilgan. Zambarak bilan platformaning birgalikdagi massasi m_1 ga teng. Zambarakdan platforma harakati yo'nalishi bo'yicha gorizontalga α burchak ostida o'q otiladi. m_2 massali o'q zambarakdan ϑ_2 tezlik bilan uchib chiqadi. Otilayotgan o'qning aks ta'siri natijasida platformaning tezligi u_1 ga teng bo'ldi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m_1, t	$\vartheta_1, km/soat$	$\alpha, grad$	m, kg	$\vartheta_2, m/s$	$u_1, km/soat$
1	?	26	30	95	465	18,49
2	24	?	60	110	-400	21,38
3	11	34	?	80	490	27,83
4	15,5	21	45	?	-475	28,14
5	14	30	45	90	?	37,72
6	18,5	24	60	100	445	?
7	?	38	30	115	430	30,87
8	17	?	60	105	-410	40,78
9	12,5	35	?	65	510	26,91
10	23	20	45	?	495	14,34
11	10	40	60	70	?	45,82
12	20,5	29	30	120	435	?
13	?	32	60	110	425	28,77
14	14,5	?	30	90	-450	32,86
15	12	37	?	75	-500	45,19
16	17,5	18	45	?	480	12,5
17	20	31	30	105	?	22,98
18	11,5	39	45	85	-470	?
19	?	23	60	100	405	17,57
20	19,5	?	45	95	460	24,44
21	9	22	?	70	-505	29,24
22	16	36	45	?	415	29,62
23	13,5	27	30	75	?	18,84
24	22	19	60	100	440	?
25	?	25	60	115	420	19,4
26	16,5	?	30	85	-455	31,43
27	10,5	28	?	80	-485	39,73
28	19	33	30	?	450	26,15

2.10 - masala. m massali jism ϑ tezlik bilan harakatlanib, devorga normalga nisbatan α burchak ostida absolyut elastik urilib, tezligini o'zgartirmasdan qaytadi. Urilish vaqtida devorga $F\Delta t$ kuch impuls ta'sir etedi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m, g	$\vartheta, m/s$	α	$F\Delta t, N\cdot s$
1	?	24	30	3,12
2	50	?	45	1,273
3	15	30	?	0,45
4	80	8	60	?
5	?	6,5	60	0,26
6	125	?	45	0,884
7	10	22	?	0,22
8	45	10	30	?
9	?	12	60	0,72
10	75	?	30	1,04
11	40	9	?	0,509
12	100	15	45	?
13	?	18	45	2,546
14	30	?	30	1,04
15	120	5	?	0,85
16	70	26	60	?
17	?	16	30	0,416
18	65	?	45	0,92
19	110	4,5	?	0,857
20	20	7,5	60	?
21	?	25	45	1,77
22	60	?	60	0,9
23	25	6	?	0,15
24	85	15	30	?
25	?	4,5	30	0,624
26	55	?	45	0,933
27	90	20	?	2,546
28	35	14	60	?

3 - Mavzu. Mexanik energiya. Mexanik ish. Mexanikada energiyaning saqlanish qonuni

Asosiy qonunlar va ifodalar

O'zgaruvchan kuch ta'sirida moddiy nuqtani 1 nuqtadan 2 nuqtaga ko'chirishda bajarilgan ish:

$$A = \int_{(1)}^{(2)} (\vec{F}, d\vec{r}) = \int_{(1)}^{(2)} F, ds = \int_{(1)}^{(2)} F \cos \alpha ds, \quad (3.1)$$

bu erda α - kuch ta'siri yo'nalishi va elementar ko'chish $d\vec{r}$ orasidagi burchak.

Oniy quvvat

$$P = \frac{\delta A}{dt}, \quad (3.2)$$

bu erda $\delta A - dt$ vaqtdagi bajarilgan elementar ish.

Moddiy nuqtaning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{mv^2}{2}, \quad (3.3)$$

Jismning ilgariharakatidagi kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{mv_c^2}{2}, \quad (3.4)$$

bu erda v_c – massa markazi tezligi.

Moddiy nuqta yoki qattiq jismning kinetik energiyasini o'zgarishi to'g'risidagi qonun:

$$W_{k_2} - W_{k_1} = A, \quad (3.5)$$

Moddiy nuqta yoki qattiq jismning potensial energiyasi – bu ularga ta'sir etuvchi konservativ kuchlarning bajargan ishiga teng energiyaning kamayishidir:

$$W_{P_2} - W_{P_1} = A_{kons.kuch}, \quad (3.6)$$

Moddiy nuqta (jism) ga ta'sir etuvchi konservativ kuchlar va ularning potensial energiyasi orasidagi bog'lanish:

$$\vec{F}_{kons} = -gradW_p = -\left(\frac{\partial W_p}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial W_p}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial W_p}{\partial z}\vec{k}\right), \quad (3.7)$$

Tizimning to'la mexanik energiyasini o'zgarish qonuni: moddiy nuqtalar (jism) tizimining to'la mexanik energiyasining o'zgarishi tizimga ta'sir qiluvchi barcha konservativ bo'lmagan kuchlarning bajargan ishiga tengdir:

$$W_2 - W_1 = A_{konservativ kuch}, \quad (3.8)$$

Tizim to'la mexanik energiyasining salanish qonuni: moddiy nuqtalar tizimning to'la mexanik energiyasiga ta'sir qiluvchi faqat konservativ kuchlar o'zgarmasdan qoladi:

$$W_2 - W_1 = 0, \quad (3.9)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

3.1. Mexanik ish deganda nimani tushunasiz? Quvvat deb nimaga aytiladi?

3.2. O'zgaruvchan kuchning bajargan ishi ifodasini yozing va tushuntirib bering.

3.3. Kinetik energiya deb nimaga aytiladi? U qaysi ifoda orqali hisoblanadi? Kinetik energiya bilan tizimga ta'sir qilayotgan tashqi va ichki kuchlar orasida qanday bog'lanish bor?

3.4. Potensial energiya deb nimaga aytiladi? Qandaydir potensial energiyaga ega bo'lgan jismlar haqida misollar keltiring. Potensial energiyani hisoblash ifodalaridan qaysilarini bilasiz? Jismlar va jismlar tizimining to'la mexanik energiyasi nimalardan iborat?

3.5. Moddiy nuqtaning tashqi kuch maydonidagi potensial energiyasi bilan moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuch orasida qanday bog'lanish bor?

3.6. Markaziy kuch maydoni deb nimaga aytiladi? Gravitatsion maydon kuchlanganligi deb nimaga aytiladi? Gravitatsion maydon potentsiali deb nimaga aytiladi? Maydon kuchlanganligi va potentsiali orasida qanday bog'lanish bor?

3.7. Mexanik energiyaning saqlanish qonunini ifodalang. Uning vaqtning bir jinsliliigi bilan bog'lanishini tushuntiring.

3.8. Ikkita jism orasidagi absolyut elastik to‘qnashish deb nimaga aytiladi? Absolyut elastik to‘qnashishda qanday saqlanish qonunlari bajariladi? Ularni ifodalang.

3.9. Absolyut noelastik to‘qnashish deb nimaga aytiladi? Absolyut noelastik to‘qnashishda mexanikaning saqlanish qonunlaridan qaysi biri bajariladi?

3.10. Energiya dissipatsiyasi deb nimaga aytiladi? Qanday mexanik tizimlar dissipativ hisoblanadi? Dissipativ tizimlarga misollar keltiring.

3.1 - masala. m massali moddiy nuqta biror kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli harakatlanmoqda. Uning harakat tenglamasi $x = B + Ct + Dt^2$ ko'rinishga ega. Bu erda B, C, D — o'zgarmas kattaliklar. t_1 vaqt davomida kuch qanday A ish bajaradi? t_2 vaqt davomida moddiy nuqta qanday P quvvatga erishadi? $A = f(t)$ va $P = f(t)$ bog'lanishlar grafiklarini chizing.

Topshiriq raqami	m, kg	B, m	$C, \text{m/s}$	$D, \text{m/s}^2$	t_1, s	t_2, s
1	2	10	-2	1	5	2
2					10	4
3					15	6
4					20	8
5					1	0,5
6	3	5	8	2	2	1
7					3	1,5
8					4	2
9					2	1
10	1,5	-4	-1	5	4	2
11					6	3
12					8	4
13					2,5	0,5
14	2,5	-9	3	2	5	1
15					7,5	1,5
16					10	2
17					1	1
18	1	7	-4	3	1,5	1,5
19					2,	2
20					2,5	2,5
21					2	0,4
22					4	0,6
23	0,5	-8	-3	4	6	0,8
24					8	1
25					10	5
26					20	10
27	4	6	5	-1	30	15
28					40	20

3.2 - masala. m massali moddiy nuqta konservativ kuch ta'sirida koordinatasi x_1 nuqtadan koordinatasi x_2 nuqtaga ko'chdi. X o'qi bo'yicha kuchning tashkil etuvchisi F_x , koordinata bilan, $F_x = f(x)$ qonun ko'rinishda bog'langan. Moddiy nuqtani ko'chirishda kuchning bajargan ishini toping. Bajarilgan ishning ko'chish kattaligiga bog'liqlik grafigini tuzing.

Topshiriq raqami	m, kg	Tashkil etuvchi kuchning o'zgarish qonuni $F_x=f(x), \text{N}$	$B,$	$C,$	x_1, m	x_2, m
1	0,5	$F_x = \frac{Bm}{x^2} + C$	$\frac{4}{\text{m}^3/\text{s}^2}$	0,2 N	2	4
2					4	6
3					6	8
4					8	10
5	1	$F_x = B + Cmx$	$\frac{4}{\text{m}^3/\text{s}^2}$	0,2 N	0,2	0,4
6					0,4	0,6
7					0,6	0,8
8					0,8	1
9	-	$F_x = \frac{B}{x} + C$	2 N·m	0,5 N	1	2
10					2	3
11					3	4
12					4	5
13	2	$F_x = Bm + C$	0,3 N/kg	1 N	0	0,5
14					0	1
15					0	1,5
16					0	2
17	-	$F_x = -Bx + C$	5 N/m	0,6 N	0,1	0,2
18					0,2	0,3
19					0,3	0,4
20					0,4	0,5
21	1	$F_x = B \frac{m}{x^2} + C$	$\frac{1,5}{\text{m}^1/\text{s}^2}$	4 N/m	0,5	1
22					1	1,5
23					1,5	2
24					2	2,5
25	-	$F_x = B + Cx^2$	1 N	3 N/m ²	0	0,25
26					0,25	0,5
27					0,5	0,75
28					0,75	1

3.3 - masala. m massali jism gorizont bilan α burchak hosil qilgan qiya tekislikda harakatlanmoqda. Yo'lning S ga teng qismida unga harakat yo'nalishida F doimiy kuch ta'sir qiladi. Yo'lning shu qismidagi kinetik energiyaning o'zgarishi ΔW_k ga teng, k - ishqalanish koeffitsienti. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m, kg	α, grad	S, cm	F, N	$\Delta W_k, \text{J}$	k
1	?	10	16	1,5	0,29	0,16
2	1,2	20	?	2,07	0,3	0,28
3	2,5	30	50	?	9,98	0,07
4	0,08	40	4	3,12	0,14	?
5	?	20	60	4,48	6,4	0,14
6	1,8	25	?	2,35	3,6	0,05
7	0,15	30	20	?	0,56	0,34
8	0,2	35	15	1,12	0,3	?
9	?	15	45	1,34	0,9	0,24
10	4	24	?	8,64	6,3	0,1
11	0,06	35	5	?	0,2	0,18
12	0,25	40	18	1,9	0,54	?
13	?	18	32	4,3	2,56	0,06
14	1,3	26	?	3,42	0,75	0,35
15	0,3	34	25	?	0,6	0,2
16	2,2	42	55	6,38	11	?
17	?	14	6	1,53	0,12	0,2
18	0,8	18	?	2,44	0,36	0,25
19	2,4	22	45	?	4,95	0,12
20	0,2	26	12	1,17	0,18	?
21	?	20	40	5,66	5,4	0,08
22	0,5	28	?	0,58	0,38	0,32
23	0,1	34	71,6	?	1,1	0,26
24	0,15	40	10	2,19	0,3	?
25	?	12	35	0,8	0,49	0,15
26	0,4	24	?	1,7	0,4	0,36
27	2,5	36	42	?	6,51	0,22
28	0,12	48	8	2,85	0,28	?

3.4 - masala. v_0 boshlang'ich tezlik bilan vertikal yuqoriga otilgan m massali jism harakatining t_1 va t_2 vaqt momentidagi kinetik, potensial, va to'la energiyalarining qiymatlarini toping. Kinetik, potensial va to'la energiyalarning vaqtga bog'liqlik grafiklarini tuzing.

Topshiriq raqami	$m, m/s$	v_0, m	t_1, s	t_2, s
1	0,5	4,9	0,1	0,9
2			0,2	0,8
3			0,3	0,7
4			0,4	0,6
5	0,2	19,6	0,4	3,6
6			0,8	3,2
7			1,2	2,8
8			1,6	2,4
9	0,4	12,25	0,25	2,25
10			0,5	2
11			0,75	1,75
12			1	1,5
13	0,6	2,45	0,05	0,45
14			0,1	0,4
15			0,12	0,35
16			0,2	0,3
17	0,3	14,7	0,3	2,7
18			0,6	2,4
19			0,9	2,1
20			1,2	1,8
21	0,25	9,8	0,2	1,8
22			0,4	1,6
23			0,6	1,4
24			0,8	1,2
25	0,1	24,5	0,5	4,5
26			1	4
27			1,5	3,5
28			2	3

3.5 - masala. Zarracha potensial energiyasi kuch maydonida berilgan qonun bo'yicha o'zgaradi. Zarrachaning koordinatalari x_1, y_1, z_1 bo'lgan nuqtadan, koordinatalari x_2, y_2, z_2 nuqtaga ko'chirishda maydon kuchlarining bajargan ishini toping. Zarrachaga ta'sir qilayotgan kuchning ifodasi va uning boshlang'ich va oxirgi nuqtalardagi kattaligi topilsin.

	Potensial energiyaning o'zgarish qonuni, J	x_1, m	y_1, m	z_1, m	x_2, m	y_2, m	z_2, m
1	$W_p = 2x^2 + 3y^2 + 0,5z$	0,5	1	0,2	0,1	0,75	0,1
2	$W_p = -\frac{4}{x} - 6z + 2$	2	0	0,5	0,5	0	0,2
3	$W_p = 2,5x^2 + 2y^2 - \frac{3}{z}$	1	2	1,5	2	3	0,75
4	$W_p = x + 2(y^2 + x^2)$	6,2	4	5,5	2,4	2,5	3
5	$W_p = -y^2 - 3,5z + 0,8$	0,8	0,5	0,1	0,4	0,7	0,5
6	$W_p = 2/x + 5y^2 + 2z^2$	4,5	2,5	1,2	3	3,5	1
7	$W_p = x^2 + 1,2y - 2/z$	1,2	0,8	1,5	1	1,2	1,4
8	$W_p = 3x - \frac{1,5}{y} + 1,1z$	2,4	0,5	2	1,5	0,4	1,5
9	$W_p = -x + 2,2\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{z}\right)$	4	1,4	2,5	3,5	0,6	2
10	$W_p = x^2 + 4z + 5$	0,3	0,75	0,6	0,15	0,75	0,5
11	$W_p = \frac{1}{x} + 6y^2 - 4,8z$	1,4	1	1,25	1,2	0,8	1
12	$W_p = -y - z^2 + 1,5$	0,6	0,8	1	0,3	0,5	0,8
13	$W_p = \frac{6}{x} + \frac{4}{y} + \frac{2}{z}$	25	2	1,7	1,5	1,3	1,2
14	$W_p = y + 5(x^2 + z^2)$	0,7	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6
15	$W_p = -x^2 + 2/y^2 - 4$	6	2,5	0	4	2	0
16	$W_p = 1,5x + y - 1,4/z$	0,5	0,8	1,2	0,75	0,9	1
17	$W_p = \frac{3,8}{y} - 2z^2 + 0,6$	5	2,2	4	3,5	1,8	3
18	$W_p = 2x + 1,6y^2 - 1/z$	0,4	0,7	0,6	0,6	0,5	1
19	$W_p = 5/x - 4/z$	3	1,5	2	2,5	1,1	1,4

20	$W_p = x^2 - 4(y + z) + 0,75$	1,25	1,1	1,6	1	1,5	1,5
21	$W_p = 2x^2 - 0,4y + 5/z$	0,1	0,4	0,2	0,25	0,6	0,4
22	$W_p = 8/x + 1,25z^2 + 2$	1,6	1,2	1	2	1,4	0,6
23	$W_p = 2x - y^2 + 1,8$	5,5	4	3,6	5	3,5	3
24	$W_p = 6/y + 2,2z^2$	0,75	1	0,9	0,5	0,6	1
25	$W_p = 4x - \frac{1}{y} - 2,6$	3,5	3	0	3	3,5	0
26	$W_p = 3,5/x + 2y + z$	6,5	4,5	5	5	4	3,5
27	$W_p = 2,2(x^2 + y) + 1,5$	0,2	0,75	0,5	0,4	1	0,75
28	$W_p = 2y^2 + 4z^2 + 1$	0,9	1,2	1,4	1	1,5	1,2

3.6 - masala. Massasi m va radiusi R bo'lgan planeta hosil qilayotgan gravitatsion maydon potensialining planeta sirtidagi qiymatini toping. Planeta yuzasidan qanday r masofada uning potentsiali moduli n marta kamayadi. Gravitatsion maydonning ekvipotensial sirtlari va gravitatsion maydon kuchlanganligi chiziqlarini sxemotexnik ravishda ko'rsating.

Topshiriq raqami	Planeta	m, kg	R, m	n
1	Yer	$5,96 \cdot 10^{24}$	$6,37 \cdot 10^6$	20
2				40
3				60
4				80
5				200
6	Venera	$4,9 \cdot 10^{24}$	$6,05 \cdot 10^6$	300
7				400
8				500
9				1,5
10	Mars	$6,56 \cdot 10^{23}$	$3,4 \cdot 10^6$	2
11				2,5
12				3
13				2,5
14	Yupiter	$1,9 \cdot 10^{27}$	$7,1 \cdot 10^7$	5
15				7,5
16				10
17				10
18	Saturn	$5,67 \cdot 10^{26}$	$6 \cdot 10^7$	20
19				30
20				40
21				50
22				100
23	Uran	$8,64 \cdot 10^{25}$	$2,5 \cdot 10^7$	150
24				200
25				2
26	Pluton	$1,19 \cdot 10^{23}$	$1,4 \cdot 10^6$	20
27				200
28				2000

3.7 - masala. To'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanayotgan ikkita jism noelastik to'qnashadi. To'qnashishgacha birinchi jismning X o'qiga tezligining proeksiyasi ϑ_{1x} ga teng, ikkinchisniki esa ϑ_{2x} . Ularning to'qnashgandan keyingi umumiy tezligining proeksiyasi u_x ga teng. Birinchi jismning to'qnashguncha bo'lgan kinetik energiyasi ikkinchi jismning kinetik energiyasidan n marta katta. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$(\vartheta_{1x}), \text{ m/s}$	$(\vartheta_{2x}), \text{ m/s}$	$(u_x), \text{ m/s}$	n
1	?	-4	1	1.25
2	2.5	?	1.5	25
3	1.4	-5	?	0.1223
4	3.6	1	1.2	?
5	?	-1.2	-0.5	0.159
6	3.2	?	0.2	2.786
7	1.75	2.5	?	0.98
8	2.2	0.6	1.3	?
9	?	1,8	1,7	0,347
10	1,6	?	2,1	0,55
11	28	-3,5	?	0,75
12	1	-1,6	0,25	?
13	?	4,5	3	2,9
14	0,75	?	-0,1	0,41
15	2	3,6	?	0,679
16	1,4	-0,8	1,25	?
17	?	-1,3	0,2	1,027
18	2,4	?	0,75	4,727
19	1,25	2	?	0,142
20	3	-3,4	0,5	?
21	?	-0,75	1,6	30,08
22	0,5	?	-0,4	0,11
23	1,8	-2,2	?	0,606
24	2,25	1,5	1,75	?
25	?	4,4	3,8	0,529
26	1,2	?	1	2,25
27	2,6	-3	?	1,252
28	0,4	1,6	0,6	?

3.8 - masala. Ikkita sharcha bir biriga tegib turadigan qilib uzunliklari bir xil bo'lgan parallel iplarga osilgan. Birinchi sharchaning massasi m_1 , ikkinchisining massasi m_2 . Birinchi sharchaning og'irlik markazi H balandlikka ko'tarilguncha og'dirilib, qo'yib yuborildi. Absolyut elastik to'qnashuvdan keyin ikkinchi sharcha h_2 balandlikka, birinchi sharcha esa h_1 balandlikka ko'tarildi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m_1, kg	m_2, kg	H, cm	h_1, cm	h_2, cm
1	0,2	0,1	4,5	?	?
2	0,05	0,03	?	?	7,81
3	0,16	0,12	?	0,2	?
4	0,8	?	?	1,17	33,33
5	0,45	0,4	12	?	?
6	0,25	0,15	?	?	12,5
7	0,12	0,08	?	0,68	?
8	0,04	?	?	2,89	46,22
9	0,09	0,05	20	?	?
10	0,75	0,5	?	?	40,32
11	0,12	0,04	?	1,75	?
12	0,1	?	?	1,44	23,11
13	1	0,75	14	?	?
14	0,06	0,05	?	?	21,42
15	0,4	0,25	?	0,48	?
16	0,15	?	?	1,2	43,2
17	0,5	0,4	25	?	?
18	0,9	0,45	?	?	10,67
19	0,03	0,02	?	0,84	?
20	0,14	?	?	0,744	16,2
21	0,7	0,3	15	?	?
22	0,02	0,01	?	?	42,67
23	0,55	0,2	?	0,87	?
24	0,3	?	?	1,08	38,88
25	0,6	0,4	23	?	?
26	0,35	0,3	?	?	18,556
27	0,04	0,01	?	3,96	?
28	0,08	?	?	0,306	19,59

3.9 - masala. Tinch turgan va massasi M bo'lgan mayatnikka massasi m bo'lgan o'q gorizontalga α burchak ostida urilib unda tiqilib qoldi. Bunda mayatnik olgan to'la energiyaning ($W_{to'la}$) necha foizi $\beta = \frac{W_{ichki}}{W_{to'la}} 100\%$ mayatnik - o'q tizimining ichki energiyasiga (W_{ichki}) aylanadi? Qo'shimcha vazifani bajaring.

Topshiriq raqami	m, g	M, g	$\alpha, grad$	Bog'lanish grafigini tuzing
1	12	80	10	$\beta = f(\alpha)$
2			20	
3			30	
4			40	
5	10	100	25	$\beta = f(m)$
6	20			
7	30			
8	40			
9	10	100	15	$\beta = f(M)$
10		200		
11		300		
12		400		
13	200	150	15	$\beta = f(\alpha)$
14			30	
15			45	
16			60	
17	5	120	10	$\beta = f(m)$
18	10			
19	15			
20	20			
21	15	150	30	$\beta = f(M)$
22		300		
23		450		
24		600		
25	8	75	0	$\beta = f(\alpha)$
26			20	
27			40	
28			60	

3.10 - masala. Jism uzunligi l_1 va gorizont bilan α burchak tashkil qilgan qiya tekislikdan boshlang'ich tezliksiz sirpanib tushib, yo'lning gorizont qismida S masofani bosib o'tib to'xtadi. Butun yo'ldagi ishqalanish koeffitsienti k . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	l_1, cm	α, grad	S, cm	k
1	90	30	40	?
2	45	60	?	0,47
3	15	?	15	0,414
4	?	45	34	0,51
5	100	60	150	?
6	60	45	?	0,22
7	25	?	25	0,577
8	?	30	5,62	0,35
9	12	30	18,2	?
10	20	45	?	0,12
11	55	?	55	0,268
12	?	60	59,23	0,35
13	14	45	100	?
14	65	30	?	0,15
15	30	?	60	0,26
16	?	60	88,25	0,32
17	50	30	37,3	?
18	85	45	?	0,19
19	70	?	140	0,175
20	?	60	40,9	0,34
21	45	45	145	?
22	10	60	?	0,42
23	80	?	80	0,414
24	?	30	134,6	0,08
25	40	60	124	?
26	75	30	?	0,07
27	35	?	70	0,3464
28	?	45	223	0,16

4 - mavzu. Aylanma harakat kinematikasi va dinamikasi

Asosiy qonunlar va ifodalar

Berilgan vaqt momentidagi qattiq jismning oniy burchak tezligi vektori

$$\bar{\omega} = \frac{d\bar{\varphi}}{dt}, \quad (4.1)$$

Berilgan vaqt momentidagi qattiq jismning oniy burchak tezlanishi vektori

$$\bar{\beta} = \frac{d\bar{\omega}}{dt}, \quad (4.2)$$

Qo'zg'almas o'q atrofidagi qattiq jismning aylanishida kinematic kattaliklar orasida quyidagi munosabatlar bajariladi: chiziqli tezlik, burchakli tezlik va radius-vektor

$$\bar{v} = \bar{\omega} \times \bar{r}, \quad (4.3)$$

tangensial tezlanish, burchakli tezlanish va radius-vektorlar orasida

$$\bar{a}_t = \bar{\beta} \times \bar{r}, \quad (4.4)$$

normal tezlanish, burchakli tezlik va radius-vektorlar orasida

$$\bar{a}_n = -\omega^2 \bar{r}, \quad (4.5)$$

O nuqtaga nisbatan kuch momenti

$$\bar{M}_O = \bar{r} \times \bar{F}, \quad (4.6)$$

Z o'qiga nisbatan kuch momenti shu o'q bo'ylab o'qning istalgan nuqtasiga nisbatan kuch momentining tashkil etuvchisiga teng:

$$\overline{M}_z = (\overline{M}_O)_z, \quad (4.7)$$

O o'qqa nisbatan moddiy nuqta impuls momenti

$$\overline{L}_O = \vec{r} \times \vec{P}, \quad (4.8)$$

Z o'qqa nisbatan moddiy nuqta impuls momenti shu o'qdagi istalgan nuqtaga nisbatan impuls momentining tashkil etuvchisiga teng:

$$\overline{L}_Z = (\overline{L}_O)_Z, \quad (4.9)$$

Z qo'zg'almas o'qi atrofida aylanayotgan qattiq jismning impuls momenti,

$$\overline{L}_Z = J_Z \overline{\omega}, \quad (4.10)$$

Impuls momentining saqlanish qonuni: moddiy nuqtalar (jism) yopiq tizimining impuls momenti o'zgarmas qoladi. Agar tashqi kuchlarning nuqtaga nisbatan momenlari yig'indisi nolga teng bo'lganda, shu nuqtaga nisbatan moddiy nuqtalar yopiq bo'lmagan tizimining impuls momenti ham o'zgarmasdan iborat bo'ladi.

Qandaydir Z o'qqa nisbatan moddiy nuqtaning inersiya momenti

$$J_Z = mr^2, \quad (4.11)$$

O'qqa nisbatan jismning inersiya momenti

$$J_Z = \int r^2 dm, \quad (4.12)$$

Massa markazi orqali o'tadigan o'qqa nisbatan biror jismning inersiya momenti:

Halqa tekisligiga perpendikulyar, C o'qqa nisbatan R radiusli yupqa birjinsli halqa,

$$J_C = mR^2, \quad (4.13)$$

Silindr o'qi bilan mos tushadigan, C o'qqa nisbatan R radiusli yupqa devorli silindr,

$$J_C = mR^2, \quad (4.14)$$

Silindr o'qi bilan mos tushadigan, C o'qqa nisbatan R radiusli birjinsli silindr,

$$J_C = \frac{1}{2}mR^2, \quad (4.15)$$

Disk tekisligiga perpendikulyar bo'lgan C o'qqa nisbatan R radiusli birjinsli disk,

$$J_C = \frac{1}{2}mR^2, \quad (4.16)$$

R radiusli birjinsli shar

$$J_C = \frac{2}{5}mR^2, \quad (4.17)$$

Sterjengga perpendikulyar bo'lgan C o'qqa nisbatan l uzunli yupqa birjinsli sterjen,

$$J_C = \frac{1}{12}ml^2, \quad (4.18)$$

Shteyner teoremasi: massa markazi orqali o'tmaydigan, Z o'qqa nisbatan jimning inersiya momenti

$$J_Z = J_C + mb^2, \quad (4.19)$$

bu erda J_C - massa markazi orqali o'tadigan, Z o'qqa parallel bo'lgan, C o'qqa nisbatan jismning inersiya momenti; b - o'qlar orasidagi masofa.

Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni:

$$\vec{\beta} = \frac{\sum M_{Z_{tashqi}}}{J_Z}, \quad (4.20)$$

bu erda $\sum M_{Z_{tashqi}}$ va J_Z - aylanish o'qiga nisbatan jismning tashqi kuchlar momentlarining yig'indisi va inersiya momenti.

Qo'zg'almas o'qq atrofida aylanayotgan jismning kinetic energiyasi,

$$W_k = \frac{J_z \omega^2}{2}, \quad (4.21)$$

Sirpanayotgan jismning kinetic energiyasi

$$W_k = \frac{J_z \omega^2}{2} + \frac{mv_C^2}{2}, \quad (4.22)$$

bu erda v_C – massa markazi tezligi.

Aylanayotgan jismga $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ burchakka burilishda ta'sir qiluvchi kuch momentining bajargan ishi,

$$A = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M d\varphi, \quad (4.22)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

4.1. Aylanma harakat nima? Jismning burchakli ko'chishi nima? Jismning burchak tezligi va burchak tezlanishi deb nimaga aytiladi? Jismning burchakli tezlanish o'zgarishini bilgan holda berilga vaqt momentidagi burchakli tezlik va burchakli ko'chishini qanday topish mumkin?

4.2. Tekis aylanma harakatda burilish burchagi va burchak tezlikni qanday hisoblash mumkin?

4.3. Moddiy nuqta harakatining chiziqli va burchak xarakteristikalari orasida qanday bog'lanish bor?

4.4. Berilgan o'qqa nisbatan moddiy nuqtaning inersiya momenti deb nimaga aytiladi? Biror o'qqa nisbatan jismning inersiya momenti qanday topiladi? Massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan bir jinsli disk, shar, sterjenning inersiya momenti nimaga teng? Massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan yupqa o'rtasi bo'shliq bo'lgan silindr va obro'chning inersiya momenti nimaga teng? Massa markazidan o'tmaydigan o'qqa nisbatan jismning inersiya momenti qanday topiladi?

4.5. Nuqta va o'qqa nisbatan kuch momenti deb nimaga aytiladi? Kuch momentining yo'nalishi va kattaligi qanday aniqlanadi? Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini ifodalang va tushuntiring.

4.6. Ham ichki, ham tashqi kuchlar ta'sir qilayotgan, n ta jismlardan iborat mexanik tizimning harakatini nechta tenglama

orqali ifodalash mumkin? Jismlarning ilgarilanma va aylanma harakat qonunlarini qanday tenglamalar bilan ifodalanadi?

4.7. Aylanma harakatda kuch momentlarining bajargan ish nimaga teng? Aylanayotgan jismga ta'sir etayotgan kuch momenti o'zgarsa, t_1 dan t_2 gacha vaqt oraligida bajarilgan ish qanday topiladi?

4.8. Dumalayotgan jism mexanik energiyasini qanday hisoblash mumkin?

4.9. Berilgan o'qqa nisbatan moddiy nuqtaning impuls momenti deb nimaga aytiladi? Impuls momentining kattaligi va yo'nalishini qanday topiladi?

4.10. Impuls momentining saqlanish qonunini ifodalang. Ifodasini yozing.

4.1 - masala. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jismning β burchak tezlanishining o'zgarish qonuni berilgan. Tinch holatdan harakatlanish boshlangandan t_1 vaqt o'tgandan so'ng jism qanday burchak tezlikka erishadi? Uning shu vaqt oralig'idagi burchakli ko'chishi nimaga teng bo'ladi?

Topshiriq raqami	Burchak tezlik o'zgarish qonuni $\beta, \text{rad/s}^2$	A	B	t,s
1	$\beta = 12At^2 + 2B$	5 rad/s ⁴	2 rad/s ²	0,5
2		1 rad/s ⁴	1,5 rad/s ²	1,2
3		0,25 rad/s ⁴	0,3 rad/s ²	1,5
4		0,15 rad/s ⁴	0,5 rad/s ²	2
5	$\beta = 6(At + Bt^2)$	3 rad/s ³	2,4 rad/s ⁴	0,2
6		2,5 rad/s ³	4 rad/s ⁴	0,4
7		2 rad/s ³	6,2 rad/s ⁴	0,6
8		1,4 rad/s ³	1,8 rad/s ⁴	0,8
9	$\beta = 4(A + Bt^3)$	1,5 rad/s ²	0,6 rad/s ⁵	1,2
10		1 rad/s ²	0,5 rad/s ⁵	1,4
11		0,5 rad/s ²	0,8 rad/s ⁵	1,6
12		0,25 rad/s ²	0,3 rad/s ⁵	1,8
13	$\beta = 20At^3 - Bt$	1,2 rad/s ⁵	12 rad/s ³	1,5
14		1,4 rad/s ⁵	30 rad/s ³	2
15		0,5 rad/s ⁵	7,2 rad/s ³	2,5
16		0,2 rad/s ⁵	10,5 rad/s ³	3
17	$\beta = A + 8Bt$	1,6 rad/s ²	0,4 rad/s ³	1,5
18		2,4 rad/s ²	0,2 rad/s ³	2
19		0,8 rad/s ²	0,12 rad/s ³	2,5
20		0,4 rad/s ²	0,08 rad/s ³	3
21	$\beta = 5At^3 - 12Bt^2$	4,6 rad/s ⁵	0,9 rad/s ⁴	1,4
22		1,8 rad/s ⁵	0,5 rad/s ⁴	1,6
23		2 rad/s ⁵	0,7 rad/s ⁴	1,8
24		3 rad/s ⁵	1,3 rad/s ⁴	2
25	$\beta = 15At^4 - B$	2,5 rad/s ⁶	1,8 rad/s ²	1,2
26		1,75 rad/s ⁶	3 rad/s ²	1,3
27		14 rad/s ⁶	4,2 rad/s ²	0,8
28		6,6 rad/s ⁶	2 rad/s ²	0,9

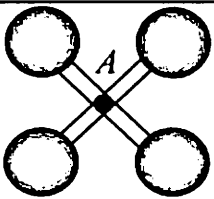
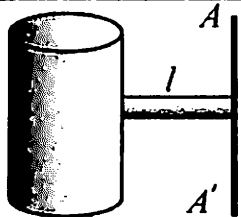
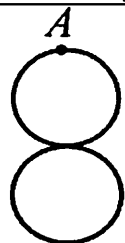
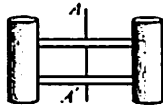
4.2 - masala. G'ildirak tekis tezlanuvchan aylanma harakat boshlagandan so'ng t vaqt momentida v aylanish chastotasiga erishadi va shu vaqt ichida n marta aylanadi. G'ildirakning burchak tezlanishi β ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

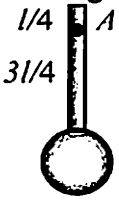
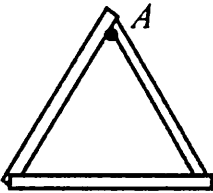
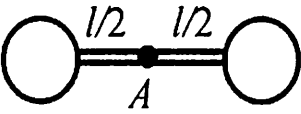
Topshiriq raqami	t, s	v, s^{-1}	$\beta, rad/s^2$	n
1	10	4	?	?
2	65	?	1,353	?
3	30	?	?	150
4	?	8	2,01	?
5	?	?	3,14	4
6	?	15	?	375
7	40	6	?	?
8	25	?	1,257	?
9	15	?	?	22,5
10	?	17	1,78	?
11	?	?	4,4	8,75
12	?	20	?	800
13	50	12,5	?	?
14	20	?	1,885	
15	75	?	?	487,5
16	?	2,5	1,047	?
17	?	?	1,396	225
18	?	5,5	?	55
19	60	12	?	?
20	35	?	2,154	?
21	55	?	?	200,75
22	?	6,5	0,628	?
23	?	?	2,513	20
24	?	9	?	135
25	6	2,5	?	?
26	70	?	0,314	?
27	45	?	?	180
28	?	8,5	1,335	?

3 - masala. R radiusli g'ildirak β o'zgarmas burchakli tezlanish bilan aylanmoqda. Harakat boshidan t sekund o'tgach g'ildirak gardishidagi nuqtalar to'la tezlanish moduli a ga, tezlanishning normal tashkil etuvchisi moduli - a_n ga va tangensial tashkil etuvchisi moduli - a_τ ga teng bo'ladi. Bu vaqtga kelib g'ildirak aylanish burchakli tezligi qiymati - ω ga, va chiziqli tezligi - v ga teng bo'ldi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	R, m	$\beta, \text{rad/s}^2$	t, s	$a, m/s^2$	$a_n, m/s^2$	$a_\tau, m/s^2$	$\omega, \text{rad/s}$	$v, m/s$
1	0,2	1,5	0,5	?	?	?	?	?
2	?	1	1,2	?	?	0,4	?	?
3	?	?	?	19	?	?	4,8	3,6
4	?	?	?	?	?	1,2	0,4	2,2
5	4	2,6	?	?	?	?	?	2,8
6	?	3,2	0,8	?	?	?	?	3,84
7	?	?	?	7,6	0,9	?	2,4	?
8	?	?	1	?	?	5,4	0,6	?
9	5	?	2	?	?	?	0,68	?
10	?	4	1,5	?	7,2	?	?	?
11	?	?	?	6	?	?	1,7	1,36
12	1	?	?	?	1,4	4,5	?	?
13	3	?	?	?	?	2,8	1,5	?
14	?	0,8	?	?	?	3	?	4,5
15	0,6	?	3	?	?	?	?	0,63
16	?	?	2,5	?	?	?	1,6	1,92
17	0,8	?	1,6	?	1,15	?	?	?
18	2,5	1	?	5	?	?	?	?
19	?	?	?	?	2	5,5	2	?
20	2,5	?	?	?	?	4	?	2,4
21	1,5	2	?	?	?	?	0,8	?
22	0,3	?	0,7	?	?	?	?	0,21
23	0,7	1,8	?	4	?	?	?	?
24	?	0,5	?	?	2	?	1,2	?
25	1,5	?	?	?	?	2,6	?	3
26	?	?	0,4	?	0,486	?	0,9	?
27	2	?	?	8	?	5	?	?
28	?	2,4	0,6	?	?	2	?	?

4.4 - masala. Radiusi R va massasi m_1 bo'lgan bir yoki bir necha jism (silindr, shar, disk, xalqa) A nuqtaga osilgan yoki massasi m_2 va uzunligi l (sterjen va ipning uzunligi qalinligidan ancha katta) bo'lgan sterjenga mahkamlangan. AA' berilgan o'qqa yoki A nuqtaga nisbatan jismning inersiya momenti J topilsin.

N ₂	Jismlar sistemasi	m_1, g	R, c m	m_2, g	l, c m	Bog'lanish grafigi tuzilsin
1	 4 ta shar sterjen uchlariga mahkamlangan	100	4	150	20	$J = f(m_1)$
2		200				
3		300				
4		400				
5	 Sterjenga silindr mahkamlangan	600	5	72	5	$J = f(l)$
6					10	
7					15	
8					20	
9	 Ikkita bir-biriga ulangna xalqa	100	10	-	-	$J = f(R)$
10			20			
11			30			
12			40			
13		100	2	60	30	$J = f(m_1)$
14		200				

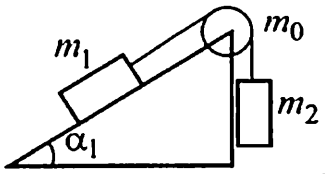
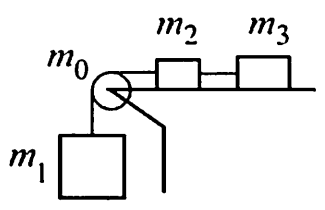
15	2 ta sterjen bilan ulangan yupqa devorli 2 ta silindr	300				
16		400				
17	Sterjenga mahkamlangan disk 	500	10	200	20	$J = f(l)$
18					40	
19					60	
20					80	
21	Uchta bir-biriga ulangan sterjen 	-	-	100	20	$J = f(l)$
22					30	
23					40	
24					50	
25	Bitta sterjen bilan ulangan ikkita disk 	150	120	10	4	$J = f(R)$
26					6	
27					8	
28					10	

4.5 - masala. m massali jism uning massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan berilgan burchakning o'zgarish qonuni $\varphi = \varphi(t)$ bo'yicha aylanmoqda. Bu erda A, B, C - o'zgarmas kattaliklar (ularning qiymati ixtiyoriy belgilanadi). Agar jismning R radiusi ma'lum bo'lsa, t vaqt momentida jismga ta'sir qilayotgan natijaviy kuch momentini toping.

Topshiri q raqami	Aylanayo tgan jism	φ ning o'zgarish qonuni	A	B	C	t, s	m, g	$R, c m$
1	Silindr	$\varphi = A + Bt + Ct^3$	2	18	15	40	200	2
2			12	4	12	34	300	2,5
3			6	20	10	25	400	3
4			14	10	16	15	500	3,5
5	Shar	$\varphi = At^5 + Bt + C$	5	3	14	10	200	2
6			8	4	10	8	300	2,5
7			4	15	6	6	400	3
8			3	8	2	4	500	3,5
9	Sterjen	$\varphi = A + B/t + Ct^2$	5	6	18	0,2	200	10
10			13	12	8	0,4	300	20
11			7	10	14	0,6	400	30
12			11	16	9	0,8	500	40
13	Disk	$\varphi = A/t^2 + Bt^4 + C$	30	2	17	2	200	4
14			27	1	13	3	300	6
15			64	0,5	18	4	400	8
16			75	0,1	22	5	500	10
17	Yupqa devorli sterjen	$\varphi = A + Bt^3 + Ct/t^2$	15	5	8	1,1	200	4
18			9	6	15	1,2	300	6
19			16	7	13	1,3	400	8
20			19	8	21	1,4	500	10
21	Shar	$\varphi = At^4 + B/t + C$	3	21	11	1,2	200	3
22			4	25	17	1,4	300	4
23			2	32	28	1,6	400	5
24			5	35	24	1,8	500	6
25	Xalqa	$\varphi = A + Bt^2 + Ct^4$	28	43	3	0,8	200	10
26			7	11	5	0,6	300	20
27			18	21	12	0,4	400	30
28			9	14	20	0,2	500	40

4.6 - masala. Cho'zilmaydigan iplar bilan bog'langan va massalari m_1, m_2, m_3 gan iborat jismlar massasi m_0 bo'lgan blok orqali o'tkazilgan. α_1 va α_2 – gorizont bilan qiya tekislik orasidagi burchak, k – ishqalanish koeffitsienti. Jismlar tinch holatidan harakatlandagi tezlanishi va ipning taranglik kuchi topilsin. Bloklar bir jinsli disk deb hisoblansin. Bloklardan ishqalanish hisobga olinmasin.

№	Jismlar sistemasi	m_0, kg	m_1, kg	m_2, kg	m_3, kg	k	α_1, grad	α_2, grad
1		0,2	0,3	1	-	0,1	10	-
2							20	
3							30	
4							40	
5		0,5	0,2	0,2	2	-	-	-
6			0,4	0,4				
7			0,6	0,6				
8			0,8	0,8				
9		0,2	0,3	0,25	-	-	-	0,1
10								0,2
11								0,3
12								0,4
13		0,3	0,6	0,6	-	0,2	-	1
14								1,5
15								2
16								2,5
17		0,4	1,4	0,5	-	0,1 5	25	10
18							-	20
19								30
20								40

21		0,2	0,8	1	-	0,2 5	45	-
22		0,4						
23		0,6						
24		0,8						
25		0,4	0,5	0,6	0,4	0,1	-	-
26						0,2		
27						0,3		
28						0,4		

4.7 - masala. Massasi m va radiusi (yoki uzunligi) r bo'lgan jism uning massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan 4.5 -masalada ko'rsatilgan qonuniyat bo'yicha aylanmoqda. Burchakli ko'chishi - φ berilgan $\varphi = \varphi(t)$ qonuniyat bo'yicha aylanmoqda. Bu erda A, B, C - o'zgarimas kattaliklar. t_1 dan t_2 gacha bo'lgan vaqt oralig'ida natijaviy tashqi kuchlar momentining jism ustida bajargan ishini toping. A, B, C lar ixtiyoriy tanlanadi.

№	Aylanayotgan jism	m, g	r, cm	φ ning o'zgarish qonuni	A	B	C	t_1, s	t_2, s
1	Sterjen	100	20	$\varphi = At^4 + B$	4	5	-	1,5	2
2	Disk	200	5		3	-7		2	2,5
3	Xalqa	100	12		0,8	0,5		2,5	3
4	Shar	300	4		2	0,9		3	3,5
5	Sterjen	75	18	$\varphi = A + Bt^3 + Ct$	2,5	6	-2	1,2	1,4
6	Ichi bo'sh silindr	100	5		11	5	1,5	1,4	1,6
7	Shar	200	5		0,7	4	-3	1,6	1,8
8	To'liq silindr	300	4		-8	3	4	1,8	2
9	Disk	300	10	$\varphi = At^2 + B + Ct^3$	-1	5	6	1	1,4
10	Sterjen	60	12		5	-9	-3	1,4	1,8
11	Shar	350	7		7	12	-4	1,6	2
12	Xalqa	90	10		-2	8	5	2	2,4
13	Ichi bo'sh silindr	150	6	$\varphi = At^4 + Bt + C$	9	-3	-6	0,5	0,6
14	Shar	250	6		7	4	8	0,6	0,7
15	Sterjen	120	30		6	-2	-2	0,7	0,8
16	To'liq silindr	500	5		5	-1	3	0,8	0,9
17	Xalqa	60	8	$\varphi = A + Bt^5$	4	0,8	-	2	2,2
18	Sterjen	80	15		2	0,9		2,2	2,4
19	Disk	400	12		5	0,3		2,4	2,6
20	Shar	500	5		-3	0,2		2,6	2,8
21	To'liq silindr	400	5	$\varphi = At^5 + Bt + C$	-4	15	10	1,2	1,3
22	Xalqa	80	9		3	-	-8	1,4	1,5
23	Sterjen	90	25		-2	18	9	1,6	1,7
24	Shar	150	4		2	-	11	1,8	1,9

					23				
25	Disk	250	6	$\varphi = A + Bt^2 + Ct$	8	14	-9	1	1,5
26	Ichi bo'sh silindr	120	6		-6	26	10	1,5	2
27	Shar	400	8		1	17	6	2	2,5
28	Sterjen	50	10		-4	15	-2	2,5	3

4.8 - masala. Odam jismni gorizontol sirtida ϑ tezlik bilan dumalatmoqda. Bu jism inersiya bo'yicha gorizont bilan α burchak ostida qiyalikda S masofagacha dumalab chiqadi. Noma'lum kattalikni yoki dumalayotgan jism shaklini toping. Ishqalanishni hisobga olmang.

Topshiriq raqami	Fizik jism	$\vartheta, m/s$	$\alpha, grad$	S, m
1	Shar	2	20	?
2	Xalqa			?
3	Disk			?
4	To'liq silindr			?
5	Ichi bo'sh silindr	?	25	1
6	Shar	?		
7	To'liq silindr	?		
8	Disk	?		
9	Xalqa	3	?	2
10	Disk		?	
11	To'liq silindr		?	
12	Shar		?	
13	?	2.5	10	2.57
14	?		15	1.85
15	?		20	1.3
16	?		25	1.51
17	Disk	1,5	10	?
18	To'liq silindr			?
19	Shar			?
20	Xalqa			?
21	Shar	?	20	1,5
22	Disk	?		
23	Xalqa	?		
24	To'liq silindr	?		
25	Ichi bo'sh silindr	3,5	?	2.5
26	Disk		?	
27	To'liq silindr		?	
28	Shar		?	

4.9 - masala. Massasi m bo'lgan moddiy nuqta radiusi r bo'lgan g'ildirak aylanasi bo'ylab moduli ϑ bo'lgan chizikli tezlik bilan harakatlanmoqda. G'ildirak aylanishining burchakli tezlik moduli ω ga teng. Moddiy nuqtaning aylana markazidan o'tuvchi va tekislikka perpendikulyar bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti J , shu o'qqa nisbatan impuls momenti L ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m, g	r, cm	$\vartheta, m/s$	$\omega, rad/s$	$J, kg \cdot m^2$	$L, kg \cdot m^2/s$
1	?	?	2	?	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
2	?	12,5	2,5	?	?	$4,375 \cdot 10^{-2}$
3	240	?	3	?	$2,16 \cdot 10^{-2}$?
4	?	?	3,5	7	$1,25 \cdot 10^{-2}$?
5	?	?	1,8	?	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$
6	?	17	3,4	?	$5,78 \cdot 10^{-3}$?
7	100	?	3,8	20	?	?
8	?	30	?	8	?	$5,04 \cdot 10^{-2}$
9	?	?	3,6	22,5	?	$6,912 \cdot 10^{-2}$
10	?	35	2,8	?	$4,9 \cdot 10^{-2}$?
11	150	12	?	?	?	$5,4 \cdot 10^{-2}$
12	?	20	1,9	?	$9,6 \cdot 10^{-3}$?
13	?	?	2,2	11	$6 \cdot 10^{-3}$?
14	200	?	?	?	$4,05 \cdot 10^{-2}$	0,324
15	400	18	1,62	?	?	?
16	160	?	3,5	?	?	$5,6 \cdot 10^{-2}$
17	?	15	?	?	$5,625 \cdot 10^{-3}$	0,1125
18	60	?	?	7,5	?	$2,592 \cdot 10^{-2}$
19	220	40	?	6	?	?
20	80	?	4,2	12	?	?
21	?	22	?	9	?	$6,97 \cdot 10^{-2}$
22	250	?	?	10	?	0,169
23	140	30	3,6	?	?	?
24	50	?	2,52	?	$1,62 \cdot 10^{-3}$?
25	?	25	?	16	$6,25 \cdot 10^{-3}$?
26	120	?	1,82	?	?	$3,058 \cdot 10^{-2}$
27	?	?	2,64	?	$1,267 \cdot 10^{-2}$	0,1394
28	70	16		15	?	?

4.10 - masala. Massasi M bo'lgan gorizonta platforma uning markazidan o'tgan vertikal o'q atrofida aylanmoqda. Platformada markazidan r_1 masofada massasi m bo'lgan odam turibdi. Agar odam platforma markazidan r_2 masofaga ko'chsa, platformaning aylanish chastotasi n marta o'zgaradi. Noma'lum kattaliklarni toping. Platformani R radiusli bir jinsli disk, odamni esa moddiy nuqta deb hisoblang.

Topshiriq raqami	M, kg	R, m	m, kg	r_1, m	r_2, m	n
1	?	4	60	3,5	1	1,07
2	400	?	76	2,2	0,2	1,29
3	256	1,7	?	1,6	0,15	1,54
4	430	2,5	88	?	0,4	1,363
5	125	0,9	84	0,85	?	2,19
6	160	1,4	75	1,35	0,1	?
7	?	3,5	66	3	0,5	1,094
8	900	?	62	2,9	0,15	1,055
9	148	1,1	?	1,05	0,2	1,8
10	180	1,35	68	?	0,08	1,59
11	860	3,4	82	3,3	?	1,179
12	1050	3,8	71	3,6	0,6	?
13	?	3	78	2,8	0,3	1,19
14	1400	?	70	4	0,4	1,094
15	310	2,2	?	2	0,2	1,29
16	270	1,55	83	?	0,1	1,534
17	880	3,4	65	3	?	1,114
18	135	1,2	86	1	0,1	?
19	?	5	90	4,8	0,4	1,091
20	650	?	72	2,7	0,05	1,206
21	220	1,5	?	1,4	0,25	1,45
22	1350	4,2	92	?	0,5	1,12
23	390	2,6	64	2,5	?	1,297
24	740	3,1	80	3	0,15	?
25	?	2,5	66	2,3	0,1	1,12
26	260	?	74	1,45	0,15	1,523
27	300	2	?	1,9	0,2	1,25
28	150	1,1	85	?	0,05	2,03

5 - Mavzu. Noinersial sanoq tizimlari. Inersiya kuchlari. Maxsus nisbiylik nazariyasi elementlari

Asosiy qonunlar va ifodalar

$\vec{a}_{n.s}$ – tevlanish bilan ilgarilanma harakatlanayotgan noinersial sanoq tizimida inersiya kuchlari,

$$\vec{F}_m = -m\vec{a}_{n.s}, \quad (5.1)$$

ω burchak tezlik bilan bir tekis aylanayotgan noinersial sanoq tizimida markazdan qochma inersiya kuchi moduli,

$$F_{m.q} = m\omega^2 R, \quad (5.2)$$

Koriolis inersiya kuchi (urinma inersiya kuchi)

$$F_k = 2m(\vec{v} \times \vec{\omega}), \quad (5.3)$$

bu erda \vec{v} – aylanayotgan sanoq tizimiga nisbatan jism tezligi; $\vec{\omega}$ – sanoq tizimi aylanishining burchakli tezligi.

Galiley almashtiishlari:

$$\left. \begin{aligned} x &= x' + v_x t \\ y &= y' + v_y t \\ z &= z' + v_z t \end{aligned} \right\} t = t', \quad (5.4)$$

bu erda x', y', z' – K sanoq tizimiga nisbatan doimiy tezlik bilan ilgarilanma harakatlanayotgan K' sanoq tizimidagi nuqtaning koordinatalari,

$$\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z, \quad (5.5)$$

x, y, z – K' sanoq tizimidagi nuqtaning koordinatalari.

Qo'zg'olmas (K) va harakatlanayotgan (K') juft parallel bo'lgan inersial tizimlarning tegishli dekart koordinat o'qlari juft parallel bo'lgan holda Lorens almashtirishlari ifodalang, shu bilan birga K'

tizim K tizimga nisbatan X o'qi bo'ylab v doimiy tezlik bilan harakatlanadi:

bu erda c – yorug'lik tezligi.

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, \quad y = y' \quad z = z' \quad t = \frac{t' + (v/c^2)x'}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, \quad (5.6)$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, \quad y = y' \quad z = z' \quad t' = \frac{t - (v/c^2)x}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, \quad (5.7)$$

Maxsus nisbiylik nazariyasida X o'qiga tezliklar proeksiyalarini qo'shish:

bu erda u' – K sanoq tizimiga nisbatan X o'qi bo'ylab v' tezlik bilan harakatlanayotgan K' sanoq tizimidagi moddiy nuqtaning tezligi, u – shu nuqtaning K sanoq tizimiga nisbatan tezligi.

$$u' = \frac{u - v}{1 - (uv/c^2)}, \quad (5.8)$$

K sanoq tizimiga nisbatan v tezlik bilan harakatlanayotgan K' sanoq tizimida harakat yo'nalishi bo'ylab joylashgan qo'zg'almas bo'lak $l_0 = x_2 - x_1$ uzunligi va qo'zg'almas K sanoq tizimidagi $l = x_2 - x_1$ uzunligi orasidagi bog'lanish

$$l = l_0 \sqrt{1 - (v^2/c^2)}, \quad (5.9)$$

K' harakatlanayotgan sanoq tizimidagi soat bo'yicha $\Delta t_0 = t_2 - t_1$ vaqt oraligi va tinch holatda bo'lgan K sanoq tizimidagi soat bo'yicha $\Delta t = t_2 - t_1$ vaqt oralig'lari orasidagi bog'lanish (K sanoq tizimiga nisbatan K' sanoq tizimi v tezlik bilan harakatlanadi).

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, \quad (5.10)$$

Koordinatalari x_1, y_1, z_1, t_1 bo'lgan birinchi hodisa va koordinatalari x_2, y_2, z_2, t_2 bo'lgan ikkinchi hodisalar orasidagi interval

$$\Delta s = \sqrt{c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2}, \quad (5.11)$$

Barcha inersial tizimlarda ikkita hodisalar orasidagi interval qiymati bir xil bo'lishi:

Qo'zg'olmas deb qabul qilingan kuzatuvchi sanoq tizimida u tezlik bilan harakatlanayotgan, tinch holatdagi massasi m_0 bo'lgan zarrachaning relyativistik impulsi,

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1-(v^2/c^2)}}, \quad (5.12)$$

Zarrachaning relyativistik massasi

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v^2/c^2)}}, \quad (5.13)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

5.1. Noinersial sanoq tizimlari deb nimaga aytiladi? Inersiya kuchi nima? Inersial sanoq tizimga nisbatan ilgari nima harakatlanayotgan noinersial sanoq tizimdagi inersiya kuchi nimaga teng?

5.2. Inersial sanoq tizimiga nisbatan bir tekis aylanayotgan noinersial sanoq tizimida jism harakati kuzatilganda qaysi inersiya kuchlarini hisobga olish mumkin? Aylanayotgan sanoq tizimida jism muvozanatda bo'lgan holda shu kuchlardan qaysi biri nolga teng? Shu kuchning qiymatini qanday aniqlash mumkin? Kuch qayerga yo'nalgan bo'ladi?

5.3. Koriolis kuchi nima? U qachon paydo bo'ladi? Bu kuchning kattaligi nimaga teng? Koriolis kuchi ta'sir yo'nalishini qanday aniqlash mumkin? Tabiatda va texnikada Koriolis kuchi ta'siri to'g'risida misollar keltiring.

5.4. Galileyning nisbiylik prinsipini tushuntiring. Galiley almashtirishlarini yozing. Koordinatalar almashtirishlariga nisbatan dinamika tenglamalarining invariantligi nimani anglatadi va uni tushuntiring. klassik maxanikada ikkita inersial sanoq tizimlari uchun tezliklarni qo'shish qoidasini yozing.

5.5. Lorens almashtirishlari ifodalarini yozing. Ularning ma'nolarini tushuntiring. Qanday sharoitlarda Lorens almashtirishi Galiley almashtirishiga o'tadi? Maxsus nisbiylik nazariyasida tezliklarni qo'shish ifodasini yozing.

5.6. Qo'zg'almas sanoq tizimiga nisbatan katta tezlikda harakatlanayotgan sanoq tizimida kesma uzunligi, xuddi shunday

lekin tinch turgan sanoq tizimidagi kesma uzunligi bilan qanday bog'liqligini tushuntiring. Bu bog'lanishning ifodasini yozing.

5.7. Harakatlanayotgan sanoq tizimidagi ikkita voqea orasidagi vaqtning kuzatuvchi tizimidagi vaqt bilan bog'liqlik ifodasini yozing.

5.8. Ikki voqea orasidagi interval deganda nimani tushunasiz? Uni qanday ifoda bilan hisoblanadi? Bir inersial sanoq tizimidan ikkinchisiga o'tishga nisbatan interval invariantligi degani nima?

5.9. Relyativistik impuls deb nimaga aytiladi? Moddiy nuqta relyativistik dinamikasining asosiy qonunini ifodalang va tushuntiring.

5.10. Relyativistik dinamikada moddiy nuqtaning massasi va tezligi orasidagi bog'lanish ifodasini yozing. Kinetik energiyaning relyativistik ifodasini yozing va tushuntiring. Massa va energiya orasida qanday bog'lanish bor?

5.1 - masala. Aravachaga maxkamlangan, m massali yuk osilgan kronshteyn a - doimiy tezlanish bilan gorizontol o'q bo'ylab ilgarilanma harakatlanmoqda. Kronshteynga m massali yuk osilgan. Yuk osilgan ip vertikal bilan φ burchak hosil qilganda taranglik kuchi F_n ga teng bo'ladi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m, kg	$a, \text{m/s}^2$	F_n, N	α, grad
1	0,1	2	?	?
2		4	?	?
3		6	?	?
4		8	?	?
5	0,4	?	?	20
6	0,3	?	?	30
7	0,2	?	?	40
8	0,1	?	?	50
9	?	?	1,92	40
10	?	?	2,99	35
11	?	?	4,53	30
12	?	?	5,41	25
13	0,5	?	?	10
14	0,35	?	?	15
15	0,2	?	?	20
16	0,16	?	?	25
17	?	5,66	3,395	?
18	?	6,86	2,99	?
19	?	0,858	3,935	?
20	?	8,23	1,536	?
21	0,15	?	1,538	?
22	0,25	?	2,752	?
23	0,35	?	4,05	?
24	0,45	?	5,45	?
25	0,1	5	?	?
26	0,2		?	?
27	0,3		?	?
28	0,4		?	?

3.2 - masala. Gorizontal joylashtirilgan disk markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan $\beta = At$ burchak tezlanish bilan aylana boshlaydi. Aylanish o'qidan r masofada yotgan m massali jismga t_1 vaqt momentida ta'sir qilayotgan $F_{m,q}$ markazdan qochma kuchni toping. Qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	$A, \text{rad/s}^3$	m, g	r, cm	t, s	Bog'lanish grafigini tuzing
1	0,2	120	15	3	$F_{m,q} = f(A)$
2	0,4				
3	0,6				
4	0,8				
5	0,75	100	18	5	$F_{m,q} = f(m)$
6		200			
7		300			
8		400			
9	0,9	200	10	1,5	$F_{m,q} = f(r)$
10			20		
11			30		
12			40		
13	0,25	150	10	6	$F_{m,q} = f(t)$
14				7	
15				8	
16				9	
17	0,5	200	25	2	$F_{m,q} = f(m)$
18		400			
19		600			
20		800			
21	0,3	300	5	2,5	$F_{m,q} = f(r)$
22			10		
23			15		
24			20		
25	0,7	180	20	2,5	$F_{m,q} = f(t)$
26				5	
27				7,5	
28				10	

5.3 - masala. Yer yuzi yaqinida joylashgan φ kenglikdagi nuqtadan (j.k. – janubiy kenglik, sh.k. – shimoliy kenglik), ϑ_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizontal yo'nalishda meridian bo'ylab, yoki h balandlikdan vertikal pastga snaryad otildi. Gorizontal otilgandagi snaryadning uchish uzoqligi l ga teng. Koriolis kuchi ta'sirida snaryad qaysi tomonga va qaysi yo'nalishda og'ishini toping. $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ deb hisoblang.

Topshiriq raqami	Kenglik	Snaryadning harakat yo'nalishi	$\vartheta_0, \text{m/s}$	l, m	h, m
1	30 ⁰ sh.k.	Gorizontal shimolga	500	100	–
2	45 ⁰ sh.k.				
3	60 ⁰ sh.k.				
4	80 ⁰ sh.k.				
5	30 ⁰ sh.k.	Gorizontal janubga	600	150	–
6	45 ⁰ sh.k.				
7	60 ⁰ sh.k.				
8	80 ⁰ sh.k.				
9	30 ⁰ j.k.	Gorizontal shimolga	600	200	–
10	45 ⁰ j.k.				
11	60 ⁰ j.k.				
12	80 ⁰ j.k.				
13	30 ⁰ j.k.	Gorizontal janubga	400	180	–
14	45 ⁰ j.k.				
15	60 ⁰ j.k.				
16	80 ⁰ sh.k.				
17	30 ⁰ sh.k.	h balandlikdan vertikal pastga	0	–	100
18	45 ⁰ sh.k.				
19	60 ⁰ sh.k.				
20	80 ⁰ sh.k.				
21	30 ⁰ j.k.	h balandlikdan vertikal pastga	0	–	200
22	45 ⁰ j.k.				
23	60 ⁰ j.k.				
24	80 ⁰ j.k.				
25	Ekvator	h balandlikdan vertikal pastga	0	–	50
26	Janubiy				
27	qutbShimoliy				
28	qutb 70 ⁰ sh.k.				

5.4 - masala. Samolyot dvigateli ϑ_1 tezlikka erishadi. Ma'lum yo'nalishda ϑ_2 tezlikda shamol esmoqda. Samolyot berilgan yo'nalishda qanday tezlik bilan harakatlanadi va berilgan yo'nalishda harakatlanishi uchun samolyot meridian bilan qanday burchak tashkil qilib uchishi kerak?

Topshiriq raqami	Harakat yo'nalishi	ϑ_1 , Km/soat	Shamol yo'nalishi	ϑ_2 , m/s
1	Janubiy	800	Shimoli-sharqdan janubi-g'arbga	15
2			Janubi-g'arbdan shimoli-sharqqa	12
3			Janubi-sharqdan shimoli-g'arbga	14
4			Shimoli-g'arbdan janubi-sharqqa	16
5	Shimoliy-g'arbiy	750	Shimoldan janubga	10
6			g'arbdan sharqqa	15
7			Janubdan shimolga	15
8			Sharqdan g'arbga	10
9	Shimoliy	950	Janubi-sharqdan shimoli-g'arbga	18
10			Shimoli-sharqdan janubi-g'arbga	14
11			Shimoli-g'arbdan janubi-sharqqa	16
12			Janubi-g'arbdan shimoli-sharqqa	12
13	Shimoliy sharqiy	700	Janubdan shimolga	8
14			g'arbdan sharqqa	10
15			Sharqdan g'arbga	12
16			Shimoldan janubga	8
17	G'arbiy	820	Janubi-g'arbdan shimoli-sharqqa	10
18			Janubi-sharqdan shimoli-g'arbga	12,5
19			Shimoli-sharqdan janubi-g'arbga	15
20			Shimoli-g'arbdan	17,5

			janubi-sharqqa	
21	Janubiy-sharqiy	900	Sharqdan g'arbga	16
22			Shimoldan janubga	16
23			g'arbdan sharqqa	12
24			Janubdan shimolga	12
25	Sharqiy	840	Shimoli-sharqdan janubi-g'arbga	5
26			Janubi-sharqdan shimoli-g'arbga	10
27			Janubi-g'arbdan shimoli-sharqqa	15
28			Shimoli-g'arbdan janubi-sharqqa	20

5.5 - masala. Ma'lum bir vaqt mobaynida qandaydir kosmik jism Yerning harakat orbitasi bilan mos keladigan yo'nalishda Yerga nisbatan ϑ tezlik bilan harakatlanmoqda. Kosmik jismdan harakat yo'nalishi bo'yicha jismga nisbatan u' tezlik bilan zarracha uchib chiqdi. Zarrachaning Yerga nisbatan tezligi u . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$\vartheta, \text{m/s}$	$u', \text{m/s}$	$u, \text{m/s}$
1	10^7	$-8 \cdot 10^7$?
2	$2 \cdot 10^7$	$-9 \cdot 10^7$?
3	$5 \cdot 10^7$	-10^8	?
4	$2 \cdot 10^8$	$-5 \cdot 10^7$?
5	$5 \cdot 10^6$?	$1,45 \cdot 10^7$
6	10^7	?	$1,1 \cdot 10^7$
7	$5 \cdot 10^7$?	$5,967 \cdot 10^7$
8	10^8	?	$1,421 \cdot 10^8$
9	?	$1,5 \cdot 10^8$	$2,143 \cdot 10^8$
10	?	$1,2 \cdot 10^8$	$1,807 \cdot 10^8$
11	?	$9 \cdot 10^7$	$1,25 \cdot 10^8$
12	?	$7,5 \cdot 10^7$	$1,37 \cdot 10^8$
13	$1,25 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^7$?
14	$1,5 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^7$?
15	$1,75 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^7$?
16	$2 \cdot 10^8$	$5 \cdot 10^7$?
17	$9 \cdot 10^7$?	$-3,41 \cdot 10^7$
18	$8 \cdot 10^7$?	$-5,653 \cdot 10^7$
19	$7 \cdot 10^7$?	$-9,057 \cdot 10^7$
20	$6 \cdot 10^7$?	$-8,8235 \cdot 10^7$
21	?	$-9 \cdot 10^7$	$2,247 \cdot 10^7$
22	?	$-2 \cdot 10^8$	$-3,333 \cdot 10^7$
23	?	-10^8	$-5,59 \cdot 10^6$
24	?	$-7,5 \cdot 10^7$	$5,58 \cdot 10^7$
25	$-1,2 \cdot 10^8$	$2,5 \cdot 10^8$?
26	$-1,4 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^8$?
27	$-1,6 \cdot 10^8$	$9,5 \cdot 10^7$?
28	$-1,8 \cdot 10^8$	$8,5 \cdot 10^7$?

5.6 - masala. Osib qo'yilgan sterjen o'qiga nisbatan α burchak ostida

$\vartheta = kc(c - \text{yorug'lik tezligi})$ tezlik berilganida sterjenning nisbiy uzayishi ($\Delta l/l_0$) 100% ni tashkil etadi. Noma'lum kattaliklarni toping. Qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	k	α, grad	$(\Delta l/l) 100\%$	Bog'lanish grafigini tuzing
1	0,2	30	?	$\Delta l/l_0 = f(g/c)$
2	0,4		?	
3	0,6		?	
4	0,8		?	
5	0,5	?	-11,725	$\Delta l/l_0 = f(\alpha)$
6		?	-7,626	
7		?	-0,378	
8		?	-3,175	
9	?	25	-3,767	$\Delta l/l_0 = f(k)$
10	?		-8,695	
11	?		-0,928	
12	?		-16,08	
13	0,25	0	?	$\Delta l/l_0 = f(\alpha)$
14		25	?	
15		50	?	
16		75	?	
17	0,35	?	-1,543	$\Delta l/l_0 = f(\alpha)$
18		?	-6,128	
19		?	-0,0465	
20		?	-4,198	
21	?	10	-1,959	$\Delta l/l_0 = f(k)$
22	?		-8,086	
23	?		-0,486	
24	?		-4,464	
25	0,15	45	?	$\Delta l/l_0 = f(g)$
26	0,3		?	
27	0,45		?	
28	0,6		?	

5.7 - masala. $\vartheta = kc$ tezlik bilan harakatlanayotgan sanoq tizimida, ikkita voqea orasidagi xususiy vaqt oralig'i $\Delta\tau$ ga teng. Qo'zg'almas deb qabul qilingan kuzatuvchi sanoq tizimida ikkita voqea orasida Δt ga teng vaqt oraligi o'tdi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$k = \vartheta/c$	$\Delta\tau$	Δt
1	0,1	?	40 s
2	0,2	?	
3	0,3	?	
4	0,4	?	
5	?	43,3 s	50 s
6	?	46,84 s	
7	?	48,99 s	
8	?	49,75 s	
9	0,5	?	20 kun
10		?	40 kun
11		?	60 kun
12		?	80 kun
13	0,6	10 hafta	?
14		20 hafta	?
15		30 hafta	?
16		40 hafta	?
17	?	20 yil	20 yil 7 oy 26 k
18	?		30 yil 2 oy 26 k
19	?		25 yil
20	?		21 yil 9 oy 26 k
21	0,2	?	3 oy
22	0,4	?	6 oy
23	0,6	?	9 oy
24	0,8	?	12 oy
25	0,25	5 yil	?
26	0,5		?
27	0,75		?
28	0,9		?

5.8 - masala. Inersial sanoq tizimida ikkita voqea orasidagi interval Δs ga teng, Bu ikki voqea orasidagi vaqt oralig'i Δt ga teng. Voqealar sodir bo'layotgan nuqtalar orasidagi masofa Δl , bu masofaning koordinata o'qlaridagi proeksiyalari mos ravishda Δx , Δy va Δz . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$\Delta s, m$	$\Delta t, s$	$\Delta l, m$	$\Delta x, m$	$\Delta y, m$	$\Delta z, m$
1	$5,568 \cdot 10^8$?	-	$7 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^8$	$9 \cdot 10^8$
2	$2,577 \cdot 10^7$	0,2		?	$2 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^6$
3	$8,544 \cdot 10^5$	0,005		$4 \cdot 10^5$?	10^6
4	$4,093 \cdot 10^6$	0,03		$2,5 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$?
5	$2,14 \cdot 10^7$?	-	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^6$
6	18 947	$2 \cdot 10^{-4}$?	$4,6 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
7	$4 \cdot 10^5$	0,008		$2 \cdot 10^6$?	$1,2 \cdot 10^6$
8	$3,84 \cdot 10^6$	0,04		$8 \cdot 10^6$	$7,5 \cdot 10^6$?
9	$1,166 \cdot 10^6$?	-	$8 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^6$
10	$4,359 \cdot 10^7$	1		?	$9 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^8$
11	$1,3 \cdot 10^9$	10		$2,5 \cdot 10^9$?	$6,5 \cdot 10^8$
12	$2,059 \cdot 10^6$	0,06		$1,7 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$?
13	2,236	10^{-8}	?	-	-	-
14	28,618	10^{-7}	?			
15	295,8	10^{-6}	?			
16	2973,2	10^{-5}	?			
17	0,02182	?	0,01	-	-	-
18	0,1197	?	0,1			
19	3,77	?	1			
20	43,875	?	10			
21	$1,2 \cdot 10^7$	0,05	?	-	-	-
22	$9 \cdot 10^7$	0,5	?			
23	$1,49 \cdot 10^9$	5	?			
24	$1,375 \cdot 10^{10}$	50	?			
25	184,66	?	10^2	-	-	-
26	2508	?	10^3			
27	11 180	?	10^4			
28	149 666	?	10^5			

5.9 - masala. Zarrachaning boshlang'ich tezligi $\vartheta_0 = kc$, bu erda c –yorug'likning vakkumdagi tezligi. Zarrachaning tezligi n marta ortganda, uning impulsi ham θ marta ortadi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	k	n	θ
1	0.99	?	2
2	0.9	?	
3	0.75	?	
4	0.5	?	
5	0,7	1,4	?
6	0,6		?
7	0,5		?
8	0,4		?
9	?	1,2457	1,5
10	?	1,18	
11	?	1,118	
12	?	1,028	
13	0,7	?	1,5
14		?	2
15		?	2,5
16		?	3
17	0,8	1,05	?
18		1,1	?
19		1,15	?
20		1,20	?
21	?	1,3	5,47
22	?		1,8474
23	?		1,553
24	?		2,239
25	0,75	?	2,376
26	0,8	?	2,57
27	0,85	?	2,872
28	0,9	?	3,4

5.10 - masala. Zarrachaning tinchlikdagi massasi m_0 (m_e – elektronning tinchlikdagi massasi) bo'lganda $\vartheta = kc$ tezlik bilan harakatlanayotgan relyativistik zarrachaning massasi va to'la energiyasini toping. Zarrachaning kinetik energiyasi E_k uning to'la energiyasining E_t qanday qismini tashkil qiladi? Qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	Zarracha	m_0, kg	k	Grafik tuzing
1	Elektron	$0,911 \cdot 10^{-30} m_e$	0,7	$m = f\left(\frac{v}{c}\right)$
2			0,8	
3			0,9	
4			0,99	
5	Proton	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	0,7	$E_t = f\left(\frac{v}{c}\right)$
6			0,8	
7			0,9	
8			0,99	
9	$k - \text{mezon}$	$970 m_e$	0,7	$\frac{E_k}{E_t} = f\left(\frac{v}{c}\right)$
10			0,8	
11			0,9	
12			0,99	
13	$\pi^0 - \text{mezon}$	$264 m_e$	0,7	$E_k = f\left(\frac{v}{c}\right)$
14			0,8	
15			0,9	
16			0,99	
17	Neytron	$1,67495 \cdot 10^{-27}$	0,7	$\frac{m}{m_0} = f\left(\frac{v}{c}\right)$
18			0,8	
19			0,9	
20			0,99	
21	$\pi^+ - \text{mezon}$	$273 m_e$	0,7	$E_t = f\left(\frac{v}{c}\right)$
22			0,8	
23			0,9	
24			0,99	
25	Myuon ($\mu - \text{mezon}$)	$207 m_e$	0,7	$\frac{E_k}{E_t} = f\left(\frac{v}{c}\right)$
26			0,8	
27			0,9	
28			0,99	

MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

6 – mavzu. Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasi asoslari. Termodinamik parametrlar. Issiqlik sig'imi

Gazlarning tenglamasi: *Asosiy qonunlar va ifodalar* molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy

$$P = \frac{2}{3} n \frac{mv^2}{2}, \quad P = nkT, \quad (6.1)$$

Ideal gazning holat tenglamasi (Mendeleev-Klapeyron):

$$PV = \frac{m}{\mu} RT, \quad (6.2)$$

bu erda μ – gazning molyar massasi.

Dalton qonuni: gaz qorishmasining bosimi parsial bosimlarning yig'indisiga teng:

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n, \quad (6.3)$$

Ideal gaz bitta molekulasi issiqlik harakatining o'rtacha energiyasi

$$\langle W \rangle = \frac{i}{2} kT, \quad (6.4)$$

bu erda i – gaz molekulasini erkinlik darajasi soni.

Ideal gazning ichki energiyasi

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT, \quad (6.5)$$

Termodinamik tizimning issiqlik sig'imi

$$C_{iz} = \frac{\delta Q}{dT}, \quad (6.6)$$

Solishtirma issiqlik sig'imi

$$c = \frac{1}{m} \cdot \frac{\delta Q}{dT}, \quad (6.7)$$

Molyar issiqlik sig'imi

$$C = \frac{\mu}{m} \cdot \frac{\delta Q}{dT}, \quad (6.8)$$

Moddaning solishtirma va molyar issiqlik sig'implari orasidagi bog'lanish:

$$C = \mu c, \quad (6.9)$$

O'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'imi:

$$C_V = \frac{i}{2} R, \quad (6.10)$$

O'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imi:

$$C_P = \frac{i+2}{2} R, \quad (6.11)$$

O'zgarmas bosimdagi C_P va o'zgarmas hajmdagi C_V molyar issiqlik sig'implari orasidagi bo'g'lanish (Mayer nisbati):

$$C_P - C_V = R, \quad (6.12)$$

O'zgarmas bosimdagi C_P va o'zgarmas hajmdagi C_V molyar issiqlik sig'implar nisbati:

$$\frac{C_P}{C_V} = \gamma, \quad (6.13)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

6.1. Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy holatini ifodalang. Ideal gaz holat tenglamasi (Mendeleev-Klapeyron)ni yozing.

6.2. Ideal gaz aralashmasi bosimi uchun Dalton qonunini ifodalang, uni tushuntiring. Gazning parsial bosimi deb nimaga aytiladi?

6.3. Modda zichligi deb nimaga aytiladi? Ikkita modda aralashmasining zichligi, ularning zichliklari aniq bo'lganda, qanday topiladi?

6.4. Gazlar molekulyar-kinetik nazariyasining asosiy tenglamasini yozing va tushuntiring. Molekulalar konsentratsiyasi nima? Uning o'lchov birligini ayting?

6.5. Ideal gaz molekularining issiqlik harakati energiyasi deb nimaga aytiladi? U nimaga teng? Gaz molekularining erkinlik darajasi deb nimaga aytiladi? Ideal gaz molekularining erkinlik darajasi qanday qiymatlarni qabul qiladi? Molekula energiyasining qancha qismi ilgarilanma harakat ulushiga, qancha qismi aylanma harakat ulushiga to'g'ri keladi, agarda bu molekula: a) ikki atomli; b) ko'p atomli bo'lsa?

6.6. Ideal gaz ichki energiyasining o'zgarishi nimaga teng? Gaz aralashmasining ichki energiyasining o'zgarishi qanday aniqlanadi?

6.7. Moddalarning issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi? Solishtirma issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi? Molyar issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi? Moddalarning solishtirma va molyar issiqlik sig'implari oralarida qanday bog'lanish bor? Quyidagi kattaliklar aniq bo'lganda modda temperaturasini ma'lum bir qiymatga orttirish uchun qancha issiqlik miqdori kerakligini qanday aniqlash mumkin: a) massasi; b) modda miqdori?

6.8. Nima uchun o'zgarmas bosim va o'zgarmas hajmda gaz temperaturasini bir xil qiymatga oshirish uchun har xil issiqlik miqdori talab qilinadi? O'zgarmas bosim va o'zgarmas hajmda molyar issiqlik sig'implari orasida qanday bog'liqlik bor?

6.9. O'zgarmas bosim va o'zgarmas hajmda issiqlik sig'implarining nisbati qanday aniqlanadi? Bu nisbat qanday qiymatlarni qabul qiladi?

6.10. Gaz aralashmasining molyar va solishtirma issiqlik sig'implari qanday aniqlanadi?

6.1 - masala. ρ zichlikka ega bo'lgan T temperaturadagi gaz P bosim ostida turibdi. Noma'lum kattaliklarni toping yoki gaz turini aniqlang.

Topshiriq raqami	Gaz	$\rho, \text{kg/m}^3$	P, Pa	T, K
1	?	0,117	$8 \cdot 10^3$	230
2	Vodorod	?	$2,25 \cdot 10^5$	450
3	Argon	1,337	?	360
4	Kripton	3,444	$2 \cdot 10^5$?
5	?	4,126	$5 \cdot 10^5$	1222
6	Azot	?	$2,2 \cdot 10^5$	400
7	Kislrorod	0,019	?	200
8	Gelij	0,024	$1,5 \cdot 10^4$?
9	?	3,61	$3 \cdot 10^5$	400
10	Ammiak	?	10^4	400
11	Karbonat angidrid	2,647	?	500
12	Vodorod	0,048	$5 \cdot 10^4$?
13	?	0,24	$2,1 \cdot 10^5$	420
14	Azot	?	$1,7 \cdot 10^5$	340
15	Neon	0,115	?	210
16	Kislrorod	3,851	$5 \cdot 10^5$?
17	?	0,188	$2,5 \cdot 10^5$	320
18	Ammiak	?	$2 \cdot 10^4$	450
19	Gelij	0,523	?	460
20	Karbonat angidrid	0,106	$4 \cdot 10^3$?
21	?	3,209	$4 \cdot 10^5$	480
22	Azot	?	$2 \cdot 10^3$	240
23	Vodorod	0,04	?	300
24	Neon	3,744	$7 \cdot 10^5$?
25	?	0,055	$5 \cdot 10^3$	220
26	Gelij	?	$2,1 \cdot 10^5$	420
27	Kislrorod	1,925	?	380
28	Argon	3,026	$2,2 \cdot 10^5$?

6.2 - masala. V hajmli idish ikkita gaz aralashmasi bilan to'ldirilgan. Birinchi gazning massasi m_1 , ikkinchi gazning massasi m_2 . Aralashma T temperaturada P bosim ostida turibdi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Birinchi gaz	Ikkinchi gaz	m_1, g	m_2, g	V, m^3	P, Pa	T, K
1	O ₂	Kr	?	24	$6,23 \cdot 10^{-3}$	$6,2 \cdot 10^5$	310
2	H ₂	Ne	8	14	?	$4 \cdot 10^3$	200
3	Ar	H ₂	20	10	$9,14 \cdot 10^{-2}$?	420
4	He	Ne	12	10	$5,82 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^5$?
5	Kr	N ₂ O	12	?	$1,66 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^5$	380
6	H ₂ O	Ne	9	5	?	$2 \cdot 10^5$	400
7	He	N ₂	16	14	0,748	?	260
8	He	O ₂	12	16	0,582	$1,4 \cdot 10^4$?
9	Ne	Ar	?	20	0,415	$4,8 \cdot 10^3$	240
10	CO ₂	H ₂ O	11	18	?	$7 \cdot 10^5$	350
11	N ₂	Ar	7	10	$8,31 \cdot 10^{-3}$?	440
12	H ₂	He	8	8	0,5	$2,5 \cdot 10^4$?
13	O ₂	CO ₂	8	?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	10^5	300
14	N ₂ O	H ₂	22	20	?	$4,4 \cdot 10^3$	220
15	H ₂	Kr	6	6	$2,7 \cdot 10^{-2}$?	460
16	Ar	CO ₂	20	22	$8,31 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^5$?
17	N ₂ O	He	?	16	0,125	$9,6 \cdot 10^4$	320
18	N ₂	O ₂	14	16	?	$7,5 \cdot 10^3$	250
19	Kr	Ne	6	5	$4,15 \cdot 10^{-3}$?	390
20	H ₂ O	He	18	20	0,1	$2,25 \cdot 10^5$?
21	He	CO ₂	20	?	0,25	$5,6 \cdot 10^4$	280
22	N ₂ O	Ar	11	10	?	$4,5 \cdot 10^5$	450
23	N ₂	Kr	7	12	$1,25 \cdot 10^{-2}$?	340
24	O ₂	H ₂ O	8	9	$6,23 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^5$?
25	H ₂	CO ₂	?	11	$7,06 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^5$	350
26	Ne	O ₂	5	8	?	$2,15 \cdot 10^5$	430
27	O ₂	Ar	4	5	$2,08 \cdot 10^{-2}$?	230
28	H ₂ O	N ₂ O	9	11	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^5$?

6.3 - masala. Idishda ikkita gaz aralashmasi bor, shu bilan birga ikkinchi gaz idishdagi gazning β foizini tashkil qiladi. T temperaturadagi va P bosim ostidagi aralashmaning zichligini toping. Aralashma zichligining ikkinchi gazning foiz hisobiga bog'liqlik grafigini tuzing.

Topshiriq raqami	Birinchi gaz	Ikkinchi gaz	$\beta, \%$	P, Pa	T, K
1	Karbonat anhidrid	Azot	20	$5 \cdot 10^5$	400
2			40		
3			60		
4			80		
5	Vodorod	Argon	20	$2 \cdot 10^5$	320
6			40		
7			60		
8			80		
9	Geliy	Kislorod	20	$4 \cdot 10^5$	360
10			40		
11			60		
12			80		
13	Karbonat anhidrid	Neon	20	10^5	290
14			40		
15			60		
16			80		
17	Azot	Kislorod	20	$1,5 \cdot 10^5$	300
18			40		
19			60		
20			80		
21	Kislorod	Karbonat anhidrid	20	$3 \cdot 10^5$	350
22			40		
23			60		
24			80		
25	Kislorod	Suv bug'i	20	$2,5 \cdot 10^5$	340
26			40		
27			60		
28			80		

6.4 - masala. T temperaturali gaz P bosim ostida turibdi. Gaz molekularining konsentratsiyasi n ga, bitta molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi W ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	P, Pa	T, K	n, m^{-3}	W, J
1	$8 \cdot 10^4$	220	?	?
2	$2,5 \cdot 10^5$?	?	$7,245 \cdot 10^{-21}$
3	?	?	$6,44 \cdot 10^{25}$	$9,315 \cdot 10^{-21}$
4	?	250	$1,45 \cdot 10^{24}$?
5	$1,5 \cdot 10^5$	300	?	?
6	10^4	?	?	$5,175 \cdot 10^{-21}$
7	?	?	$5,43 \cdot 10^{25}$	$8,28 \cdot 10^{-21}$
8	?	270	$2,15 \cdot 10^{25}$?
9	10^3	230	?	?
10	$3 \cdot 10^5$?	?	$7,87 \cdot 10^{-21}$
11	?	?	$2,72 \cdot 10^{25}$	$8,28 \cdot 10^{-21}$
12	?	260	$2,79 \cdot 10^{24}$?
13	$5 \cdot 10^4$	280	?	?
14	10^5	?	?	$1,076 \cdot 10^{-21}$
15	?	?	$3,29 \cdot 10^{23}$	$4,55 \cdot 10^{-21}$
16	?	360	$4,03 \cdot 10^{25}$?
17	$2 \cdot 10^5$	340	?	?
18	$8 \cdot 10^3$?	?	$5,175 \cdot 10^{-21}$
19	?	?	$1,34 \cdot 10^{25}$	$5,59 \cdot 10^{-21}$
20	?	500	$5,8 \cdot 10^{25}$?
21	$5 \cdot 10^3$	240	?	?
22	$2,8 \cdot 10^5$?	?	$7,66 \cdot 10^{-21}$
23	?	?	$2,41 \cdot 10^{25}$	$6,21 \cdot 10^{-21}$
24	?	300	$7,25 \cdot 10^{24}$?
25	$2,5 \cdot 10^5$	600	?	?
26	10^5	?	?	$6,83 \cdot 10^{-21}$
27	?	?	$8,7 \cdot 10^{23}$	$5,175 \cdot 10^{-21}$
28	?	400	$9,06 \cdot 10^{24}$?

6.5 - masala. m massali va T temperaturadagi gaz issiqlik harakatining ichki energiyasi nimaga teng? Bu energiyaning qanday qismi ilgarilanma harakatga va qanday qismi aylanma harakatga to'g'ri keladi?

Topshiriq raqami	Gaz	m, g	T, K
1	Argon	5	350
2	Geliy		
3	Vodorod		
4	Karbonat angidrid		
5	Kislород	8	500
6	Suv bug'i		
7	Azot		
8	Neon		
9	Havo	12	400
10	Kripton		
11	Azot oksidi		
12	Argon		
13	Kislород	2	300
14	Neon		
15	Vodorod		
16	Suv bug'i		
17	Karbonat angidrid	10	450
18	Azot		
19	Havo		
20	Geliy		
21	Azot oksidi	4	250
22	Azot		
23	Kislород		
24	Argon		
25	Geliy	6	550
26	Havo		
27	Vodorod		
28	Karbonat angidrid		

6.6 - masala. Yopiq idishda gaz aralashmasi bor. Birinchi gazning massasi m_1 , ikkinchi gazning massasi m_2 . Aralashma temperaturasi ΔT ga o'zgarganda, uning ichki energiyasi ΔU ga o'zgaradi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Birinchi gaz	Ikkinchi gaz	m_1, g	m_2, g	$\Delta T, K$	$\Delta U, J$
1	Kislorod	Karbonat angidrid	?	11	-30	-342,8
2			4	?	58	463,7
3			3	4	?	243,2
4			12	22	44	?
5	Azot	Kislorod	?	8	52	645,5
6			14	?	40	441,5
7			7	4	?	-467,4
8			3,5	3,2	-28	?
9	Neon	Azot oksidi	?	8,8	34	381,4
10			5	?	-50	-269,1
11			4	4,4	?	199,4
12			10	11	64	?
13	Kislorod	Suv bug'i	?	4,5	22	194,2
14			6,4	?	60	997,2
15			8	4,5	?	-228,5
16			16	18	-36	?
17	Geliy	Kislorod	?	2,4	-46	-238,9
18			4	?	24	382,3
19			8	6	?	903,7
20			2	4	-32	?
21	Argon	Vodorod	?	4	54	2327,8
22			8	?	-20	-1296,4
23			4	2	?	1541,5
24			10	8	-42	?
25	Azot	Karbonat angidrid	?	11	38	434,2
26			14	?	-56	-1279,7
27			5,6	4	?	-321,1
28			7	8,8	26	?

6.7 - masala. Qandaydir gaz V hajmga ega bo'lgan yopiq idishda T_1 temperatura va P_1 bosim ostida turibdi. Gaz temperaturasi T_2 ga o'zgartirilganda uning bosimi P_2 ga teng bo'ldi. Bunda gazga Q issiqlik miqdori berildi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Gaz	$V, 10^{-3} \text{ m}^3$	T_1, K	T_2, K	P_1, Pa	P_2, Pa	Q, J
1	Kislorod	2,5	200	320	?	$8 \cdot 10^5$?
2		?	366	?	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^5$	500
3		1,6	?	450	10^5	$1,5 \cdot 10^5$?
4		?	375	500	$3 \cdot 10^5$?	1000
5	Geliy	?	352	440	?	$2,5 \cdot 10^5$	225
6		1,5	250	?	$8 \cdot 10^3$	$1,12 \cdot 10^4$?
7		?	?	460	$2,5 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$	252
8		2	506	600	$3,8 \cdot 10^5$?	?
9	Karbonat anhidrid	1	240	300	?	10^4	?
10		2,6	343	?	$3,5 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$?
11		?	?	350	$9 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^5$	315
12		?	320	400	$8 \cdot 10^4$?	168
13	Azot	3	300	380	?	$1,14 \cdot 10^5$?
14		?	448	?	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5$	1000
15		?	?	320	$5 \cdot 10^4$	$6,4 \cdot 10^4$	52,5
16		2,2	364	420	$2,6 \cdot 10^5$?	?
17	Argon	?	339	452	?	$4 \cdot 10^5$	525
18		?	256	?	$2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	7,5
19		2,4	?	504	$4 \cdot 10^5$	$4,8 \cdot 10^5$?
20		1,8	430	516	$3,5 \cdot 10^5$?	?
21	Vodorod	?	290	319	?	$5,5 \cdot 10^4$	37,5
22		1,2	400	?	$4,5 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$?
23		3,4	?	509	$2,2 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^5$?
24		?	240	360	$5 \cdot 10^3$?	16,25
25	Azot oksidi	?	280	392	?	$1,4 \cdot 10^4$	42
26		1,4	370	?	$4,2 \cdot 10^5$	$6,3 \cdot 10^5$?
27		?	?	384	$1,5 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$	180
28		2,5	310	434	$1,8 \cdot 10^5$?	?

6.8 - masala. Qandaydir gaz molekulari i erkinlik darajasiga ega. O'zgarish bosimda bu gazni ΔT_1 temperaturagacha qizdirish uchun Q_1 issiqlik miqdori talab qilinadi. Agar shu gazni o'zgarish hajmda ΔT_2 temperaturagacha sovutsak, Q_2 issiqlik miqdori ajraladi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	i	$\Delta T_1, K$	$\Delta T_2, K$	Q_1, J	Q_2, J
1	?	140	160	2,45	2
2	6	?	140	19,81	26
3	3	170	?	49,58	35
4	5	60	30	?	4
5	5	210	150	58,8	?
6	?	70	80	8,17	5
7	3	?	110	14,55	16
8	6	100	?	22,22	25
9	5	40	20	?	5,5
10	6	200	180	51,85	?
11	?	90	60	30	12
12	3	?	50	8	8
13	6	160	?	35,56	20
14	3	20	40	?	5
15	5	230	200	51,52	?
16	?	150	120	50	24
17	5	?	130	30,15	28
18	6	120	?	24	15
19	3	30	50	?	6
20	5	190	170	37,55	?
21	?	130	100	32,76	18
22	5	?	60	13,07	14
23	6	180	?	45	30
24	3	50	70	?	9
25	3	80	90	14,81	?
26	?	220	200	58,67	40
27	5	?	80	8,75	10
28	3	110	?	41,9	32

6.9 - masala. Biror gazning solishtirma issiqlik sig'implari C_V va C_P ga teng. Bu issiqlik sig'implarining nisbati – $C_P/C_V = \gamma$, gazning molyar massasi μ ga teng. Gaz molekularining erkinlik darajasi – i . Noma'lum kattaliklarni toping. Qanday gaz qaralayotganini toping.

Topshiriq raqami	C_V , J/kg·K	C_P , J/kg·K	γ	$\mu, 10^{-3}$ kg/mol	i
1	?	?	1,667	4	?
2	?	1846,6	1,333	?	?
3	649,2	?	?	?	5
4	?	?	?	20	3
5	566,6	?	1,333	?	?
6	?	1846,6	?	18	?
7	?	1038,75	?	?	5
8	?	1038,75	1,667	?	?
9	148,74	247,9	?	?	?
10	10387,5	?	1,4	?	?
11	566,6	?	?	44	?
12	311,6	?	?	?	3
13	?	755,5	1,333	?	?
14	?	1038,75	?	28	?
15	?	1038,75	?	20	?
16	?	14542,5	?	?	5
17	?	?	1,4	32	?
18	3116	?	1,667	?	?
19	?	?	?	44	6
20	10387,5	?	?	?	5
21	?	?	1,333	18	?
22	?	908,9	1,4	?	?
23	566,6	?	?	?	6
24	?	?	?	40	3
25	742	1038,75	?	?	?
26	1385	?	?	?	6
27	?	?	?	2	5
28	?	5194	?	4	?

6.10 - masala. Ikkita gaz aralashmasining C_V va C_p issiqlik sig'irlarini toping, gazlar foiz hisobida g_1 %, va g_2 % deb olingan. Gaz issiqlik sig'irlarining nisbati foiz hisobiga bog'liqligini tushuntiring.

Topshiriq raqami	Birinchi gaz	Ikkinchi gaz	$g_1, \%$	$g_2, \%$
1	Neon	Vodorod	80	20
2			60	40
3			40	60
4			20	80
5	Argon	Kislorod	80	20
6			60	40
7			40	60
8			20	80
9	Geliy	Kislorod	80	20
10			60	40
11			40	60
12			20	80
13	Azot	Vodorod	80	20
14			60	40
15			40	60
16			20	80
17	Neon	Kislorod	80	20
18			60	40
19			40	60
20			20	80
21	Geliy	Kripton	80	20
22			60	40
23			40	60
24			20	80
25	Argon	Azot	80	20
26			60	40
27			40	60
28			20	80

7 - mavzu. Termodinamikaning birinchi qonunini ideal gazning izojarayonlariga va adiabatik jarayoniga tadbqiqi. Statistik fizika elementlari

Asosiy qonunlar va ifodalar

Termodinamikaning birinchi qonuni:

$$Q = \Delta U + A, \quad (7.1)$$

Hajm V_1 dan V_2 gacha o'zgarganda gazning bajargan ishi

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV, \quad (7.2)$$

Adiabatik jarayon uchun Puasson tenglamasi:

$$PV^\gamma = \text{const}, \quad (7.3)$$

bu erda $\gamma = C_p/C_v$ – adiabatada doimiysi.

Gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}, \quad (7.4)$$

bu erda m_0 – bitta molekulaning massasi; μ – bir molning massasi.

Molekulalarning o'rtacha arifmetik tezligi

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}, \quad (7.5)$$

Ehtimolligi eng katta bo'lgan tezlik

$$v_e = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}, \quad (7.6)$$

Tezlik bo'yicha ideal gaz molekularining Maksvell taqsimoti:

$$f(v) = \frac{dN}{Ndv} = 4\pi n \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}}, \quad (7.7)$$

bu erda $f(v)$ – taqsimot funksiyasi, $\frac{dN}{N}$ – tezlik modullari v dan $v+dv$ gacha intervalda yotuvchi molekular ulushi.

Og'irlik kuchi maydonidagi molekular uchun Bolsmann taqsimoti:

$$n = n_0 e^{-\frac{m_0 g h}{kT}}, \quad (7.8)$$

bu erda $n_0 - h = 0$ balandlikdagi molekular konsentrasiyasi; $n - h$ balandlikdagi ularning konsentrasiyasi.

Potensial maydondagi molekularning Bolsman taqsimoti:

$$n = n_0 e^{-\frac{W_p}{kT}}, \quad (7.9)$$

bu erda n_0 – potensial energiya nolga teng bo'lgan erdagi molekularning konsentrasiyasi; n – potensial energiya W_p ga teng bo'lgan erdagi konsentrasiyasi.

Barometrik ifoda:

$$P = P_0 e^{-\frac{\mu g h}{RT}}, \quad (7.10)$$

bu erda $P_0 - h = 0$ balandlikdagi bosim; $P - h$ balandlikdagi bosim.

Molekularning o'rtacha yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2\pi d^2 n}} = \frac{kT}{\sqrt{2\pi d^2 P}}, \quad (7.11)$$

Birlik hajmdagi, birlik vaqtdagi molekular to'qnashishining o'rtacha soni

$$\langle z \rangle = n \langle v \rangle \pi^2, \quad (7.12)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

7.1. Termodinamikaning birinchi qonunini izohlang, uning fizik ma'nosini tushuntiring. Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni qanday ko'rinish oladi?

7.2. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonunini yozing va tushuntiring. Gazning izobarik kengayishida va siqilishida bajarilgan ishni hisoblang?

7.3. Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonunini yozing va uning ma'nosini tushuntiring. Gazning izotermik kengayishida va siqilishida bajarilgan ishni qanday aniqlash mumkin?

7.4. Bir necha izojarayonlardan iborat bo'lgan murakab jarayonda gaz ichki energiyasini o'zgarishi nimaga teng? Bu jarayonda bajarilgan ishni qanday hisoblash mumkin?

7.5. Adibatik jarayon deb nimaga aytiladi? Adiabata ko'rsatkich darajasi nima va u qanday qiymatlarni qabul qiladi? P va V , P va T , V va T parametrlar orasidagi bog'lanishni ifodalaydigan adiabata tenglamasini tuzing.

7.6. Termodinamikaning birinchi qonunini adibatik jarayon uchun yozing va fizik ma'nosini tushuntiring. Adibatik jarayonda bajarilgan ishni qanday hisoblash mumkin?

7.7. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasini yozing va ifodalang. Molekulalarning o'rtacha kvadratik tezligi nima?

7.8. Ideal gaz molekularining tezliklar bo'yicha Maksvell taqsimoti qonunini yozing, grafigini tasvirlang va fizikaviy ma'nosini tushuntiring. Molekulalar harakatining o'rtacha arifmetik tezligi nima deb aytiladi, qaysi birini ehtimolliги eng katta tezlik deb ataladi?

7.9. Molekulalarning erkin yugurish yo'li deb nimaga aytiladi? Gaz molekulasining effektiv diametri deganda nima tushiniladi? Vaqt birligidagi molekulalarning o'zaro to'qnashuvlar soni bilan erkin yugurish yo'li orasida qanday bog'lanish bor?

7.10. Barometrik ifodani yozing. a) har xil gazlar uchun balandlik o'zgarganda; b) temperatura o'zgarganda gaz bosimi qanday o'zgaradi? Tashqi potensial maydondagi zarrachalar taqsimotining Bolsmann qonunini yozing va ifodaga kiruvchi kattaliklar ma'nosini tushuntiring.

7.1 - masala. C_V molyar issiqlik sig'imga ega bo'lgan V hajmli yopiq idishda bo'lgan, P_1 bosim ostidagi gaz tashqaridan Q issiqlik miqdori olgan. Bunda gaz temperaturasi n marta, ichki energiyasi ΔU ga ortdi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	C_V , J/(mol·K)	P_1 , m	V , m ³	Q , J	n	ΔU , J
1	?	$2 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^{-3}$?	1,24	720
2	20,775	?	$1,5 \cdot 10^{-2}$	13500	1,6	?
3	24,93	$5,5 \cdot 10^5$?	?	1,15	1237,5
4	12,465	$3 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-2}$	945	?	?
5	24,93	$5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-3}$?	1,8	?
6	?	$8 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^{-3}$?	1,5	900
7	12,465	?	$4 \cdot 10^{-2}$	45	1,75	?
8	20,775	$2,5 \cdot 10^5$?	175	1,28	?
9	12,465	$2 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^{-3}$?	1,32	?
10	20,775	$5 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{-3}$?	?	750
11	?	$7 \cdot 10^4$	10^{-2}	472,5	1,45	?
12	24,93	?	$6 \cdot 10^{-2}$?	1,1	360
13	20,775	10^3	?	18	1,36	?
14	24,93	$4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{-3}$	3000	?	?
15	12,465	$6 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^{-2}$?	1,4	?
16	?	$4,5 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^{-3}$?	1,22	1039,5
17	12,465	?	$2 \cdot 10^{-2}$?	1,05	75
18	20,775	$1,5 \cdot 10^5$?	5625	1,3	?
19	24,93	10^4	$8 \cdot 10^{-2}$?	?	1440
20	20,775	$3 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-3}$?	1,25	?
21	?	$5 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^{-3}$?	1,48	576
22	12,465	?	$5 \cdot 10^{-2}$?	1,2	4500
23	24,93	10^5	?	840	1,7	?
24	20,775	$8 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^{-2}$?	1,35	?
25	24,93	$4 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^{-3}$	192	?	?
26	?	$3,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-2}$?	1,26	5687,5
27	20,775	?	$9 \cdot 10^{-3}$	1080	1,12	
28	12,465	$6 \cdot 10^5$?	?	1,65	3510

7.2 - masala. O'zgarmas bosim ostidagi m massali va T temperaturali gazga tashqaridan Q issiqlik miqdori berilganda n marta kengayadi. Gaz kengayishida bajarilgan ish A ga, ichki energiyaning o'zgarishi ΔU ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping. Erkinlikning tebranish darajasini hisobga olmang.

Topshiriq raqami	Gaz	m, g	T, K	n	Q, J	A, J	$\Delta U, J$
1	Azot	?	280	3	?	664,8	?
2		5,5	?	1,75	?	?	1 040,6
3		?	250	2,2	2 493	?	?
4		20	310	?	?	?	1 840
5	Vodorod	?	240	2,4	12 215,7	?	?
6		1,5	?	1,5	?	903,7	?
7		1	350	?	?	2 617,7	?
8		6	?	1,6	18 847	?	?
9	Karbonat anhidrid	?	340	2	?	?	9 632
10		16	?	1,25	966,9	?	?
11		11	200	?	?	623,25	?
12		33	?	1,75	?	?	5 328,8
13	Argon	40	?	1,2	?	498,6	?
14		10	320	?	4 155	?	?
15		?	250	1,5	1 298,5	?	?
16		12	?	2,6	?	957,3	?
17	Kislorod	?	320	2,5	?	?	4 986
18		24	300	?	?	?	1 495,8
19		8	?	2,4	?	581,7	?
20		?	290	1,4	3 374	?	?
21	Geliy	12	?	3,2	38 382	?	?
22		4	330	?	?	548,5	?
23		8	?	2,6	20 608,8	?	?
24		?	370	2,5	?	?	6 226,2
25	Azot oksidi	15	220	?	?	155,8	
26		?	360	3	?		2 243,7
27		11	350	?	2 490,2	?	?
28		4,4	?	1,6	?	?	553,45

7.3 - masala. m massali gaz P_1 bosim ostida V_1 hajmni egallaydi. Gaz T temperaturagacha izotermik kengayganda uning bosimi n marta kamayadi. Bunda bajarilgan ish A ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Gaz	m, g	P_1, Pa	V_1, m^3	T, K	n	A, J
1	Geliy	2,477	$2,5 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^{-3}$?	?	822,5
2		0,714	$1,15 \cdot 10^5$?	310	1,35	?
3		0,023	?	$1,2 \cdot 10^{-3}$	200	?	8,4
4		?	$1,8 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	370	1,5	?
5	Karbonat angidrid	43,32	$3 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^{-2}$?	?	4948
6		15,16	$1,4 \cdot 10^5$?	400	?	706,6
7		1,76	?	$2 \cdot 10^{-3}$	230	1,8	?
8	Kislorod	?	$2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	350	1,25	?
9		6,42	$1,25 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^{-3}$?	1,75	?
10		34,45	$1,7 \cdot 10^5$?	380	?	892
11		21,88	?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	330	1,4	?
12	Argon	?	$9 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	210	?	10,64
13		1,18	$7,5 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^{-3}$?	2	?
14		4,17	$1,3 \cdot 10^5$?	300	1,45	?
15		5,35	?	$3,5 \cdot 10^{-3}$	315	?	63,8
16	Vodorod	?	$8 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	250	?	716,3
17		0,0212	10^4	$2,2 \cdot 10^{-3}$?	?	8,92
18		0,226	$2 \cdot 10^5$?	320	1,3	?
19		0,886	?	$4,5 \cdot 10^{-3}$	375	?	301,25
20	Azot	?	$6 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{-3}$	260	1,55	?
21		9,63	$4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-2}$?	?	545,5
22		2,76	10^5	?	305	?	92,9
23		3,57	?	$1,8 \cdot 10^{-3}$	340	1,2	?
24	Neon	?	$2,5 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^{-2}$	220	1,7	?
25		2,91	$1,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^{-3}$?	1,6	?
26		1,42	$1,6 \cdot 10^5$?	325	?	57,62
27		1,6	?	$8 \cdot 10^{-3}$	240	2,2	?
28	?	$2,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	360	?	1	
							643,5

7.4 - masala. n ta atomli molekullardan iborat bo'lgan gaz V_1 hajmi egallab P_1 bosim ostida turibdi. Q_1 issiqlik miqdori uzatilganda, o'zgarmas bosim ostidagi gaz V_2 hajmgacha kengayganda, bosim P_2 ga etadi. Gazning ichki energiyasi ΔU , gaz bajargan ish A ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	n	V_1, m^3	P_1, Pa	V_2, m^3	P_2, Pa	Q, J	$\Delta U, J$	A, J
1	?	$4 \cdot 10^{-2}$	10^4	$6 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^4$?	6 500	?
2	1	?	$1,2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^5$?	?	$\frac{2}{400}$
3	2	$1,5 \cdot 10^{-3}$?	$3 \cdot 10^{-3}$	10^5	?	450	?
4	3	?	$4 \cdot 10^4$	$7,5 \cdot 10^{-3}$?	1 300	?	100
5	4	?	$8 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^5$?	16 650	?
6	?	$5 \cdot 10^{-3}$?	$8 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^4$?	570	60
7	1	$3 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^3$?	$1,5 \cdot 10^4$?	787,5	?
8	2	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^4$?	?	1 626	?	336
9	3	$2 \cdot 10^{-3}$?	$5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^5$?	3150	?
10	2	?	$1,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^{-3}$?	?	562,5	22,5
11	1	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-2}$?	?	9 000	?
12	?	$6 \cdot 10^{-3}$?	$9 \cdot 10^{-3}$	10^4	150	?	24
13	3	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^4$?	$7,5 \cdot 10^4$?	9 000	?
14	?	10^{-3}	?	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^4$?	225	15
15	4	$7 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^3$	10^{-2}	$8 \cdot 10^3$?	?	?
16	2	?	10^5	$6 \cdot 10^{-3}$?	2150	?	400
17	1	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^5$	$7,5 \cdot 10^{-3}$?	?	3937,5	?
18	3	10^{-2}	$3 \cdot 10^4$?	?	?	7 200	600
19	?	$9 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^4$?	2047,5	?
20	?	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^5$?	$3 \cdot 10^5$	26500	?	$\frac{3}{750}$
21	4	$2 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^4$?	?	?
22	2	?	$2,5 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^5$?	?	500
23	3	$3 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^3$?	$2,4 \cdot 10^4$?	360	?
24	1	$6 \cdot 10^{-2}$?	$9 \cdot 10^{-2}$?	10500	?	$\frac{1}{500}$
25	?	$4 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^5$?	1 920	?
26	2	$2,5 \cdot 10^{-2}$?	$3 \cdot 10^{-2}$?	?	13 125	750
27	3	?	$7 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^4$?	4 380	?
28	1	$8 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^4$	10^{-2}	?	750	?	?

7.5 - masala. Molekulari i erkinlik darajasiga ega bo'lgan gaz adiabatik kengayganda uning hajmi n marta ortadi. Gazning temperaturasi ΔT ga kamayadi. Gazning boshlang'ich temperaturasi T_1 . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	i	n	T_1, K	$\Delta T, K$
1	?	1,4	377	47,5
2	5	?	435	65
3	3	2,25	?	201
4	6	2,7	348	?
5	?	1,1	426	26,25
6	6	?	298,5	78,5
7	3	1,75	?	158,25
8	5	2,3	335	?
9	?	1,5	343	43,3
10	3	?	460	170,2
11	6	2,4	?	78
12	5	1,3	355,4	?
13	?	2,6	472,7	222,7
14	3	?	452	62,5
15	6	1,2	?	22,6
16	5	3	310,4	?
17	?	1,25	370	31,6
18	6	?	415	34,75
19	3	2,8	?	207
20	5	1,6	362	?
21	?	2	327,6	67,6
22	6	?	354	44,75
23	5	2,75	?	100,5
24	3	1,7	500	?
25	?	2,5	346,25	106,25
26	5	?	408	28,7
27	6	1,8	?	69,4
28	3	2,2	475	?

7.6 - masala. T_1 temperaturadagi m massali gaz adiabatik kengayganda uning hajmi n_1 marta ortdi. Gaz temperaturasi T_2 gacha pasaytirilganda izotermik siqilish natijasida uning hajmi n_2 marta kamaydi. Bunda to'la bajarilgan ish A ga teng bo'ldi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Gaz	m, g	T_1, K	n_1	T_2, K	n_2	A, J
1	Vodorod	?	?	2,4	280	1,8	5 356,6
2		6	360	?	329,25	?	1 134,2
3		4	341	1,5	?	1,4	?
4		8	?	2,7	240	?	3 441
5	Argon	10	416	?	220	2	?
6		?	394,2	1,4	?	1,2	510
7		30	?	1,15	324,3	1,3	?
8		?	384	?	340	1,5	-298,6
9	Karbonat anhidrid	22	340,6	1,8	?	?	283,66
10		?	?	2,9	230	3	85,84
11		5,5	395,4	?	305	?	62,1
12		8,8	320	1,1	?	1,25	?
13	Kislород	16	?	3	200	?	385,34
14		4	360,7	?	250	2,4	?
15		?	356	2	?	2,2	11,53
16		8	?	1,6	300	1,5	?
17	Geliy	?	457,6	?	220	2,6	2 429,6
18		2	316,2	1,2	?	?	13,5
19		?	?	2,5	260,6	3,6	-39,14
20		4	397	?	250,1	?	-233,2
21	Azotoksidi	11	358	1,7	?	1,8	?
22		5,5	?	2,8	210	?	77,025
23		22	360	?	314,5	1,6	?
24		?	315	2,2	?	2,1	322,85
25	Azot	7	?	1,9	290	2	?
26		?	366	?	320	1,5	-61,28
27		28	293	2,6	?	?	547,78
28		?	?	1,3	330	1,35	-16,17

7.7 - masala. m massali qandaydir gaz V_1 hajmdan $V_2 = nV_1$ hajmgacha izotermik kengayganda gazning bajargan ishi A ga teng. Gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi – \mathcal{G}_{kv} . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m, g	n	A, J	$\mathcal{G}_{kv}, m/s$
1	?	2,1	1 855	500
2	25	?	2 288	560
3	9	2,9	?	440
4	20	1,5	731	?
5	?	1,7	325	350
6	8	?	249,1	480
7	32	2,2	?	425
8	12	1,3	212,5	?
9	?	2,5	1 270,6	400
10	24	?	2 658,6	550
11	5	1,4	?	340
12	28	2,8	1 695	?
13	?	1,2	123	450
14	30	?	898,3	360
15	14	2,3	?	600
16	6	1,8	294	?
17	?	2	977,8	460
18	7	?	115	520
19	15	1,6	?	380
20	34	3	1 525	?
21	?	1,9	547,7	320
22	35	?	3 596	580
23	16	2,6	?	540
24	22	1,1	111,8	?
25	?	2,7	3 014	510
26	26	?	1 205,4	420
27	10	1,3	?	300
28	18	2,4	758,5	?

7.8 - masala. P bosim ostidagi, ρ zichlikka ega bo'lgan gaz molekularining o'rtacha kvadratik tezligi ϑ_{kv} ga, o'rtacha arifmetik tezligi ϑ ga va ehtimoli katta bo'lgan tezligi ϑ_e ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	P, Pa	$\rho, kg/m^3$	$\vartheta_{kv}, m/s$	$\vartheta, m/s$	$\vartheta_e, m/s$
1	?	1,5	632,5	?	?
2	$6 \cdot 10^3$?	?	874	?
3	?	0,8	?	?	500
4	$1,5 \cdot 10^5$?	567	?	?
5	?	1,3	?	484,8	?
6	$5 \cdot 10^3$?	?	?	500
7		0,42	756	?	?
8	$9 \cdot 10^4$?	?	504,6	?
9	?	2,2	?	?	476,7
10	$5 \cdot 10^4$?	866	?	?
11	?	0,03	?	824	?
12	10^5	?	?	?	365
13		0,75	447,2	?	?
14	$8 \cdot 10^4$?	?	638,3	?
15	?	1,4	?	?	462,9
16	$4 \cdot 10^3$?	1 095,4	?	?
17	?	1,6	?	399	?
18	$2,5 \cdot 10^5$?	?	?	408,25
19	?	2,8	567	?	?
20	$8 \cdot 10^3$?	?	713,65	?
21	?	0,008	?	?	1000
22	$2 \cdot 10^5$?	500	?	?
23	?	0,055	?	481	?
24	10^4	?	?	?	378
25	?	0,6	632,5	?	?
26	$3 \cdot 10^5$?	?	552,8	?
27	?	1,8	?	?	471,4
28	$2 \cdot 10^4$?	387,3	?	?

7.9 - masala. T temperatura va P bosim ostida gazning har bir molekulasi sekundiga o'rtacha $\langle z \rangle$ marta to'qnashadi. Bu sharoitlarda gaz molekularining o'rtacha yugurish yo'li uzunligi $\langle \lambda \rangle$ ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping. Qo'shimcha topshiriqlarni bajaring.

Topshiriq raqami	Gaz	T, K	P, Pa	$\langle z \rangle, 10^{10} s^{-1}$	$\langle \lambda \rangle, nm$	Bog'lanish grafigini tuzing
1	Azot	250	10^5	?	?	$\langle \lambda \rangle = f(T)$ $P = const$
2		300		?	?	
3		350		?	?	
4		400		?	?	
5	Argon	300	?	0,55	?	$\langle \lambda \rangle = f(P)$ $T = const$
6			?	1,1	?	
7			?	1,66	?	
8			?	2,2	?	
9	Vodorod	?	10^5	?	188	$\langle z \rangle = f(T)$ $P = const$
10		?		?	199,6	
11		?		?	211,4	
12		?		?	233	
13	Havo	270	?	?	116,5	$\langle z \rangle = f(P)$ $T = const$
14			?	?	93,2	
15			?	?	46,6	
16			?	?	23,3	
17	Geliy	?	$3 \cdot 10^5$	1,465	?	$\langle \lambda \rangle = f(T)$ $P = const$
18		?		1,134	?	
19		?		1,79	?	
20		?		1,27	?	
21	Kislorod	300	$5 \cdot 10^4$?	?	$\langle \lambda \rangle = f(P)$ $T = const$
22			10^4	?	?	
23			10^5	?	?	
24			$5 \cdot 10^5$?	?	
25	Havo	300	$2 \cdot 10^5$?	?	$\langle z \rangle = f(T)$ $P = const$
26		400		?	?	
27		500		?	?	
28		600		?	?	

7.10 - masala. t temperaturagi gazning h balandlikdagi zichligi ρ_h ga teng, uning dengiz sathidagi ρ_0 zichligining η foizini tashkil qiladi. Balandlikdagi va dengiz sathidagi temperaturalar bir xil deb hisoblansin. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Gaz	$t, ^\circ\text{C}$	h, km	$\eta, \%$	Bog'lanish grafigini tuzing
1	Kislorod	-30	?	50	$h_{\eta=50\%} = f(t)$
2		-10	?		
3		10	?		
4		30	?		
5	Azot	0	2	?	$\rho_h / \rho_0 = f(h)$
6			4	?	
7			6	?	
8			8	?	
9	Karbonat anhidrid	-30	5	?	$\rho_h / \rho_0 = f(t)$
10		-10		?	
11		10		?	
12		30		?	
13	?	7	4	62,4	$\rho_h / \rho_0 = f(\mu)$
14				58,3	
15				73,8	
16				47,6	
17	Kislorod	27	?	50	$h_{\eta=50\%} = f(\mu)$
18	Karbonat anhidrid		?		
19	Vodorod		?		
20	Azot		?		
21	Havo	-3	?	80	$\rho_h / \rho_0 = f(h)$
22			?	60	
23			?	40	
24			?	20	
25	Suv bug'i	?	6	59,2	$\rho_h / \rho_0 = f(t)$
26		?		62,7	
27		?		66,5	
28		?		64,7	

8-mavzu. Termodinamikaning ikkinch qonuni. Real gazlar

Asosiy qonunlar va ifodalar

Termodinamikaning ikkinchi qonuni: nisbatan past qizdirilgan jismdan yuqoriroq qizdirilgan jismga issiqlik miqdorining o'tishi kuzatiladigan jarayonlar uchramaydi.

Ikkinchi ifodasi: ikkinchi avlod abadiy dvigateli bo'lishi mumkin emas, chunki bir isitgichdan issiqlik olib uni to'la'ligicha ish bajarishga sarflay olmaydi.

Sikl davomida bajarilgan ish

$$A = Q_1 - |Q_2|, \quad (8.1)$$

bu erda Q_1 – isitgichdan olingan issiqlik miqdori; Q_2 – gazning boshqa jismlarga uzatgan issiqlik miqdori ($Q_2 < 0$).

Issiqlik mashinasining foydali ish koeffisienti (FIK)

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}, \quad (8.2)$$

Karno sikli bo'yicha ishlaydigan issiqlik mashinasining foydali ish koeffisienti,

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (8.3)$$

Sovutish mashinasining sovutish koeffisienti

$$\eta_s = \frac{Q_2}{|A|} = \frac{Q_2}{|Q_1| - Q_2}, \quad (8.4)$$

bu erda $A < 0$, $Q_1 < 0$;

Qaytar jarayondagi keltirilgan issiqlik miqdori entropiyaning differensialiga teng:

$$\frac{\delta Q}{T} = dS, \quad (8.5)$$

1 va 2 holatlar orasidagi qaytar jarayonda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}, \quad (8.6)$$

Aylanma qaytar jarayonda entropiyaning o'zgarishi:

$$\Delta S = \oint \frac{\delta Q}{T} = 0, \quad (8.7)$$

Qaytmas aylanma jarayonda Klauzisning tenHzizligi:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} < 0, \quad (8.8)$$

Termodinamikaning ikkinchi qonuni (uchinchi ifodalash): izolyasiyalangan tizimning entropiyasi istalgan undagi sodir bo'ladigan jarayonlarda kamaymaydi:

$$dS \geq 0, \quad (8.9)$$

bu erda $\ll == \gg$ ishorasi istalgan qaytar jarayonlarga, $\ll < > \gg$ ishora esa qaytmas jarayonlarga tegishlidir.

S entropiyaning Ω holatlar termodinamik ehtimolligi bilan bog'lanishi (Bolsmann ifodasi):

$$S = k \ln \Omega, \quad (8.10)$$

Real gazning holat tenglamasi (Van-Der-Vaals tenglamasi):

$$\left(P + \frac{m^2 a}{\mu^2 V^2} \right) \left(V - \frac{m b}{\mu} \right) = \frac{m}{\mu} RT \quad (8.11)$$

Bir mol real gazning ichki energiyasi

$$U = C_v T - \frac{a}{V_\mu}, \quad (8.12)$$

Van-Der-Vaals gazining kritik parametrlari:

$$T_k = \frac{8a}{27bR}, \quad V_{\mu,k} = 3b, \quad P_k = \frac{a}{27b^2}, \quad (8.13)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

8.1. Qaytar va qaytmas jarayonlar deb nimaga aytiladi? Aylanma jarayon(sikl) nima? Issiqlik mashinasining F.I.K qanday aniqlanadi?

8.2. Karno sikli o'zi nimani tasavvur etadi? Karno siklining F.I.K qanday aniqlanadi?

8.3. Sovutish mashinasining ishi nimaga asoslangan? Sovutish koeffitsienti nima?

8.4. Termodinamikaning ikkinchi qonunini ifodalang. Entropiya deb nimaga aytiladi? Gazning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishida entropiya o'zgarishi nimaga teng?

8.5. Moddaning bir agregat holatidan ikkinchisiga o'tishida entropiyaning o'zgarishi nimaga teng bo'ladi?

8.6. Holatning termodinamik ehtimolligi nima? Termodinamika ikkinchi qonunining statik ma'nosi nimadan iborat? Termodinamik tizimning boshlang'ich va oxirgi holatlarining termodinamik ehtimolligi bilan entropiyaning o'zgarishi orasida qanday bog'lanish bor.

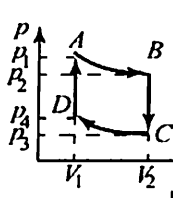
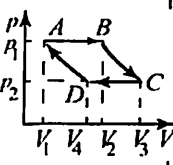
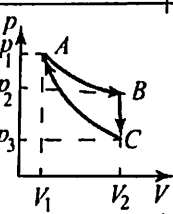
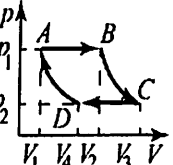
8.7. Nima uchun real va ideal gaz holatlar tenglamalari bir-biridan farq qiladi? Qanday gaz ideal gaz hisoblanadi? Nima uchun ideal gaz qonunlari bilan taqqoslanganda real gaz qonunlariga o'zgartirishlar kiritilgan?

8.8. Van-der-Vaals tenglamasini yozing va uni ideal gaz holat tenglamasi bilan taqqoslang. Van-der-Vaals izotermalarini chizing va ularni ideal gazning tajribaviy izotermalari bilan taqqoslang.

8.9. Real gazlarning ichki energiyasi nimaga teng. Nima uchun u ideal gazning ichki energiyasidan farq qiladi? Real gazning bir holatdan ikkinchisiga o'tishida o'zaro ta'sir kuchiga qarshi bajarilgan ish qanday hisoblanadi?

8.10. Moddaning qanday holati kritik holat deb aytiladi? Van-Der-Vaals gazi termodinamik parametrlarining kritik qiymatlarini qaysi ifodalar orqali hisoblash mumkin?

8.1 - masala. Massasi $m = 763,16$ g bo'lgan havo P_1 bosim ostida V_1 hajmini egallab isitgichdan $Q = 30$ KJ issiqlik miqdori olib, jadvaldagi sikllardan birini bajaradi. Jadvaldagi qiymatlardan foydalanib, a) siklning η_1 F.I.K ini; b) issiqlik mashinasi ishlaydigan chegarada T_{max} va T_{min} ; c) Issiqlik mashinasi temperaturasi T_{max} va T_{min} , chegarasida ideal bug' mashinasi Karnosiklining η_2 F.I.K ni toping? Havoning molyar massasini $\mu_h = 29 \cdot 10^{-3}$ kg/mol deb hisoblang.

Topshiri q raqami	Sikl grafifi	P_1 10^5 Pa	V_1 10^{-3} m	P_2 10^5 Pa	V_2 10^{-3} m	P_3 10^5 Pa	V_3 10^{-3} m
1		3	0,3	-	0,35	2	-
2		1,5	0,6		0,8	1	
3		1	0,7		0,75	3/4	
4		1,8	0,6 5		0,75	1,2	
5		1,7 5	0,4 5	-	0,55	-	0,8
6		1,5	0,5		0,6	3/4	
7		1,9	0,3 5		0,45	-	0,6
8		1,6	0,5 5		0,7	0,9	
9		1,7 1	0,3 5	-	0,55	-	-
10		2,5	0,4		0,75		
11		2	0,5		0,8		
12		3	0,3 5		0,6		
13		1,4	0,3 5	1	-	-	0,8
14		1,6	0,4	1,3	-	-	3/4
15		1,5	0,3 5	1,1	-	-	0,8

16		a DA—izoter ma	1,3	$\frac{0,4}{5}$	1			0,9
17		AB—adiaba ta	2	$\frac{0,4}{5}$	1,4		1	
18		BC—izoxor a	2,5	0,4	1,5		1	
19		CD—adiaba ta	1,8	0,5	1,3		1	
20		DA—izoxor a	1,6	0,5	1,2		1	
21		AB—izobar a	$\frac{1,7}{5}$	0,4	1	-	-	-
22		BC—adiaba ta	1,8	0,5	1,1			
23		CA—izoter ma	2	0,5	1,2	-	-	-
24			2,5	$\frac{0,3}{5}$	1,5			
25		AB—izobar a	1,8	0,4	-	0,5	1	-
26		BC—adiaba ta	2	0,5		0,55	1	
27		CD—izoxor a	1,6	$\frac{0,4}{5}$	0,6	1		
28		DA—adiaba ta	1,5	0,6	0,75	1		

8.2 - masala. Karno siklida gaz A ish bajaradi. Bunda gaz T_1 temperaturada isitkichdan Q_1 issiqlik miqdorini oladi va T_2 temperaturada sovutkichga Q_2 issiqlik miqdorini beradi. Bu siklning F.I.K - η ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping. Qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	A, J	Q_1, J	$ Q_2 , J$	T_1, K	T_2, K	Grafik tuzing
1	?	1 800	1 200	?	300	$\eta = f(T_1)$ $T_2 = \text{const}$
2	?	1 600		?		
3	?	1 400		?		
4	?	2 000		?		
5	1 925	4 400	?	400	?	$\eta = f(T_2)$ $T_1 = \text{const}$
6	1 375		?			
7	1 100		?			
8	1 650		?			
9	900	?	900	?	250	$\eta = f(Q_1)$ $Q_2 = \text{const}$
10	540	?				
11	1260	?				
12	180	?				
13	?	1 400	1 040	350	?	$\eta = f(Q_2)$ $Q_1 = \text{const}$
14	?		1 200			
15	?		1 120			
16	?		960			
17	491	1 800	?	?	200	$\eta = f(T_1)$ $T_2 = \text{const}$
18	692.3		?			
19	600		?			
20	771.4		?			
21	196	?	850	320	?	$\eta = f(T_2)$ $T_1 = \text{const}$
22	121.4	?				
23	157.4	?				
24	238	?				
25	1 150	?	1 350	?	270	$\eta = f(Q_1)$ $Q_2 = \text{const}$
26	400	?				
27	900	?				
28	650	?				

8.3 - masala. Ideal sovutish mashinasi teskari Karno sikli bo'yicha ishlaydi. Bir sikl davomida $|A|$ ga teng bajarilgan ish nimaga sarf bo'ladi? Bir sikl davomida t_s temperaturali sovutkichdan Q_s issiqlik miqdori olinib t_i temperaturali jismga Q_i issiqlik miqdori beriladi. F.I.K. η ga, sovutish koeffitsienti η_s ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$ A , \text{kJ}$	$t_s, ^\circ\text{C}$	$t_i, ^\circ\text{C}$	Q_s, kJ	Q_i, kJ	η	η_s
1	?	?	80	270	295	?	?
2	?	-20	?	18	?	?	12
3	12	?	35	?	?	0,065	10,5
4	13,33	0	?	?	?	?	?
5	?	-13	?	?	180	0,02	?
6	?	?	23	75	?	?	25
7	4	6	?	?	124	?	?
8	10	-3	?	?	?	0,25	?
9	20	?	67	320	?	?	?
10	?	-23	?	140	?	?	?
11	?	?	12	?	96	0,1	?
12	6	0	?	80	?	?	?
13	?	10	?	112	120	?	?
14	22	-5	20	?	?	?	?
15	?	2	?	?	72	0,08	?
16	15	?	93	?	?	?	16
17	?	?	27	?	320	0,12	?
18	?	7	?	36	?	?	8
19	30	-13	?	?	280	?	?
20	?	52	?	42	48	?	?
21	?	?	22	180	?	?	9
22	8	-10	?	?	?	0,2	?
23	24	-2	?	92	?	?	?
24	?	5	30	200	?	?	?
25	28	17	?	?	?	?	14
26	10	?	33	75	?	?	?
27	?	12	?	64	68	?	?
28	37	-10	17	?	?	?	?

8.4 - masala. Massasi m bo'lgan ideal gazga ma'lum bir issiqlik miqdori berilganda gaz temperaturasining T_1 dan T_2 gacha, hajmi V_1 dan V_2 gacha o'zgarishi 1 - holatdan 2 - holatga o'tadi. Bunda entropiyaning o'zgarishi ΔS ga teng bo'ladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Gaz	Izojarayon	m, g	T_1, K	T_2, K	V_1, m^3	V_2, m^3	$\Delta S, J/K$
1	H_2	$P = const$?	300	500	-	-	742,9
2	Ar		36	?	400			12,96
3	N_2		5,6	250	?			6,39
4	CO_2		13,2	400	600			?
5	O_2	$T = const$?	-	-	0,15	0,6	2,88
6	N_2		14			?	0,25	6,687
7	CO_2		5,5			?	1,86	
8	He		10			?	0,1	?
9	N_2O	$V = const$?	270	540	-	-	8,64
10	Ar		4,2	?	400			0,538
11	H_2		6	225	?			20,97
12	O_2		8	320	400			?
13	He	$P = const$?	-	-	0,1	0,4	115,2
14	O_2		6,4			?	0,5	5,33
15	N_2O		8,8			?	9,216	
16	Kr		12			?	0,15	0,45
17	N_2O	$T = const$?	-	-	0,25	1	17,28
18	H_2		5			?	1,5	14,4
19	Ar		28			?	9,36	
20	O_2		24			?	0,05	0,2
21	Kr	$V = const$?	300	350	-	-	0,64
22	N_2O		11	?	350			1,39
23	O_2		12	260	?			3,159
24	He		2	200	400			?
25	Ne	$P = const$?	250	500	-	-	14,4
26	Kr		24	?	450			1,179
27	H_2		8	280	?			47,17
28	H_2O		5,4	400	500			?

8.5 - masala. Massasi m bo'lgan moddaning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishida entropiyaning o'zgarishini toping.

Topshiriq raqami	O'tish turi	m, kg	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
1	t_1 temperaturali muz t_2 temperaturali suvga	1	-10	40
2		0,5	-20	20
3		2	-30	60
4		1	-40	80
5	t_1 temperaturali simob t_2 temperaturali bug'ga, o'zgarimas bosim ostida qizdirilganda	0,005	200	450
6		0,01	100	500
7		0,001	20	400
8		0,02	300	550
9	Eritilgan qo'rg'oshin qattiq jismga aylanish temperaturasi t_2	0,1	-	20
10		0,3		100
11		0,2		300
12		0,5		0
13	t_1 temperaturali bug' o'zgarimas bosim ostida	0,1	150	20
14		0,2	200	40
15		0,5	120	60
16	t_2 temperaturali suvgacha sovutilganda	1	180	80
17	t_1 temperaturali qattiq holatdan t_2 qalay erish temperaturasi gacha eritilganda	0,1	20	-
18		0,2	0	
19		0,5	100	
20		1	200	
21	t_1 temperaturali spirt bug'ga	0,05	0	-
22		0,1	20	
23		0,01	40	
24		0,2	60	
25	Erish temperaturasi dagi sink t_2 temperaturali qattiq moddaga	1	-	300
26		0,8		100
27		0,5		0
28		0,2		20

8.6 - masala. N ta molekuladan iborat bo'lgan gaz 1 – holatdan 2 - holatga o'tganda, uning bosimi n_p marta, hajmi n_V marta va temperaturasi n_T marta o'zgaradi. Termodinamik ehtimollik holati n_Ω marta ortadi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Gaz	N	$p_2/p_1 = n_p$	$V_2/V_1 = n_V$	$T_2/T_1 = n_T$	$\Omega_2/\Omega_1 = n_\Omega$
1	Ikki atomli	?	1	1.3	-	$5,758 \cdot 10^{79}$
2		150	?	1		$1,08 \cdot 10^{66}$
3		100	2.5	1		?
4		300	1	?		$2,9 \cdot 10^{43}$
5	Bir atomli	100	1	-	?	$1,054 \cdot 10^{44}$
6		130	1		2	?
7		200	?		1	$1,6 \cdot 10^{60}$
8		?	0,8		1	$2,85 \cdot 10^{48}$
9	Ko'p atomli	?	-	3	1	$3,7 \cdot 10^{71}$
10		80		1	?	$1,84 \cdot 10^{61}$
11		400		?	1	$4,45 \cdot 10^{81}$
12		180		1	1,5	?
13	Ko'p atomli	60	1	?	-	$3,2 \cdot 10^{95}$
14		150	?	1		$4,07 \cdot 10^{43}$
15		120	1	1,5		?
16		?	1,3	1		$1,29 \cdot 10^{58}$
17	Bir atomli	240	?	-	1	$3,2 \cdot 10^{95}$
18		?	1		2,2	$4,033 \cdot 10^{85}$
19		300	0,5		1	?
20		200	1		?	$1,16 \cdot 10^{73}$
21	Ikki atomli	170	-	3,5	1	?
22		?		1	1,8	$5,336 \cdot 10^{95}$
23		250		1	$1,81 \cdot 10^{75}$	
24		220		1	-	$5,656 \cdot 10^{88}$
25	Bir atomli	400	1	1,2	-	?
26		?	1,25	1		$7,5 \cdot 10^{50}$
27		200	1,6	1		?
28		250	1	?		$1,64 \cdot 10^{71}$

8.7 - masala. Hajmi V bo'lgan idishda T temperaturada m massali real gaz bor. Gaz molekulari o'zaro ta'sir kuchining bosimi gaz bosimining qanday qismini tashkil qiladi? Gaz molekularining hajmi idish hajmining necha qismiga teng?

Topshiriq raqami	Gaz	V, m^3	m, g	T, K
1	Geliy	0.04	30	300
2				400
3				500
4				600
5	Kislorod	0,025	40	300
6				400
7				500
8				600
9	Suv bug'i	0,02	15	300
10				400
11				500
12				600
13	Argon	0,05	25	300
14				400
15				500
16				600
17	Vodorod	0,01	2	300
18				400
19				500
20				600
21	Is gazi	0,03	35	300
22				400
23				500
24				600
25	Azot	0,035	50	300
26				400
27				500
28				600

8.8 - masala. Massasi m bo'lgan gaz P bosim ostida V hajmni egallaydi. Agar gazni ideal deb qarasaq, gaz temperaturasi hisoblashdagi nisbiy xatolikni $\varepsilon_T = \frac{|T_{real} - T_{ideal}|}{T_{real}} 100\%$ toping. Topilgan xatolik ideal gazning qanday temperaturasi to'g'ri kelishini aniqlang.

Topshiriq raqami	Gaz	m, kg	V, m^3	P, Pa
1	Vodorod	0,02	0,25	10^5
2				$1,5 \cdot 10^5$
3				$2 \cdot 10^5$
4				$3 \cdot 10^5$
5	Geliy	0,01	0,06	10^5
6				$1,5 \cdot 10^5$
7				$2 \cdot 10^5$
8				$3 \cdot 10^5$
9	Azot	0,1	0,1	10^5
10				$1,5 \cdot 10^5$
11				$2 \cdot 10^5$
12				$3 \cdot 10^5$
13	Kislorod	0,5	0,4	10^5
14				$1,5 \cdot 10^5$
15				$2 \cdot 10^5$
16				$3 \cdot 10^5$
17	Is gazi	0,2	0,1	10^5
18				$1,5 \cdot 10^5$
19				$2 \cdot 10^5$
20				$3 \cdot 10^5$
21	Argon	0,08	0,05	10^5
22				$1,5 \cdot 10^5$
23				$2 \cdot 10^5$
24				$3 \cdot 10^5$
25	Suv bug'i	0,15	0,26	10^5
26				$1,5 \cdot 10^5$
27				$2 \cdot 10^5$
28				$3 \cdot 10^5$

8.9 - masala. Massasi m bo'lgan real gaz bo'shliqda V_1 dan V_2 hajmgacha adiabatik kengayib, temperaturasi ΔT ga teng bo'ladi. Van-der-Vals tenglamasidagi a ni ma'lum deb hisoblab, noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Gaz	m, kg	V_1, m^3	V_2, m^3	$\Delta T, \text{K}$
1	Kislorod	?	0,02	0,06	13,64
2		0,5	?	0,2	1,535
3		3,0	0,1	?	3,68
4		2,5	0,2	0,7	?
5	Argon	?	0,5	1,5	2,18
6		0,4	?	0,2	10,365
7		2,0	0,25	?	1,45
8		0,75	0,6	1,5	?
9	Is gazi	?	0,8	2,0	0.373
10		1,8	?	5,0	1,8
11		3,5	0,3	?	2,32
12		1,0	0,75	1,5	?
13	Azot	?	0,5	2,5	0,3
14		1,2	?	3,0	2,7
15		1,5	0,2	?	1,05
16		2,0	1,0	2,0	?
17	Geliy	?	0,4	2,0	0,69
18		0,8	?	0,8	2,05
19		0,5	0,5	?	0,062
20		1,4	0,25	1,5	?
21	Vodorod	?	0,136	1,5	1,565
22		0,8	?	0,5	3,76
23		1,5	0,25	?	2,64
24		0,4	0,06	0,3	?
25	Suv bug'i	?	0,01	0,03	8,26
26		0,15	?	0,2	1,4
27		0,2	0,15	?	1,1
28		0,075	0,05	0,15	?

8.10 - masala. Biror holatdagi bir mol real gaz uning kritik temperaturasi T_k dan τ marta katta bo'lgan T temperaturada V_k kritik hajmidan ω marta katta V hajmni egallaydi va bosimi P_k kritik bosimidan n marta katta bo'lgan P bosim ostida boladi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	ω	τ	n
1	1,6	?	1,2
2	3,7	?	2,0
3	2,2	1,5	?
4	2,5	2	?
5	3,8	?	1,9
6	3,2	?	1,5
7	1,4	1,8	?
8	2,0	3,0	?
9	3,0	?	1,75
10	2,4	?	1,3
11	3,0	3,0	?
12	1,5	2,0	?
13	3,4	?	1,6
14	2,4	?	2,2
15	2,2	2,0	?
16	2,8	3,3	?
17	1,75	?	1,5
18	2,5	?	1,8
19	1,2	2,0	?
20	2,6	1,4	?
21	1,8	?	1,4
22	1,7	?	1,25
23	1,25	1,6	?
24	1,6	1,2	?
25	2,8	?	1,7
26	2,2	?	2,0
27	1,5	1,5	?
28	2,0	2,0	?

ELEKTR VA MAGNETIZM
9-mavzu. Vakuumdagi elektr maydoni
Asosiy qonunlar va ifodalar

Kulon qonuni:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}, \quad (9.1)$$

Elektr zaryadlarining chiziqli zichligi

$$\lambda = \frac{dq}{dl}, \quad (9.2)$$

Elektr zaryadlarining sirtiy zichligi

$$\sigma = \frac{dq}{dS}, \quad (9.3)$$

Elektr zaryadlarining hajmiy zichligi

$$\rho = \frac{dq}{dV}, \quad (9.4)$$

Elektrostatik maydonning kuchlanganligi

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad (9.5)$$

Elektrostatik maydonlarning superpozitsiya prinsipi: nuqtaviy zaryadlar tizimining elektrostatik maydon kuchlanganligi alohida shu zaryadlarning kuchlanganligi yig'indisiga teng:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i, \quad (9.6)$$

Elektrostatik maydon kuchlanganligi vektori oqimi

$$\Phi = \int_S \vec{E} d\vec{S} = \int_S E_n dS, \quad (9.7)$$

Vakuumdagi elektrostatik maydon uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasi

$$\oiint_S \vec{E} d\vec{S} = \oiint_S E_n dS = \frac{\sum_i q_i}{\epsilon_0}, \quad (9.8)$$

bu erda $\sum_i q_i$ – S yuza o'rab olgan barcha zaryadlar yig'indisi.

Cheksiz cho'zilgan bir tekis zaryadlangan sirt hosil qilgan maydon kuchlanganligi,

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}, \quad (9.9)$$

Bir tekis qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan cheksiz cho'zilgan ikkita sirtlarning maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}, \quad (9.10)$$

Sfera markazidan r masofada R radiusli bir tekis zaryadlangan sferaning hosil qilgan maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2} = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0 r^2}, \quad (9.11)$$

Markazidan r masofada R radiusli bir tekis zaryadlangan sharning hosil qilgan maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}, \quad (9.12)$$

Ipdan r masofada bir tekis zaryadlangan cheksiz uzunlikdagi ipning hosil qilgan maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{\lambda}{r}, \quad (9.13)$$

Elektrostatik maydon kuchlanganligi vektorining sirkulyasiyasi

$$\oint_L \vec{E}_l dl = 0, \quad (9.14)$$

Silindr sirti o'qidan r masofada R radiusli bir tekis zaryadlangan cheksiz uzunlikli silindr sirti hosil qilgan maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0 r}, \quad (9.15)$$

Elektrostatik maydondagi nuqtaviy zaryadning boshqa nuqtaviy zaryaddagi potesial energiyasi

$$W_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r}, \quad (9.16)$$

Elektrostatik maydon potentsiali

$$\varphi = \frac{W_p}{q}, \quad (9.17)$$

Nuqtaviy zaryadga ta'sir qiluvchi kuch va uning elektrostatik maydondagi potensial energiyasi orasidagi bog'lanish:

$$\vec{F} = -\text{grad}W_p, \quad (9.18)$$

Berilgan nuqtadagi elektrostatik maydon potentsiali va kuchlanganligi orasidagi bog'lanish:

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi, \quad (9.19)$$

Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2), \quad (9.20)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

9.1. Qanday maydon elektrostatik maydon deb atiladi? Fazoda elektrostatik maydon mavjudligi qaysi dalillar bilan tasdiqlanadi? Kulon qonunini yozing va tushuntiring. Bir nechta zaryad hosil qilgan maydon sinov zaryadiga qanday teng ta'sir etuvchi kuch bilan ta'sir qiladi?

9.2. Nuqtaviy zaryadning muvozanatda bo'lish sharti nimada? Qanday shartlarda muvozanat mustahkam bo'ladi?

9.3. Elektrostatik maydon kuchlanganligi nima? Elektrostatik maydon kuchlanganligi vektori sirkulyatsiyasi nimaga teng? Maydon sirkulyatsiyasi nolga teng bo'lganda maydon vektori nimani bildiradi? Maydon superpozitsiyasi prinsipi nima? Bu usulni nuqtaviy zaryad hosil qilayotgan maydon kuchlanganligini hisoblashda qanday qo'llash mumkin?

9.4. Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadga ta'sir qilayotgan kuch bilan uning potensial energiyasi orasida qanday bog'lanish bor? Ikkita nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir potensial energiyasi nimaga teng?

9.5. Elektrostatik maydon potentsiali deb nimaga aytiladi? Maydonning ikkita nuqtasi orasidagi potentsiallar farqi nimaga teng? Bir potentsialga ega bo'lgan nuqtadan boshqa potentsialli nuqtaga zaryadni ko'chirish uchun qanday ish bajariladi?

9.6. Berilgan nuqtada elektr maydon potentsiali bilan kuchlanganligi orasida qanday bog'liqlik bor? Maydon potentsialini ifodasini bilgan holda kuchlanganlik o'zgarishi ifodasini topish mumkin? Ekvipotentsial sirtlar nima?

9.7. Elektrostatik maydon kuchlanganligi vektori oqimi nima? Berilgan sirt orqali kuchlanganlik vektori oqimini qanday hisoblash mumkin? Vakuumdagi elektrostatik maydon uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasini ifodalang. Istalgan yopiq sirt orqali vektor oqimi noldan farqli bo'lganda vektor maydon to'g'risida qanday ma'lumot to'g'risida so'z yuritish mumkin? Bir tekis zaryadlangan jismlarning elektr maydon kuchlanganligini hisoblashda Ostrogradskiy – Gauss teoremasining qo'llanilishi (cheksiz tekislik, zaryadlangan sfera, cheksiz uzun o'tkazgich va h.k.). Maydon kuchlanganligini hisoblashda qaysi hollarda Ostrogradskiy–Gauss teoremasi va qaysi hollarda superpozitsiya prinsipini qo'llash mumkin?

9.8. Agar elektrostatik maydon kuchlanganligining o'zgarish qonuni ma'lum bo'lsa, bu maydondagi ikki nuqta orasidagi potentsiallar farqi qanday aniqlanadi?

9.9. Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish nimaga teng? Qachon bu ish musbat va qachon manfiy bo'ladi? Zaryadni ko'chirishdagi ish bilan uning potensial energiyasi o'zgarishi orasida qanday bog'lanish bor?

9.10. Elektr maydon kuchlanganligini bilgan holda maydonga kiritilgan nuqtaviy zaryadga maydon tomondan ta'sir qilayotgan kuchni qanday aniqlash mumkin?

9.1 - masala. Boshqa zaryadlar hosil qilgan maydon q_1 zaryadga qanday kuch bilan ta'sir qilayotganini toping. Noma'lum kattaliklarni toping.

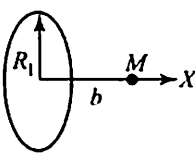
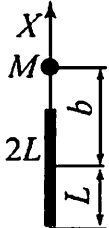

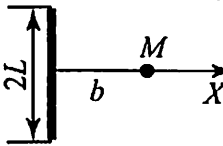
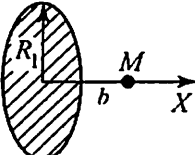
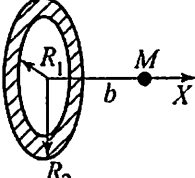
№	Zaryadlar sistemasi	a, cm	b, cm	c, cm	$q_1, 10^{-9} \text{ C}$	$q_2, 10^{-8} \text{ C}$	$q_3, 10^{-8} \text{ C}$	$q_4, 10^{-8} \text{ C}$	$q_5, 10^{-8} \text{ C}$
1		1	-	-	+1	+1	+1	+1	-
2		1				-1	+1	-1	
3		1				-1	-1	+1	
4		2				-1	+1	+1	
5		3	4	5	+1	+1	+2	-	-
6						+6	-4		
7						-3	-2		
8						-1	+6		
9		2	3	-	+1	-2	-2	-	-
10						-2	+2		
11						+1	+1		
12						+1	-1		
13		10	-	-	+1	+2	-5	-1	-2
14						-1	-1	+1	+1
15						+1	-1	+2	-3
16						-2	+3	-2	+4
17		4	-	-	+1	-1	+1	-1	-
18						+1	+3	+1	
19						+2	+2	-1	
20						-2	-2	-1	
21		2	-	-	+0, 1	-1	+1	-1	-
22						-1	-3	+1	
23						+1	+1	+1	
24						+1	+2	-1	

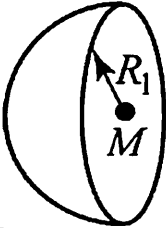
25		3	-	-	+0, 1	+1	-1	-1	-
26						+1	+4	-4	
27						+1	+1	+1	
28						-1	-5	+5	

9.2 - masala. Ikkita musbat nuqtaviy q_1 va q_2 zaryadlar bir biridan l masofada joylashtirilgan. Ikkita zaryadni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqda birinchi zaryaddan x masofada muvozanatda turadigan qilib q_3 zaryad kiritilgan. Noma'lum kattaliklarni toping. q_3 zaryad muvozanatda qolishi uchun uning ishorasi qanday bo'lishi kerak?

Topshiriq raqami	q_1, C	q_2, C	l, m	x, m
1	?	$4 \cdot 10^{-9}$	0.6	0.2
2	$4.5 \cdot 10^{-9}$?	0.5	0.3
3	q_1	$4 q_1$?	0.2
4	$0.25 q_2$	q_2	1.0	?
5	?	$8 \cdot 10^{-9}$	1.2	0.4
6	$9 \cdot 10^{-8}$?	0.6	0.3
7	q_1	$2 q_1$?	0.5
8	$0.4 q_2$	q_2	2.0	?
9	?	$6 \cdot 10^{-9}$	0.3	0.2
10	$1.2 \cdot 10^{-10}$?	0.9	0.4
11	$0.5 q_2$	q_2	?	0.3
12	q_1	$2 q_1$	1.0	?
13	?	$7 \cdot 10^{-9}$	0.5	0.2
14	$1.6 \cdot 10^{-9}$?	0.8	0.4
15	q_1	$8 q_1$?	0.1
16	$0.25 q_2$	q_2	2.0	?
17	?	$1.2 \cdot 10^{-10}$	0.8	0.4
18	$8 \cdot 10^{-9}$?	0.7	0.2
19	$0.2 q_2$	q_2	?	0.1
20	q_1	$4 q_1$	1.0	?
21	?	$9 \cdot 10^{-8}$	0.4	0.1
22	$3.6 \cdot 10^{-9}$?	1.0	0.6
23	$0.4 q_2$	q_2	?	0.2
24	q_1	$6 q_1$	0.1	?
25	?	$1.6 \cdot 10^{-10}$	0.7	0.3
26	$6 \cdot 10^{-9}$?	0.8	0.2
27	q_1	$4 q_1$?	0.4
28	$0.2 q_2$	q_2	2.0	?

9.3 - masala. q musbat zaryad elektrostatik maydon hosil qiladi: bu zaryad radiusi R_1 (R_1 yupqa xalqa uchun kichik radius, R_2 katta radius) va uzunligi $2L$ bo'lgan jismda teng taqsimlangan. Jism markazidan o'tuvchi o'qdan b masofada yotgan M nuqtadagi maydon kuchlanganligini toping.

№	Maydon nuqtasidagi kuchlanganliklarni aniqlash	q, C	R_1, m	R_2, m	L, m	b	
1		10^{-9}	0,1	-	-	0,05	
2						0,10	
3						0,15	
4						0,20	
5		$5 \cdot 10^{-10}$	-	-	0,1	0,15	
6						0,20	
7						0,25	
8						0,30	
9		10^{-10}	0,05	-	-	0	
10							0,10
11							0,15
12							0,20
13		$5 \cdot 10^{-10}$	-	-	0,1	0,05	
14						0,10	
15						0,15	
16						0,20	
17		10^{-9}	0,1	-	-	0,05	
18						0,10	
19						0,15	
20						0,20	
21		$3 \cdot 10^{-10}$	0,05	0,1	-	0,05	
22						0,10	
23						0,15	
24						0,20	

25		Zaryadlanga n sfera markazida	10^{-9}	0,05	-	-	0
26				0,10			
27				0,15			
28				0,20			

9.4 - masala. Zaryadlangan zarracha v tezlik bilan harakatlanmoqda. U berilgan element atomi yadrosiga qanday eng kichik masofagacha yaqinlashishi mumkin? Atom yadrolari zaryadi $Z \cdot e$ ga teng, bu erda Z – atomning elementlar davriy tizimidagi tartib raqami, e – elektronning zaryadi.

Topshiriq raqami	Zarracha	Element	v , m/s
1	Proton	H	$2 \cdot 10^5$
2		Al	$3 \cdot 10^5$
3		Cu	10^6
4		He	$2 \cdot 10^6$
5	α -zarracha	Al	$5 \cdot 10^5$
6		Cu	10^6
7		He	10^5
8		Zn	$5 \cdot 10^5$
9	Proton	B	$5 \cdot 10^4$
10		Ne	$1.5 \cdot 10^5$
11		Li	$1.2 \cdot 10^5$
12		C	$3 \cdot 10^5$
13	Proton	Be	10^5
14		Ar	$8 \cdot 10^4$
15		Na	$3 \cdot 10^4$
16		Cl	$2 \cdot 10^4$
17	α -zarracha	H	$1,7 \cdot 10^5$
18		N	$4 \cdot 10^5$
19		C	$2,5 \cdot 10^5$
20		Si	$1,2 \cdot 10^6$
21	α -zarracha	Fe	$3 \cdot 10^6$
22		Ca	$8 \cdot 10^5$
23		Hg	$2 \cdot 10^6$
24		Na	$4 \cdot 10^5$
25	Proton	N	$1,3 \cdot 10^6$
26		Ag	10^5
27		O	$5 \cdot 10^5$
28		Ca	$6 \cdot 10^5$

9.5 - masala. Bir biridan d masofada joylashgan ikkita parallel plastinka elektr maydoni hosil qiladi. Ular orasidagi potentsiallar ayirmasi $\Delta\phi$ ga teng. Zaryadlangan zarracha kuch chiziqlari bo'ylab Δr masofani o'tib, maydon ta'sirida v tezlikka erishadi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Zarracha	d, cm	$\Delta\phi, \text{V}$	$\Delta r, \text{cm}$	$v, \text{m/s}$
1	α -zarracha	?	100,4	4	80 000
2		1	?	0,8	40 000
3		10	1 570	?	300 000
4		2	120	1	?
5	Proton	?	149	3,5	100 000
6		18	?	12	400 000
7		40	5 800	?	1 000 000
8		3	50	2	?
9	Elektron	?	83,4	1,5	2 000 000
10		10	?	0,5	800 000
11		7	332	?	10 000 000
12		16	410	9	?
13	α -zarracha	?	244	3	100 000
14		9	?	8	200 000
15		12	307,5	?	70 000
16		8	83,7	2,5	?
17	Proton	?	44,5	3	80 000
18		4	?	0,3	50 000
19		11	574	?	300 000
20		6	78,3	4	?
21	Elektron	?	1 290	15	20 000 000
22		3	?	1,2	6 000 000
23		50	4 740	?	40 000 000
24		13	1 344	11	?
25	α -zarracha	?	52,7	5	60 000
26		20	?	16	400 000
27		5	313,8	?	9 000
28		15	353	10	?

7.6 - masala. Raqsimangan zaryalar tizimi nosii qigan elektr maydonda elektrostatik maydon potentsiali φ quyidagi qonun bilan $\varphi = f(x, y, z)$. x_1, y_1, z_1 o'zgaradi. Nuqtalardagi maydon kuchlanganliklarini toping?

Topshiriq raqami	$\varphi = f(x, y, z)$ o'zgarish tenglamasi	O'zgarma kattaliklar		x_1, m	y_1, m	z_1, m
		a	b			
1	$\varphi = \frac{x^2}{a} + \frac{y^2 + z^2}{b}$	$5 \text{ m}^2/\text{V}$	$8 \text{ m}^2/\text{V}$	1	1	1
2				2	2	2
3				2	0	0
4				0	2	0
5	$\varphi = ax + b$	7 V/m	12 V	1	1	1
6				2	1	2
7				3	2	1
8				4	1	2
9	$\varphi = -\frac{1}{a}(x^2 + y^2 + z^2)$	$4 \text{ m}^2/\text{V}$	-	2	2	2
10				1	1	1
11				1	0	0
12				1	1	0
13	$\varphi = a - bz$	1 V	5 V/m	4	2	0
14				3	1	1
15				2	2	2
16				1	1	3
17	$\varphi = a(x^2 + y^2) + b$	4 V/m^2	3 V/m^2	4	4	1
18				2	2	2
19				2	2	1
20				1	1	1
21	$\varphi = a(x^2 + y^2) - b$	6 V/m^2	2 V/m^2	2	1	2
22				2	2	1
23				1	1	1
24				2	1	3
25	$\varphi = ay - b$	9 V/m	4 V	1	1	1
26				2	2	2
27				1	3	0
28				2	4	1

9.7 - masala. Tekis zaryadlangan jismning $s = ab$ maydoncha orqali hosil qilayotgan elektrostatik maydon kuchlanganligi vektori oqimini toping? Bu maydoncha birinchi jism markazidan r_1 masofada va ikkinchi jismdan shunday r_2 masofada joylashganki birinchi jism markazidan ikkinchi jismga o'tkazilgan perpendikulyar bilan maydonchaga o'tkazilgan normal α burchak tashkil qiladi. a va b lar r_1 va r_2 dan ancha kichik.

Topshiriq raqami	Birinchi jism	Ikkinchi jism	S, cm^2	α, grad	r_1, m	r_2, m
1	Nuqtaviy zaryad $q = +5 \cdot 10^{-9} \text{C}$	Cheksiz tekislik $\lambda = -2 \cdot 10^{-8} \text{C/m}$	2	45	0,5	2
2					1,0	1,5
3					1,5	1,0
4					2,0	0,5
5	Nuqtaviy zaryad $q = +10^{-8} \text{C}$	Cheksiz tekislik $\sigma = -5 \cdot 10^{-9} \text{C/m}^2$	4	0	0,5	1,5
6				30		
7				45		
8				60		
9	Nuqtaviy zaryad $q = -4 \cdot 10^{-8} \text{C}$	Cheksiz uzun silindrik truba, $r = 2 \text{cm},$ $\sigma = +6 \cdot 10^{-8} \text{C/m}^2$	9	0	2,0	1,0
10				30		
11				45		
12				60		
13	Sfera, $r = 3 \text{cm},$ $\sigma = -10^{-6} \text{C/m}^2$	Cheksiz o'tkazgich $\lambda = +9 \cdot 10^{-10} \text{C/m}$	2	30	3,0	1,5
14			4			
15			6			
16			8			
17	Sfera, $r = 4 \text{cm},$ $\sigma_1 = +2 \cdot 10^{-6} \text{C/m}^2$	Cheksiz tekislik $\sigma_2 = -3 \cdot 10^{-7} \text{C/m}^2$	1	60	0,2	0,8
18					0,4	0,6
19					0,6	0,4
20					0,8	0,2
21	Cheksiz o'tkazgich, $\lambda = -3 \cdot 10^{-8} \text{C/m}$	Cheksiz tekislik $\sigma = +2 \cdot 10^{-9} \text{C/m}^2$	3	60	1,5	0,5
22				45		
23				30		
24				0		
25	Cheksiz o'tkazgich $\lambda = +10^{-7} \text{C/m}$	Chekchiz uzun silindrik truba, $r = 3 \text{cm}$ $\sigma = -4 \cdot 10^{-7} \text{C/m}^2$	2	45	1,0	2,0
26			3			
27			4			
28			5			

9.8 - masala. Elektr maydoni tekis zaryadlangan chiziqi λ , sirtiy σ yoki hajmiy ρ zaryad zichligi orqali hosil qilingan. Zaryadlangan jismdan r_1 va r_2 masofada joylashgan ikkita nuqta orasidagi potentsiallar ayirmasi $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ ni toping. Guruhlar potentsiallar farqini $\Delta r_1 = r_2 - r_1$ nuqtalar orasidagi masofaga bog'liqlik grafigini chizsin.

Topshiriq raqami	Zaryadlangan jism	λ , C/m	σ , C/m ²	ρ , C/m ³	r_1 , cm	r_2 , cm
1	Cheksiz tekislik	-	$+2 \cdot 10^{-8}$	-	5	10
2					10	15
3					15	20
4					20	25
5	Cheksiz uzun o'tkazgich	$+4 \cdot 10^{-9}$	-	-	1	2
6					2	3
7					3	4
8					4	5
9	Sfera Radiusi $R = 3$ cm	-	$+6 \cdot 10^{-8}$	-	2	4
10					4	6
11					6	8
12					8	10
13	Chekchiz uzun silindrik truba, Radiusi $R = 5$ cm	-	$+10^{-8}$	-	10	20
14					20	30
15					30	40
16					40	50
17	Chekchiz uzun silindrik truba, Radiusi $R = 5$ cm	-	-	$+3 \cdot 10^{-7}$	10	20
18					20	30
19					30	40
20					40	50
21	Har xil zaryadlangan ikkita parallel tekislik	-	$+5 \cdot 10^{-8}$	-	2	4
22					4	6
23					6	8
24					8	10
25	Shar, Radiusi $R = 1$ cm	-	-	$+7 \cdot 10^{-6}$	1	2
26					2	3
27					3	4
28					4	5

9.9 - masala. Elektr maydoni tekis zaryadlangan chiziqli λ , sirtiy σ yoki hajmiy ρ zaryad zichligi orqali hosil qilingan. q' nuqtaviy musbat sinov zaryadini zaryadlangan jismdan r_1 masofada joylashgan nuqtadan r_2 masofadagi nuqtaga ko'chirishda qanday ish bajarilishini toping.

Topshiriq raqami	Zaryadlangan jism	λ , C/m	σ , C/m ²	ρ , C/m ³	q' , C	r_1 , cm	r_2 , cm	
1	Zaryadlangan sfera, radiusi R = 10 cm	-	$+3 \cdot 10^{-7}$	-	10^{-9}	25	5	
2							15	
3							35	
4							45	
5	Shar, radiusi R = 10 cm	-	-	$+2 \cdot 10^{-6}$	10^{-9}	20	50	
6								$+5 \cdot 10^{-6}$
7								
8								
9	Cheksiz o'tkazgich	$+10^{-6}$	-	-	10^{-8}	50	30	
10								40
11								20
12								10
13	Chekchiz uzun silindrik truba, radiusi R = 5 cm	-	-	$+4 \cdot 10^{-6}$	10^{-8}	15	5	
14							10	
15							20	
16							30	
17	Nuqtaviy zaryad Zaryadi $q = -6 \cdot 10^{-7}$ C	-	-	-	10^{-10}	10	5	
18								8
19								6
20								4
21	Chekchiz uzun silindrik truba, radiusi R = 2 cm	-	$+10^{-6}$	-	10^{-7}	2	6	
22			$+5 \cdot 10^{-6}$					
23			$+10^{-5}$					
24			$+5 \cdot 10^{-5}$					
25	Har xil zaryadlangan ikkita parallel tekislik	-	$5 \cdot 10^{-5}$	-	10^{-8}	2	4	
26							8	
27							12	
28							16	

9.10 - masala. Elektr maydoni tekis zaryadlangan chiziqi λ , sirtiy σ yoki hajmiy ρ zaryad zichligi orqali hosil qilingan. Zaryadlangan jismdan d masofada massasi m bo'lgan kichik sharcha cho'zilmas va uzunligi l bo'lgan ipga osilgan. Agar sharchaga musbat q' zaryad berilsa, sharcha osilgan ip α burchakka og'adi. q' ni nuqtaviy deb hisoblab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Zaryadlangan qo'zg'almas jism	m, g	q', C	l, m	d, cm	$\alpha, grad$
1	Vertikal joylashgan zaryadlangan cheksiz uzun silindr $R = 3 \text{ cm}; \rho = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^3$?	$2 \cdot 10^{-6}$	1.2	6	10
2		50	?	0.8	4	15
3		25	10^{-5}	?	5	30
4		10	$3 \cdot 10^{-6}$	0.3	?	20
5	Vertikal joylashgan zaryadlangan cheksiz uzun silindr $R = 4 \text{ cm}; \sigma = 10^{-5} \text{ C/m}^2$?	$5 \cdot 10^{-7}$	0.7	4	20
6		30	?	0.5	5	15
7		16	10^{-7}	?	3	10
8		20	$2 \cdot 10^{-7}$	1.5	?	5
9	Zaryadlangan shar, markaziga q' zaryad joylashtirilgan. $R = 4 \text{ cm}; \rho = ?$	12	$4 \cdot 10^{-5}$	1.0	6	25
10		35	$2 \cdot 10^{-5}$	0.6	2	20
11		18	10^{-5}	1.3	8	15
12		40	$5 \cdot 10^{-5}$	0.4	10	10
13	Vertikal joylashgan zaryadlangan cheksiz tekislik, $\sigma = 3,16 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$	20	$4 \cdot 10^{-7}$	1,0	4	?
14			$4 \cdot 10^{-7}$	0,5	7	?
15			10^{-7}	0,2	1	?
16			10^{-6}	0,7	9	?
17	Har xil zaryadlangan ikkita cheksiz parallel tekislik $\sigma = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$	9	?	1.5	12	10
18		18	?	0.8	3	20
19		?	$9 \cdot 10^{-8}$	0.3	4	10
20		?	$3 \cdot 10^{-7}$	0.9	8	20
21	Zaryadlangan sfera, markaziga q' zaryad joylashtirilgan. $R = 8 \text{ cm}; \sigma = 6 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$	26	?	0.4	2	15
22		?	10^{-7}	1.1	10	20
23		15	?	1.3	5	25
24		?	$6 \cdot 10^{-6}$	0.6	1	30
25	Vertikal joylashgan zaryadlangan cheksiz uzun o'tkazgich. $\lambda = 10^{-6} \text{ C/m}$?	$5 \cdot 10^{-8}$	1.2	14	5
26		17	?	0.5	6	10
27		16	$3 \cdot 10^{-7}$?	2	15
28		22	$5 \cdot 10^{-7}$	0.3	?	20

10 – mavzu. Dielektrikda elektrostatik maydon. Elektrostatik maydonda o‘tkazgichlar
Asosiy qonunlar va ifodalar

Qutbli molekulaning xususiy dipol momenti

$$\vec{p} = q\vec{l}, \quad (10.1)$$

Qutbsiz molekulaning qutblanuvchanligi:

$$\beta = \frac{|\vec{p}_i|}{\varepsilon_0 |\vec{E}|}, \quad (10.2)$$

bu erda p_i – qutbsiz molekulaning induksiyalangan dipol momenti.

Dielektrikning qutblanganligi

$$\vec{P} = \frac{\sum \vec{p}_i}{\Delta V}, \quad (10.3)$$

Moddaning dielektrik qabul qiluvchanligi

$$\varkappa = \beta n, \quad (10.4)$$

bu erda n – molekular konsentrasiyasi.

Moddaning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}, \quad (10.5)$$

Dielektrikning dielektrik qabul qiluvchanligi va nisbiy dielektrik singdiruvchanligi orasidagi bog‘lanish:

$$\varepsilon = 1 + \varkappa, \quad (10.6)$$

Qutblanganlik vektori oqimi va elektr maydon kuchlanganligi orasidagi bog‘lanish:

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \varkappa \vec{E}, \quad (10.7)$$

Istalgan yopiq sirtidan o‘tgan qutblanganlik vektori oqimi

$$\oiint_S \vec{P} d\vec{S} = \oiint_S P_n dS = -\sum_i q_{i_{\text{int}}}, \quad (10.8)$$

bu erda $\sum_i q_{i_{\text{int}}}$ – S sirt o‘rab oladigan bog‘langan zaryadlar yig‘indisi

Elektr ko‘chish vektori

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}, \quad (10.9)$$

Dielektrikdagi elektrostatik maydon uchun Ostrogradskiy – Gauss teoremasi:

$$\oiint_S \vec{D} d\vec{S} = \oiint_S D_n dS = -\sum_i q_{i_{\text{int}}}, \quad (10.10)$$

bu erda $\sum_i q_{i_{\text{int}}}$ – S sirt orab oladigan erkin zaryadlar yig‘indisi.

Elektr ko‘chish vektori bilan elektr maydon kuchlanganligi orasidagi bog‘lanish:

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}, \quad (10.11)$$

ε_1 va ε_2 dielektrik singdiruvchanlikka ega bo‘lgan ikki dielektrik chegarasidagi E elektr maydon kuchlanganligi va D elektr ko‘chish vektorining normal va tangensial tashkil etuvchilarining nisbati :

$$E_{r_1} = E_{r_2}, \quad D_{n_1} = D_{n_2}, \quad (10.12)$$

$$\frac{E_{n_1}}{E_{n_2}} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}, \quad \frac{D_{r_1}}{D_{r_2}} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2},$$

bu erda τ – indeks \vec{E} va \vec{D} vektorlarning tangensial tashkil etuvchisiga, n – indeks normal tashkil etuvchisiga tegishlidir.

Elektr ko‘chish chiziqlarining sinish qonuni:

$$\frac{\text{tg}\alpha_1}{\text{tg}\alpha_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (10.13)$$

bu erda α_1 – D_1 vektor yo‘nalishi va ikkita dielektriklar chegarasiga normallar orasidagi burchak; α_2 – D_2 vektor yo‘nalishi va dielektriklar chegarasiga normallar orasidagi burchak.

Yakkalangan o'tkazgich elektr sig'imi

$$C_y = \frac{q}{\varphi}, \quad (10.14)$$

Yakkalangan o'tkazgichli sharning elektr sig'imi

$$C_{sh} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R, \quad (10.15)$$

O'tkazgich yaqinidagi maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}, \quad (10.16)$$

O'tkazgichning sirtiy zaryad zichligi va sirt yaqinidagi elektr ko'chish orasidagi bog'lanish:

$$\sigma = D, \quad (10.17)$$

Yakkalangan zaryadlangan o'tkazgichning energiyasi

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{\varphi q}{2} = \frac{C\varphi^2}{2}, \quad (10.18)$$

Kondensator elektr sig'imi

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2}, \quad (10.19)$$

Yassi kondensatorning elektr sig'imi

$$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}, \quad (10.20)$$

Kondensator elektr maydon energiyasi

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2}, \quad (10.21)$$

Elektr maydon energiyasining hajmiy zichligi

$$\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2}, \quad (10.22)$$

Parallel ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imi

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n, \quad (10.23)$$

Ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imini hisoblash ifodasi:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}, \quad (10.24)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

10.1. Qanday dielektrlarni bilasiz? Qutblanishning qaysi turlarini bilasiz? Molekulaning dipol momenti deb nimaga aytiladi? Molekulaning qutblanishi nima? Moddaning dielektrik qabul qiluvchanligi nima? Moddaning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi nimani belgilaydi? Dielektrik qabul qiluvchanlik va nisbiy dielektrik singdiruvchanliklar orasida qanday bog'lanish bor?

10.2. Dielektrikda maydon kuchlanganligi nimaga teng? Nima uchun ular har xil dielektriklar uchun har xil bo'ladi? Dielektrikning qutblanganligi nima? Ixtiyoriy yopiq sirt orqali o'tayotgan qutblanganlik vektori oqimi nimaga teng? Qutblanishda dielektrik chegarasida paydo bo'ladigan bog'langan zaryadlar zichligi nimaga teng? Elektr siljish vektori deb nimaga aytiladi?

10.3. Dielektrlarda elektrostatik maydon uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasini ifodalang. Qaysi zaryadlar vakuumdagi elektrostatik maydon uchun, qaysilari dielektrikdagi maydon uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasida ishlatilishini tushuntiring. Yopiq sirt orqali o'tayotgan qutblanish vektori oqimini hisoblashda qanday zaryadlar hisobga olinadi? Elektrostatik maydon kuchlanganligi chiziqlarida, elektr ko'chish chiziqlarida, qutblanganligi chiziqlarida qanday zaryaddan boshlanib qanday zaryadda tugaydi?

10.4. Ikkita dielektrik chegarasida elektr maydon va elektr ko'chish kuchlanganligi vektorlarining normal va tangensial tashkil

etuvchilari uchun qanday tengliklar bajarilishini tushuntiring. Elektr siljish chiziqlarining sinish qonunini yozing.

10.5. O'tkazgichda zaryad qanday taqsimlanadi? O'tkazgichda zaryadlarning muvozanatda bo'lish shartini ayting. Tasvirlarning oynali usuli nimaga asoslanadi?

10.6. Yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi deb nimaga aytiladi? Yakkalangan o'tkazgichli sharning elektr sig'imi nimaga teng? O'tkazgich sirti yaqinida kuchlanganlik nimaga teng? O'tkazgichning sirt zichligi bilan uning sirti yaqinidagi elektr siljish orasida qanday bog'lanish bor? Yakkalangan o'tkazgich energiyasi nimaga teng?

10.7. Har xil potentsialli ikkita yoki undan ortiq o'tkazgichlar ulanganda zaryad taqsimoti to'xtashi uchun qanday shart bajarilishi kerak? Bunda qanday ish bajariladi?

10.8. Kondensatorning elektr sig'imi deb nimaga aytiladi? Yassi kondensatorning elektr sig'imi nimaga teng? Kondensator energiyasi qaysi ifoda orqali aniqlanadi? Razryadda kondensatorning energiyasi nimaga sarf bo'ladi?

10.9. Kondensator qoplamalari orasiga yassi parallel dielektrikdan yasalgan plastinka kiritilsa kondensatorning elektr sig'imi nimaga teng bo'ladi (plastinka qalinligi kondensator qoplamalari orasidagi masofaga teng, yuzasi esa qoplamalar yuzasidan kichik)? Kuchlanish manbaidan uzilgan kondensator qoplamalari orasidagi masofani qo'shimcha orttirish uchun qanday ish bajarilishi kerak bo'ladi?

10.10. Parallel ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imi nimaga teng? Ketma-ket ulangandachi?

10.1 - masala. Gazning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi uning temperaturasi $T = 300 \text{ K}$ va bosimi p bo'lganda ϵ ga, shu sharoitdagi gaz molekularining qutblanganligi β ga teng. E kuchlanganlikli elektr maydonda molekularning dipol momenti p_i ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshir iq raqami	$p, \text{ Pa}$	ϵ	$\beta, \text{ C}\cdot\text{m}^2/\text{V}$	$r_i, \text{ C}\cdot\text{m}$	$E, \text{ kV/m}$
1	10^5	1,00054	?	?	10
2	?	1,002	?	$2,93 \cdot 10^{-36}$	14
3	$4 \cdot 10^6$?	$4,14 \cdot 10^{-29}$?	5
4	$7 \cdot 10^5$	1,008	?	$2,93 \cdot 10^{-36}$?
5	$6 \cdot 10^6$?	?	$4,58 \cdot 10^{-36}$	25
6	?	1,015	$3,1 \cdot 10^{-29}$?	6
7	$4 \cdot 10^5$	1,003	?	?	12
8	?	1,0008	?	$1,32 \cdot 10^{-36}$	9
9	$4 \cdot 10^5$	1,006	?	$1,32 \cdot 10^{-35}$?
10	?	1,01	$2,76 \cdot 10^{-29}$	$1,46 \cdot 10^{-36}$?
11	$6 \cdot 10^5$?	$5,52 \cdot 10^{-29}$	$6,84 \cdot 10^{-36}$?
12	$7 \cdot 10^5$?	$5,91 \cdot 10^{-29}$?	7
13	$3 \cdot 10^5$	1,0009	?	$1,32 \cdot 10^{-36}$?
14	?	1,02	?	$4,4 \cdot 10^{-36}$	18
15	$8 \cdot 10^5$?	?	$1,03 \cdot 10^{-35}$	15
16	?	1,005	$4,14 \cdot 10^{-29}$	$7,33 \cdot 10^{-36}$?
17	$2 \cdot 10^6$?	$4,14 \cdot 10^{-29}$	$3,66 \cdot 10^{-36}$?
18	$2 \cdot 10^5$	1,0007	?	?	22

19	?	1,025	$2,59 \cdot 10^{-29}$?	16
20	$9 \cdot 10^5$?	?	$7,33 \cdot 10^{-36}$	9
21	$3 \cdot 10^6$?	$4,83 \cdot 10^{-29}$	$6,41 \cdot 10^{-36}$?
22	$5 \cdot 10^6$?	$4,14 \cdot 10^{-29}$?	10
23	$5 \cdot 10^5$	1,004	?	$2,34 \cdot 10^{-36}$?
24	?	1,0072	$4,97 \cdot 10^{-29}$	$5,72 \cdot 10^{-36}$?
25	$4 \cdot 10^6$?	?	$1,19 \cdot 10^{-35}$	26
26	?	1,001	?	$1,95 \cdot 10^{-36}$	16
27	?	1,03	$2,76 \cdot 10^{-29}$?	8
28	10^6	1,009	?	?	20

10.2 - masala. Maydon kuchlanganligi E_0 bo'lgan bi. jinsli maydonga bir jinsli va izotrop nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan yassi plastinka kiritilgan. Plastinka qirralari bir jinsli E_0 elektr maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar. Dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligi E ga, elektr siljish D ga, dielektrikning qutblanganligi P ga teng. Dielektrik qirralaridagi zaryadning sirtiy zichligi σ' . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$E_0, \text{V/m}$	ϵ	$E, \text{V/m}$	$D, \text{C/m}^2$	$P, \text{C/m}^2$	$\sigma', \text{C/m}^2$
1	100	2	?	?	?	?
2	?	2,6	120	?	?	?
3	?	?	?	$1,24 \cdot 10^{-9}$?	$8,85 \cdot 10^{-10}$
4	?	?	80	?	$2,2 \cdot 10^{-9}$?
5	?	3,0	?	?	$7,965 \cdot 10^{-10}$?
6	126	?	45	?	?	?
7	?	2,2	?	$1,56 \cdot 10^{-9}$?	?
8	204	?	?	?	$1,275 \cdot 10^{-9}$?
9	?	?	35	$1,36 \cdot 10^{-9}$?	?
10	?	4,0	?	?	?	$6,64 \cdot 10^{-10}$
11	?	3,6	?	$2,39 \cdot 10^{-9}$?	?
12	?	?	60	?	?	$7,08 \cdot 10^{-10}$
13	?	?	?	$1,06 \cdot 10^{-9}$	$6,195 \cdot 10^{-10}$?
14	430	?	?	?	?	$2,92 \cdot 10^{-9}$
15	180	6	?	?	?	?
16	?	3,4	80	?	?	?
17	?	?	?	$7,43 \cdot 10^{-10}$?	$4,78 \cdot 10^{-10}$
18	?	?	40	?	$1,06 \cdot 10^{-9}$?
19	?	3,5	?	?	$9,29 \cdot 10^{-10}$?
20	266	?	70	?	?	?
21	?	4,2	?	$1,3 \cdot 10^{-9}$?	?
22	297	?	?	?	$1,655 \cdot 10^{-9}$?
23	?	?	90	$2,55 \cdot 10^{-9}$?	?
24	?	2,5	?	?	?	$9,3 \cdot 10^{-10}$
25	?	4,2	30	?	?	?
26	?	?	50	?	?	$7,08 \cdot 10^{-10}$
27	?	?	?	$1,17 \cdot 10^{-9}$	$8,14 \cdot 10^{-10}$?
28	540	?	?	?	?	$3,72 \cdot 10^{-9}$

10.3 - masala. Bitta yoki ikkita jism (cheksiz uzun o'tkazgichlar va silindrlar, cheksiz tekislik, sfera) chiziqli zichlik λ yoki sirtiy zaryad zichligi σ bilan bir tekis zaryadlangan bitta yoki ikkita jism (cheksiz uzun o'tkazgichlar va silindrlar, cheksiz tekislik, sfera) dielektrik singdiruvchanligi ϵ_1 va ϵ_2 bo'lgan ikkita dielektrikda elektrostatik maydon hosil qiladi. Birinchi va ikkinchi dielektriklardan mos ravishda R_1 va R_2 masofada bo'lgan nuqtalardagi (sfera, silindr, o'tkazgich, tekislik markazidan) maydon kuchlanganligini toping.

Topshiri q raqami	Jismlar sistemasi	ϵ_1	ϵ_2	r_1 , cm	r_2 , cm	R_1 , cm	R_2 , cm
1	Dielektrik uzun brus silindrik o'qi bo'ylab r_1 radiusli tirqishdan o'tgan zaryadlangan uzun tola ($\lambda = +4 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}$)	1	2,6	2	-	1,8	2,2
2				1,5		1	2
3				6		4	6,5
4				1		0,5	1,3
5	Sirtiy zaryadlangan ($\sigma = +5 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$) r_1 radiusli sharcha r_2 radiusli dielektrikdagi suyuqlik bilan to'ldirilgansferik bo'shliq markazida	81	6	1,5	4	2	5
6				1	2,5	1,5	3
7				2	3,5	3	4
8				0,5	2	1	3
9	Atorofida turli dielektriklar bo'lgan cheksiz uzunlikdagi zaryadlangan ($\sigma = +2 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$) yuza	1	6	-	-	5	5
10		81	4,5			2	20
11		2,6	7			10	4
12		2,6	81			15	3
13	Sirt zichligi ($\sigma =$ $+10^{-8} \text{ C/m}^2$) bo'lgan	1	6	0,8	1,8	1	2
14				1,5	2,2	1,6	2,5

15	uzun zaryadlangan r_1 radiusli trubka qalin devorli r_2 radiusi bo'lgan boshqa truba ichida markaziy o'qlari bir xil bo'lib joylashgan.			1,2	1,7	1,5	2,0
16				2,0	2,9	2,4	3,0
17	Ikkita turli ishorali zaryadlangan o'zaro parralel cheksiz tekisliklarning zaryad zichliklari ($\sigma = +6 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$) ga teng. Ular orasida ikki qavatli r_1 va r_2 o'lchamlikdagi dielektrik mavjud	1	4	5	3	3	7
18		6	81	2	8	1	6
19		2,6	6	3	4	2	5
20		1	2,6	6	6	4	10
21	Ikkita konsentrik radiuslari mos ravishda r_1 va r_2 bo'lgan sirt zichligi ($\sigma = 8 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$) metall sferalar orasi dielektrik bilan to'ldirilgan.	1	2	2	4	1	3
22			2,6	7	9	5	8
23			5	5	8	3	7
24			6	3	6	2	4
25	Ikkita cheksiz uzun koaksial sirt zichligi ($\sigma = 2 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$), radiuslari r_1 i r_2 bo'lgan silindrlar orasi dielektrik bilan to'ldirilgan.	1	2	3	4	2	3,5
26			2,6	1	3	0,5	2
27			5	2	5	1	4
28			6	4	6	3	5

10.4 - masala. Ikkita dielektrikning bo'linish chegarasida birinchi dielektrikdagi D_1 elektr siljish vektori bo'linish chegarasiga o'tkazilgan normal bilan α_1 burchak hosil qiladi, ikkinchi dielektrikdagi D_2 elektr siljish vektori esa α_2 burchak hosil qiladi. Dielektrik singdiruvchanliklar nisbati ϵ_1/ϵ_2 . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$D_1, \text{C/m}^2$	$D_2, \text{C/m}^2$	α_1, grad	α_2, grad	ϵ_1/ϵ_2
1	?	$2 \cdot 10^{-9}$?	30	0,33
2	$4 \cdot 10^{-8}$?	60	?	?
3	?	$4 \cdot 10^{-8}$	53	24	?
4	$3 \cdot 10^{-9}$?	?	5	6,3
5	?	$2 \cdot 10^{-8}$	15	?	0,5
6	$4 \cdot 10^{-9}$?	26	10	?
7	?	$5 \cdot 10^{-9}$?	25	4,6
8	$6 \cdot 10^{-9}$?	7,5	?	3,5
9	?	$8 \cdot 10^{-9}$	60	16	?
10	$3 \cdot 10^{-9}$?	?	9	7
11	?	$8 \cdot 10^{-10}$	50	?	2,6
12	$2 \cdot 10^{-8}$?	54	40	?
13	?	$3 \cdot 10^{-9}$?	5	6,5
14	$9 \cdot 10^{-10}$?	12	?	0,25
15	?	$5 \cdot 10^{-9}$	70	36	?
16	10^{-8}	?	?	12	2
17	?	$9 \cdot 10^{-10}$	40	?	12
18	$7 \cdot 10^{-9}$?	66	18	?
19	?	$6 \cdot 10^{-9}$?	32	0,2
20	$5 \cdot 10^{-8}$?	30	?	4,3
21	?	$3 \cdot 10^{-8}$	10	34	?
22	$8 \cdot 10^{-10}$?	?	55	0,13
23	?	$7 \cdot 10^{-9}$	45	?	2,5
24	$5 \cdot 10^{-9}$?	58	28	?
25	?	$9 \cdot 10^{-9}$?	10	4
26	$2 \cdot 10^{-9}$?	45	?	2,3
27	?	$4 \cdot 10^{-9}$	28	4	?
28	$7 \cdot 10^{-10}$?	?	15	6

10.5 - masala. Zaryadlangan fizikaviy jismning zaryadi q , chiziqli zichligi λ va elektr momenti p va bu jism cheksiz metall tekislikdan l masofada joylashgan. Jism bilan tekislik orasidagi o'zaro ta'sir kuchi F . Noma'lum kattaliklarni toping. Guruhlar qo'shimcha tarzda ko'rsatilgan grafikarni chizsin.

Topshiri q raqami	Zaryadlangan jism	q, C	$\lambda, C/m$	$p, C \cdot m$	l, m	F, N	Grafik tuzing
1	Nuqtaviy zaryad	$2 \cdot 10^{-8}$	-	-	0,2	?	$F = f(l)$
2					0,4	?	
3					0,6	?	
4					0,8	?	
5	Cheksiz uzun o'tkazgich, parallel tekisliklar	-	?	-	0,2 5	$3,24 \cdot 10^{-3}$	$F = f(\lambda)$
6			?			$3,6 \cdot 10^{-6}$	
7			?			$2,3 \cdot 10^{-4}$	
8			?			$1,3 \cdot 10^{-4}$	
9	Elektr momentir bo'lgan tekislikka perpendikulyar nuqtaviy dipol	-	-	?	0,3	$4,17 \cdot 10^{-3}$	$F = f(p)$
10				?		$1,67 \cdot 10^{-4}$	
11				?		$6 \cdot 10^{-7}$	
12				?		$2 \cdot 10^{-5}$	
13	Nuqtaviy zaryad	$5 \cdot 10^{-8}$	-	-	?	$5,625 \cdot 10^{-4}$	$F = f(l)$
14					?	$9 \cdot 10^{-5}$	
15					?	$1,15 \cdot 10^{-5}$	
16					?	$2,25 \cdot 10^{-5}$	
17	Tekislikka	-	$3 \cdot 1$	-	0,3	?	$F = f(l)$

18	parallel cheksiz uzun o'tkazgich		0^{-8}		0,5	?	
19					0,4	?	
20					0,2	?	
21	Elektr momentir bo'lgan tekislikka perpendikulyar nuqtaviy dipol	-	-	$6 \cdot 10^{-9}$?	$3,11 \cdot 10^{-5}$	$F = f(l)$
22					?	$2,4 \cdot 10^{-4}$	
23					?	$4,75 \cdot 10^{-6}$	
24					?	$1,5 \cdot 10^{-5}$	
25	Nuqtaviy zaryad	?	-	-	0,3	$9 \cdot 10^{-5}$	$F = f(q)$
26		?				$2,5 \cdot 10^{-6}$	
27		?				$6,25 \cdot 10^{-5}$	
28		?				10^{-5}	

10.6 - masala. Nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan dielektrik bilan o'ralgan, radiusi r bo'lgan metall sharning zaryadi q va sirt zichligi σ ga teng. Sharning potentsiali ϕ , sig'imi – S va energiyasi W . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	r , cm	ϵ	q , C	σ , C/m ²	ϕ , V	S , pF	W , J
1	8	2,6	$5 \cdot 10^{-8}$?	?	?	?
2	?	4,05	?	$1,5 \cdot 10^{-6}$?	45	?
3	?	6,3	$8 \cdot 10^{-7}$?	?	60	?
4	?	81	?	?	1 600	?	$9 \cdot 10^{-4}$
5	10	3,5	?	$7 \cdot 10^{-7}$?	?	?
6	5	?	$3 \cdot 10^{-8}$?	1 800	?	?
7	?	?	?	$3 \cdot 10^{-6}$	2 300	?	$3 \cdot 10^{-5}$
8	6	?	$2 \cdot 10^{-7}$?	?	70	?
9	4	?	?	?	?	20	$6 \cdot 10^{-5}$
10	7	?	?	?	1 500	?	$2 \cdot 10^{-5}$
11	?	4,5	?	?	2 100	34	?
12	?	?	$9 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-6}$?	?	$5 \cdot 10^{-4}$
13	?	2,4	10^{-7}	?	?	?	$3 \cdot 10^{-4}$
14	20	?	$4 \cdot 10^{-7}$?	?	?	$2 \cdot 10^{-3}$
15	11	?	?	$5 \cdot 10^{-6}$?	120	?
16	?	6,5	$8 \cdot 10^{-8}$?	2 200	?	?
17	?	?	?	$9 \cdot 10^{-7}$	1 700	25	?
18	9	?	?	$2 \cdot 10^{-6}$?	?	$4 \cdot 10^{-4}$
19	8	?	?	?	2 400	50	?
20	?	?	$7 \cdot 10^{-8}$	10^{-6}	?	42	?
21	?	?	$9 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-7}$	2 000	?	?
22	?	6,0	?	?	?	30	$8 \cdot 10^{-5}$
23	12	?	?	$6 \cdot 10^{-7}$	1 400	?	?
24	10	?	$5 \cdot 10^{-8}$?	?	55	?
25	?	7,0	$3 \cdot 10^{-7}$	10^{-5}	?	?	?
26	?	?	?	$4 \cdot 10^{-6}$?	40	$7 \cdot 10^{-5}$
27	3	2,2	?	?	2 500	?	?
28	?	3,4	?	$8 \cdot 10^{-7}$	1 900	?	?

10.7 - masala. Radiuslari r_1 va r_2 bo'lgan ikkita yakkalangan metall sharchalar sig'imini hisobga olmasa ham bo'ladigan sim bilan bir-biriga ulangan. Birinchi sharchaning zaryadi razryadgacha q_1 , ikkinchi sharning potentsiali - φ_1 . Topshiriqni bajarang.

Topshiriq raqami	r_1 , cm	r_2 , cm	q_1 , C	φ_2 , kV	Aniqlansin
1	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilguncha birinchi sharning potentsiali
2	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
3	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
4	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
5	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilguncha ikkinchi sharning zaryadi
6	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
7	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
8	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
9	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilgandan keyin birinchi sharning potentsiali va zaryadi
10	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
11	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
12	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
13	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilgandan keyin ikkinchi sharning potentsiali va zaryadi
14	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
15	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
16	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
17	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilguncha ikkala sharning energiyasi
18	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
19	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
20	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
21	3	2	10^{-8}	9,0	O'tkazgich bilan ulangan sharchalarning energiyasi
22	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
23	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
24	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
25	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirishda bajarilgan ish
26	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
27	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
28	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	

10.8 - masala. Yassi havo kondensatori plastinkalarining yuzasi – S , ular orasidagi masofa – d . Plastinkalar orasidagi potentsiallar farqi – U . Razryad vaqtida kondensatordan ajraladigan issiqlik miqdori – q . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	S, cm^2	d, mm^2	U, V	q, J
1	?	1,3	100	$3,4 \cdot 10^{-8}$
2	50	?	300	$2,5 \cdot 10^{-6}$
3	12	1,0	?	$1,04 \cdot 10^{-7}$
4	28	4,5	290	?
5	?	6,0	300	$1,77 \cdot 10^{-8}$
6	4	?	120	$1,5 \cdot 10^{-8}$
7	24	5,5	?	$1,3 \cdot 10^{-7}$
8	10	0,7	150	?
9	?	1,2	250	$8,85 \cdot 10^{-7}$
10	15	?	190	$1,2 \cdot 10^{-7}$
11	7	0,6	?	$1,86 \cdot 10^{-8}$
12	26	5,0	240	?
13	?	4,0	400	$4,425 \cdot 10^{-7}$
14	8	?	75	$1,66 \cdot 10^{-8}$
15	35	2,2	?	$5,13 \cdot 10^{-7}$
16	20	0,9	160	?
17	?	2,0	220	$1,6 \cdot 10^{-7}$
18	5	?	80	$5,66 \cdot 10^{-9}$
19	30	3,5	?	$8,53 \cdot 10^{-8}$
20	14	1,1	130	?
21	?	6,0	180	$2,15 \cdot 10^{-8}$
22	25	?	200	$1,475 \cdot 10^{-7}$
23	9	0,8	?	$6 \cdot 10^{-8}$
24	16	1,4	230	?
25	?	7,0	150	$1,71 \cdot 10^{-8}$
26	18	?	70	$2,6 \cdot 10^{-8}$
27	6	0,5	?	$4,3 \cdot 10^{-8}$
28	22	3,0	210	?

10.9 - masala. Plastinkalarining yuzasi S va orasidagi masofa d_1 bo'lgan yassi kondensator plastinkalari orasi nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan dielektrik bilan to'la to'ldirilgan. Kondensator U potentsialgacha zaryadlanib, kuchlanish manbaidan uzildi. Kondensator plastinkalari orasidagi masofani d_2 ga etkazish uchun qanday A ish bajarish kerak? Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	S, cm^2	d_1, cm	ϵ	U, V	d_2, cm	A, J
1	?	0,1	2,6	100	0,7	$9 \cdot 10^{-6}$
2	30	1,1	?	80	1,8	$1,5 \cdot 10^{-7}$
3	140	1,7	2,2	?	3,0	$1,94 \cdot 10^{-7}$
4	90	0,8	4,0	140	?	$1,56 \cdot 10^{-6}$
5	200	1,0	2,0	120	1,5	?
6	?	2,0	3,6	190	3,0	$6,7 \cdot 10^{-7}$
7	240	1,6	?	210	2,2	$1,75 \cdot 10^{-6}$
8	50	0,3	2,5	?	0,9	$3 \cdot 10^{-6}$
9	150	1,8	7,3	200	?	$3 \cdot 10^{-6}$
10	400	0,2	6,0	120	0,8	?
11	?	0,9	2,3	150	1,6	$4,55 \cdot 10^{-7}$
12	60	1,2	?	90	2,0	$4,3 \cdot 10^{-7}$
13	20	0,5	3,5	?	1,0	$1,4 \cdot 10^{-7}$
14	210	0,9	7,0	220	?	$5,7 \cdot 10^{-5}$
15	160	0,4	6,0	180	0,8	?
16	?	1,0	2,4	110	2,0	$2,5 \cdot 10^{-7}$
17	100	1,5	?	160	2,5	$2 \cdot 10^{-7}$
18	300	1,6	2,8	?	3,0	$1,1 \cdot 10^{-6}$
19	40	1,3	5,5	70	?	$9,3 \cdot 10^{-8}$
20	250	0,5	2,0	100	1,5	?
21	?	0,1	4,5	230	1,0	$8,5 \cdot 10^{-4}$
22	70	1,4	?	130	2,0	$1,25 \cdot 10^{-7}$
23	180	0,6	3,0	?	1,3	$6,75 \cdot 10^{-6}$
24	110	1,7	2,2	170	?	$2,12 \cdot 10^{-7}$
25	400	0,2	5,0	150	1,2	?
26	?	0,8	6,3	220	1,8	$2 \cdot 10^{-5}$
27	130	1,4	?	180	2,5	$1,35 \cdot 10^{-6}$
28	80	0,7	2,3	?	1,5	$3 \cdot 10^{-7}$

10.10 - masala. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha ulangan kondensatorlarning umumiy sizimi topilsin.

Topshiriq raqami	Ulanish sxemasi	C_1, pF	C_2, pF	C_3, pF	C_4, pF
1		10	20	20	40
2		10	10	20	20
3		10	20	10	20
4		20	20	10	40
5		200	100	20	50
6		20	50	200	100
7		100	20	50	200
8		50	200	100	20
9		20	20	40	40
10		20	40	20	40
11		10	20	20	40
12		10	40	20	20
13		10	20	20	40
14		10	40	20	20
15		20	40	10	20
16		20	40	10	50
17		50	40	20	10
18		10	50	40	20
19		40	20	10	50
20		20	10	50	40
21		20	20	40	40
22		40	40	20	20
23		40	20	20	40
24		20	40	40	20
25		40	10	50	20
26		10	20	40	50
27		50	40	20	10
28		20	50	10	40

11 – mavzu. Harakatlanayotgan zaryadga elektrostatik maydonning ta'siri. O'zgarmas elektr toki

Asosiy qonunlar va ifodalar

Tok kuchi

$$i = \frac{dq}{dt}, \quad (11.1)$$

Tok zichligi moduli

$$j = \frac{di}{dS_{\perp}}, \quad (11.2)$$

Tok kuchiga o'xshash tok zichligi vektori oqimi

$$i = \int_S j_n dS, \quad (11.3)$$

Zanjirda yoki zanjirning bir qismida ta'sir etayotgan elektr yurituvchi kuch,

$$E = \frac{A^*}{q}, \quad (11.4)$$

bu erda A^* – tashqi kuchlarning bajargan ishi.

Elektr yurituvchi kuchning E^* tashqi kuchlar kuchlanganligi bilan bog'liqligi:

$$E = \oint_L E_t^* dl, \quad (11.5)$$

Zanjirning berilgan qismida kuchlanish tushishi

$$U = \frac{A^* + A}{q}, \quad (11.6)$$

bu erda A^* – tashqi kuchlarning bajargan ishi; A – elektr maydon kuchlarining bajargan ishi.

Kuchlanishni zanjirning bir qismida ta'sir qiluvchi elektr yurituvchi kuchi (EYK) va potentsiallar farqi bilan bog'liqligi:

$$U = E + (\varphi_1 - \varphi_2), \quad (11.7)$$

Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonuni:

$$I = \frac{E + (\varphi_1 - \varphi_2)}{R + r}, \quad (11.8)$$

bu erda R – tashqi zanjirning to‘la qarshiligi; r – tok maba‘ining ichki qarshiligi.

Zanjirning bir jinsli qismi uchun Om qonuni:

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R}, \quad (11.9)$$

Yopiq zanjir uchun Om qonuni:

$$I = \frac{E}{R + r}, \quad (11.10)$$

Tashqi zanjirda $R = 0$ bo‘lganda tok kuchi maksimal, $R = r$ da foydali quvvat maksimal bo‘ladi.

Diffetensial ko‘rinishdagi Om qonuni:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}, \quad (11.11)$$

bu erda σ – muhit elektro‘tkazuvchanligi koeffisienti.

Integral ko‘rinishdagi Djoul-lens qonuni:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} i^2 R dt, \quad (11.12)$$

Differensial ko‘rinishdagi Joul-Lens qonuni:

$$P = \sigma E^2, \quad (11.13)$$

bu erda P – tokning solishtirma quvvati.

Metallar elektro‘tkazuvchanligining Cassik nazariyasiga asosan metallar qarshiligining temperaturago bog‘liqligi:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t), \quad (11.14)$$

bu erda R_t – t °C temperaturadagi metall o‘tkazgich qarshiligi, R_0 – uning 0°C temperaturadagi qarshiligi; α – metal qarshiligining temperaturaviy koeffisienti.

Tok tashuvchilar harakatchanligi

$$u = v/E, \quad (11.15)$$

bu erda v – elektr maydon kuchlari ta'sirida tok tashuvchilarning tartibli harakati o'rnatilgan tezligi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

11.1. Elektrostatik maydonda zaryadga ta'sir qilayotgan kuch nimaga teng? U qayerga yo'nalgan? Bu kuch ta'sirida zaryadlangan zarracha oladigan tezlik qanday topiladi?

11.2. E.Yu.K. nima? Elektr yurituvchi kuch tashqi kuchlar maydon kuchlanganligi bilan qanday bog'langan? Zanjirning berilgan qismidagi kuchlanishning tushishi (kuchlanish) deb nimaga aytiladi? Qanday holda kuchlanish potentsiallar farqi bilan mos keladi? Tezlatuvchi potentsiallar farqi ta'sirida zaryadlangan zarracha olgan tezligi qanday hisoblanadi?

11.3. Tok kuchi deb nimaga aytiladi? Tok kuchi sirt orqali ko'chirilayotgan zaryad bilan qanday bog'langan? Tok zichligi vektori deb nimaga aytiladi?

11.4. Zanjirning bir qismi uchun va yopiq zanjir uchun Om qonunini ifodalang. Elektr zanjirga ampermetr qanday ulanadi? Ampermetrning o'lchash chegarasini qanday kengaytirish mumkin? Voltmetr qanday ulanadi? Voltmetrning o'lchash chegarasini qanday kengaytirish mumkin? Voltmetr yordamida tok kuchini, ampermetr yordamida esa kuchlanishni o'lchash mumkinmi? Buning uchun nima qilish kerak? Ushbu asboblarning o'lchash darajasini qanday hisoblash mumkin?

11.5. Ketma-ket va parallel ulangan zanjirning qaysi qismida kuchlanish va qaysi qismida tok kuchi bir xil bo'ladi? Zanjirning shu qismlari uchun Om qonunini yozing.

11.6. Joul-Lens qonunini ifodalang. O'tkazgichdan ajralayotgan issiqlik miqdori tok manbaining ishi bilan qanday bog'langan? Isitgich asbobining FIK nimaga teng?

11.7. Tashqi qarshilikning qanday qiymatida tashqi zanjirdagi tok kuchi eng katta bo'ladi? Qaysi tashqi qarshilikda foydali quvvat eng maksimal bo'ladi? Bu kattaliklarning maksimal qiymati qanday hisoblanadi?

11.8. Metallning qarshiligi temperaturaga qanday bog'liq? Metallar elektr o'tkazuvchanligining klassik nazariyasi qarshilikning temperaturaga qaysi bog'lanishini beradi? Metallar elektr o'tkazuvchanligi klassik nazariyasining qiyinchiliklari nimadan iborat?

11.9. Om qonunining differensial ko'rinishini ifodalang. Muhitning elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti deb nimaga aytiladi? Elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti solishtirma qarshilik bilan qanday bog'langan? Ionlashgan gazlarda tok zichligi nimaga teng?

11.10. Zaryad tashuvchilarning harakatchanligi deb nimaga aytiladi?

11.1 - masala. Zaryadlangan zarrach yassi kondensatorga uning gorizontall joylashgan plastinkalariga parallel ravishda v_x tezlik bilan uchib kirmoqda. Kondensatorning maydon kuchlanganligi – E , kondensator plastinkalari uzunligi – l . Zarracha kondensatoridan v tezlik bilan gorizontall yo'nalishdan α burchakka og'ib uchib chiqadi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Harakatlanayotgan zarracha	$v_x, \text{m/s}$	$E, \text{V/m}$	l, m	$v, \text{m/s}$	α, grad
1	Elektron	10^7	10^4	0,05	?	?
2		10^7	10^4	?	?	30
3		?	10^3	?	10^6	45
4		?	?	0,1	10^6	60
5	Proton	10^6	$5 \cdot 10^4$	0,1	?	?
6		10^6	$5 \cdot 10^4$?	?	60
7		?	10^4	?	10^5	30
8		?	?	0,1	10^5	45
9	Pozitron	10^7	10^4	0,05	?	?
10		10^7	10^4	?	?	45
11		?	100	?	10^6	60
12		?	?	0,1	10^7	30
13	Elektron	10^6	500	0,1	?	?
14		10^6	500	?	?	45
15		?	100	?	10^6	60
16		?	?	0,1	10^6	30
17	Proton	10^5	10^4	0,05	?	?
18		10^5	10^3	?	?	30
19		?	10^3	?	10^5	45
20		?	?	0,1	10^6	60
21	Pozitron	10^6	500	0,1	?	?
22		10^6	500	?	?	60
23		?	100	?	10^6	30
24		?	?	0,1	10^6	45
25	α -zarracha	10^5	10^4	0,1	?	?
26		10^5	10^4	?	?	30
27		?	10^4	?	10^5	45
28		?	?	0,1	10^5	60

11.2 - masala. Elektron-nur trubkada elektronlar dastasi U potentsiallar farqi bilan tezlashtirilib, zaryadlanmagan gorizontall joylashgan yassi kondensatordan uning plastinkalariga parallel holda o'tganda kondensator oxiridan L masofada joylashgan ossillograf ekranida yorug' dog' hosil qiladi. Kondensator zaryadlanganda ekrandagi dog' y masofaga siljiydi. Kondensator plastinkalaridagi potentsiallar farqi U_1 , kondensator plastinkalari uzunligi - l , plastinkalar oralig'i - d . Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	U, V	L, m	u, m	U_1, V	l, m	d, m
1	?	0,1	0,02	200	0,04	0,03
2	320	0,1	0,03	80	0,04	?
3	400	0,16	?	100	0,08	0,04
4	300	0,12	0,03	?	0,06	0,014
5	240	0,12	?	80	0,04	0,02
6	600	0,125	0,03	120	0,05	?
7	?	0,2	0,03	150	0,01	0,025
8	400	0,15	0,045	?	0,06	0,03
9	240	0,13	?	80	0,06	0,02
10	200	0,1	0,04	?	0,04	0,02
11	?	0,125	0,06	120	0,05	0,015
12	240	0,09	0,015	100	0,06	?
13	?	0,15	0,05	300	0,02	0,03
14	450	0,125	0,035	150	0,03	?
15	300	0,12	?	60	0,04	0,02
16	250	0,2	0,03	?	0,05	0,01
17	360	0,13	?	120	0,06	0,04
18	300	0,17	0,03	90	0,06	?
19	?	0,1	0,05	100	0,04	0,02
20	450	0,175	0,04	?	0,05	0,01
21	210	0,15	?	70	0,06	0,03
22	300	0,1	0,023	?	0,03	0,01
23	?	0,16	0,03	90	0,08	0,04
24	600	0,1	0,02	120	0,04	?
25	?	0,17	0,04	80	0,06	0,02
26	480	0,13	0,05	100	0,06	?
27	360	0,13	?	120	0,04	0,01
28	150	0,1	0,025	?	0,05	0,03

11.3 - masala. O'tkazgichdagi tok kuchi vaqt o'tishi bilan quyidagi qonun asosida o'zgaradi $i = f(t)$. O'tkazgichning ko'ndalang kesimidan t_1 dan t_2 gacha vaqt oralig'ida qancha zaryad miqdori o'tadi? O'zgarmas I tok kuchining qanday qiymatida shu vaqt mobaynida o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan xuddi shunday zaryad miqdori o'tadi? $q = f(t)$ bog'liqlik grafisini chizing.

Topshiriq raqami	$i = f(t), A$	t_1, s	t_2, s
1	$i = 4 + 2t$	1	2
2		1	3
3		1	4
4		1	5
5	$i = 3t^2 + 1$	0	2
6		0	3
7		0	4
8		0	5
9	$i = t + 3t^2$	2	3
10		2	4
11		2	5
12		2	6
13	$i = 2 + 6t$	1	2
14		1	3
15		1	4
16		1	5
17	$i = 5 + t$	0	2
18		0	3
19		0	4
20		0	5
21	$i = 2t + 3t^2$	1	2
22		1	3
23		1	4
24		1	5
25	$i = 3 + 4t$	2	3
26		2	4
27		2	5
28		2	6

11.4 - masala. Ichki qarshiligi r bo'lgan, tok kuchi yoki kuchlanishni o'lchashga mo'ljallangan o'lchash asbobi berilgan. O'lchash shkalasi n bo'lakka bo'lingan. Agar tok kuchining chegaraviy qiymati I_{ch} yoki kuchlanishi U_{ch} ma'lum deb hisoblasak kerakli o'lchashlarni amalga oshirish uchun qanday qarshilik olinishi va u qanday ulanishi kerak?. Ishlatilayotgan asbobning aniqlik darajasini baholang.

Topshiriq raqami	Nimani o'lchash lozim	Qanday asbob berilgan	r, Om	n	I_{ch}, mA	U_{ch}, V
1	100 mA gacha bo'lgan tok kuchini	Ampermetr	0,18	100	10	-
2			0,2	75	15	
3			0,1	150	15	
4			0,1	50	10	
5	75 V gacha bo'lgan potentsiallar farqini	Voltmetr	2000	150	-	30
6			1000	75		15
7			3000	100		50
8			1500	50		15
9	300 V gacha bo'lgan potentsiallar farqini	Ampermetr	0,5	150	2,5	-
10			0,4	30	5	
11			0,3	50	2	
12			0,2	75	1,5	
13	150 mA gacha bo'lgan tok kuchini	Ampermetr	5	75	20	-
14			4	50	50	
15			3	25	75	
16			2	100	5	
17	75 mA gacha bo'lgan tok kuchini	Ampermetr	0,2	25	5	-
18			0,1	50	10	
19			0,2	75	15	
20			0,1	15	20	
21	1 000 V gacha bo'lgan potentsiallar farqini	Voltmetr	1000	50	-	100
22			2000	100		500
23			3000	25		50
24			4000	150		25
25	150 V gacha bo'lgan potentsiallar farqini	Ampermetr	2	30	5	-
26			3	75	2	
27			4	15	1	
28			5	50	15	

11.5 - masala. Elektr chizmadagi ampermetrning tok kuchini ko'rsatishini aniqlang. Yopiq zanjirning uchlaridagi kuchlanish – U . R_1 , R_2 , R_3 qarshiliklar ma'lum. Ampermetrning qarshiligini hisobga olmang.

Topshiriq raqami	Sxema	U, V	R_1, Om	R_2, Om	R_3, Om
1		2,1	5	6	3
2		3,0	7	2	3
3		4,2	6	4	6
4		2,8	3	4	9
5		4,0	4	8	12
6		12	10	6	8
7		20	8	7	6
8		8,0	12	10	8
9		5,0	7	3	8
10		10	14	5	6
11		2,5	8	5	12
12		2,0	6	4	10
13		4,0	4	8	12
14		2,5	6	3	9
15		1,2	8	2	6
16		3,6	4	5	10
17		12	2	4	8
18		20	6	8	10
19		8,0	8	6	4
20		6,0	12	5	10
21		2,2	4	2	6
22		3,6	6	10	4
23		4,8	10	8	12
24		6,0	14	6	8
25		4,0	6	4	10
26		6,2	8	6	4
27		10	10	4	8
28		8,4	12	10	6

11.6 - masala. m massali suvni t_1 temperaturadan to qaynaguncha qizdirish uchun isitgich W elektr energiyani sarf etadi. Isitgichning F.I.K. η ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	m, kg	$t_1, ^\circ C$	W, kJ	$\eta, \%$
1	?	30	1 257	80
2	2,2	?	921,8	58
3	2,38	23	?	77
4	2	20	838	?
5	?	20	900	74,5
6	1,8	?	754,2	67
7	3,58	45	?	55
8	3	40	1 250	?
9	?	25	1 400	78,6
10	1,6	?	670,4	83
11	3,58	28	?	72
12	2,5	30	1 047,5	?
13	?	42	1 676	58
14	1,25	?	523,75	66
15	2,86	22	?	78
16	1,8	25	754,2	?
17	?	22	1 257	78
18	2,3	?	963,7	81
19	2,34	26	?	74
20	1,5	0	1 047,5	?
21	?	32	502,8	68
22	1,5	?	628,5	79
23	1,98	18	?	82
24	2,0	10	1 676	?
25	?	27	712,3	73
26	0,8	?	335,2	84
27	1,43	10	?	60
28	0,5	12	419	?

11.7 - masala. E.Yu.K. ε va ichki qarshiligi r bo'lgan element I_{max} maksimal tok kuchi ta'minlaydi. Bu element beradigan maksimal foydali quvvat P_{max} . Ikkita ma'lum kattalikdan noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	ε, V	r, Om	I_{max}, A	P_{max}, W
1	6	?	3	?
2	4	2	?	?
3	?	2	4	?
4	4	?	?	2
5	?	2	?	8
6	10	?	2	?
7	?	?	4	6
8	2	5	?	?
9	4	?	?	2
10	?	1	4	?
11	6	3	?	?
12	?	?	2	3
13	6	2	?	?
14	?	?	6	4,5
15	8	?	4	?
16	?	2	?	4,5
17	4	?	1	?
18	8	4	?	?
19	?	3	12	?
20	6	?	?	12
21	?	3	?	3
22	6	?	3	?
23	?	?	4	2
24	10	2	?	?
25	?	4	?	1
26	?	?	3	4,5
27	?	2	8	?
28	6	?	?	9

11.8 - masala. $T = \theta^{\circ}C$ temperaturada R_0 qarshilikka ega bo'lgan simdan yasalgan reostat, R_A ichki qarshilikli milliampermetr va qarshiligini hisobga olmasa ham bo'ladigan tok generatori ketma-ket ulangan. $\theta^{\circ}C$ temperaturada milliampermetr I_0 tokni ko'rsatadi. Agar reostat Δt temperaturagacha qizisa, milliampermetr I_1 tokni ko'rsatadi. Resostat simining temperatura koeffitsenti α . Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	R_0, Om	R_A, Om	I_0, mA	$\Delta t, \text{K}$	I_1, mA	$\alpha, 1/\text{K}$
1	?	5	10	100	9.2	$5 \cdot 10^{-3}$
2	100	?	31	80	22	$6 \cdot 10^{-3}$
3	120	20	?	50	20	$6 \cdot 10^{-3}$
4	80	4	102	?	95	$7 \cdot 10^{-3}$
5	80	5	25	60	?	$5 \cdot 10^{-3}$
6	120	8	83	16,4	76	?
7	?	4	132	40	120	$6 \cdot 10^{-3}$
8	60	?	20	80	18	$2 \cdot 10^{-3}$
9	90	2	?	50	102	$7 \cdot 10^{-3}$
10	80	6	84	?	75	$2 \cdot 10^{-3}$
11	120	20	22	50	?	$6 \cdot 10^{-3}$
12	60	10	58	40	51	?
13	?	12	36	100	31	$5 \cdot 10^{-3}$
14	80	?	59	70	42	$6 \cdot 10^{-3}$
15	75	10	?	50	78	$2 \cdot 10^{-3}$
16	150	20	44	?	39	$5 \cdot 10^{-3}$
17	130	10	120	80	?	$2 \cdot 10^{-3}$
18	80	3	52	31,4	44	?
19	?	25	28	100	22	$5 \cdot 10^{-3}$
20	90	?	53	30	46	$6 \cdot 10^{-3}$
21	80	2	?	40	39	$3 \cdot 10^{-3}$
22	60	4	68	?	61	$2 \cdot 10^{-3}$
23	20	0,5	12	80	?	$4 \cdot 10^{-3}$
24	120	10	39	59,25	32	?
25	?	18	21	50	17	$6 \cdot 10^{-3}$
26	40	?	103	60	94	$2 \cdot 10^{-3}$
27	120	10	?	70	112	$3 \cdot 10^{-3}$
28	90	6	41	?	34	$5 \cdot 10^{-3}$

11.9 - masala. l uzunlikdagi trubka gaz bilan shunday ionlashtirilganki, uning 1 cm^3 da n ta, R qarshilikka ega bo'lgan, ion bor. Ionlar bir valentli. Musbat ionlarning harakatchanligi u_+ , manfiy ionlarniki – u_- . Trubkaning ko'ndalang kesimi – S ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$l, \text{ m}$	$S, \text{ mm}^2$	$n, 10^{17}$ cm^{-3}	$R, 10^{-3}$ m	$u_+, 10^{-4}$ $\text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$	$u_-, 10^{-4}$ $\text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$
1	?	5	2	2	2,1	2,9
2	0,6	?	3	1	0,7	1,3
3	0,48	4	?	3	1,8	2,2
4	0,84	5	1	?	1,3	1,8
5	?	2	4	1	1,1	1,9
6	0,9	?	3	1,5	0,9	1,1
7	0,8	10	?	2	1,7	2,3
8	1,2	4	20	?	0,1	0,19
9	?	5	1	4	1,8	2,2
10	1,2	?	4	1	0,9	2,1
11	1,8	2	?	3	0,7	1,3
12	0,6	3	2	?	1,1	1,9
13	?	4	1	2	2,1	2,9
14	1,2	?	3	1	1,8	2,2
15	0,8	2	?	0,04	0,6	1,4
16	1,6	10	4	?	0,8	1,2
17	?	4	2	1	1,3	1,7
18	0,8	?	1	2	1,6	2,4
19	1,2	2	?	0,03	0,9	1,1
20	0,9	3	1	?	1,3	1,7
21	?	5	2	1	1,9	2,1
22	0,6	?	2	1,5	0,7	1,3
23	0,8	4	?	1	0,8	1,2
24	1,2	10	3	?	1,2	2,8
25	?	3	1	2	1,1	1,9
26	0,9	?	3	1,5	0,9	1,1
27	0,8	4	?	5	0,6	1,4
28	1,0	5	2	?	2,3	2,7

11.10 - masala. Razryad trubka elektrodlariga U potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Elektrodlar orasidagi masofa – d . Trubkadagi gaz bir marta ionlashtirilgan, va 1 m^3 dagi ion-juftlar soni n ga teng. Musbat ionlar harakatchanligi – u_+ , manfiylari esa – u_- ga teng. Trubkadagi tok zichligini va to'liq tokning qanday qismi (foizlarda) musbat ionlar tomonidan tashilishini aniqlang.

Topshiriq raqami	U, V	d, m	n, m^{-3}	$u_+, \text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$	$u_-, \text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$
1	50	0,1	10^8	0,03	300
2	100	0,15	$2 \cdot 10^8$	0,03	60
3	150	0,2	$4 \cdot 10^8$	0,06	30
4	200	0,25	$3 \cdot 10^8$	0,06	60
5	200	0,1	$4 \cdot 10^9$	0,01	50
6	400	0,15	$2 \cdot 10^9$	0,02	80
7	600	0,2	$3 \cdot 10^9$	0,015	100
8	800	0,25	10^8	0,03	30
9	700	0,1	10^8	0,006	5
10	800	0,2	10^9	0,008	8
11	900	0,3	10^{10}	0,01	12
12	1 000	0,4	10^{11}	0,005	14
13	50	0,05	$2 \cdot 10^{10}$	0,015	450
14	100	0,1	$3 \cdot 10^{10}$	0,012	600
15	150	0,3	$5 \cdot 10^{10}$	0,04	80
16	200	0,2	10^{10}	0,01	500
17	2 500	0,4	$2 \cdot 10^{11}$	0,008	4
18	2 000	0,3	$4 \cdot 10^{11}$	0,006	6
19	1 500	0,2	$6 \cdot 10^{11}$	0,012	8
20	1 000	0,1	$8 \cdot 10^{11}$	0,015	10
21	450	0,05	10^{12}	0,002	0,1
22	300	0,06	$2 \cdot 10^{12}$	0,003	0,2
23	200	0,08	$4 \cdot 10^{12}$	0,003	0,3
24	450	0,09	$5 \cdot 10^{12}$	0,002	0,4
25	1 000	0,12	10^{12}	0,002	0,1
26	1 200	0,15	10^{11}	0,008	1,0
27	1 400	0,18	10^{10}	0,03	10
28	1 600	0,2	10^9	0,05	100

12 – mavzu. Vakuumda magnit maydoni

Asosiy qonunlar va ifodalar

Tokli konturning xususiy magnit momenti

$$\vec{p}_m = IS\vec{n}, \quad (12.1)$$

bu erda \vec{n} – kontur tekisligi normaliga musbat bo‘lgan birlik vector.

Berilgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi

$$B = \frac{M_{\max}}{p_m}, \quad (12.2)$$

Magnit maydondagi tokli konturga ta’sir qiluvchi kuchlarning momenti

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}, \quad (12.3)$$

Bio – Savar – Laplas qonuni:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}, \quad (12.4)$$

bu erda Idl – tok elementi; \vec{r} – dB induksiya aniqlanadigan nuqtadan tok elementigacha o‘tkazilgan radius – vector.

Chegaralangan uzunlikdagi tokli to‘g‘ri chiziqli hosil qilgan magnit maydon induksiyasi.

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi b} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2), \quad (12.5)$$

bu erda b – tokli o‘tkazgichdan magnit maydon induksiyasi aniqlanadigan nuqttagacha masofa; α_1 , α_2 – tok yo‘nalishi va o‘tkazgichning boshi va magnit maydon induksiyasi aniqlanadigan nuqttagacha o‘tkazilgan radius-vektor orasidagi burchaklar.

Cheksiz uzun to‘g‘richiziqli o‘tkazgich hosil qilgan magnit maydon induksiyasi,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi b}, \quad (12.6)$$

Tokli aylanma kontur o‘qidagi magnit maydon induksiyasi

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}, \quad (12.7)$$

bu erda R – tokli kontur radiusi; x – magnit maydon induksiyasi aniqlanadigan o‘qdagi nuqtadan kontur markazigacha bo‘lgan masofa.

Tokli aylanma kontur markazidagi magnit maydon induksiyasi

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}, \quad (12.8)$$

Vakuumda magnit maydon uchun to‘la tok qonuni:

$$\oint_L B_i dl = \mu_0 \sum_i^N I_i, \quad (12.9)$$

bu erda $\mu_0 \sum_i^N I_i$ – L kontur o‘rab oladigan barcha toklarning algebraik yig‘indisi.

Uzun solenoid va toroid ichidagi magnit maydon induksiyasi

$$B = \mu_0 I n, \quad (12.10)$$

bu erda n – birlik uzunlikdagi o‘ramlar soni, yani o‘ramlar zichligi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

12.1. Berilgan nuqtadagi magnit induksiyasi vektori deb nimaga aytiladi? Tokli konturning xususiy magnit maydoni nima? Tokli konturning magnit momenti qanday yo‘nalishga ega? Magnit induksiya chiziqlari qanday o‘tkaziladi?

12.2. Bio-Savar-Laplas qonunini ifodalang va tushuntiring.. Tokli, cheksiz uzun o‘tkazgich hosil qilayotgan magnit induksiyasini hisoblashda bu qonun qanday qo‘llaniladi? Bu xolda magnit induksiya chiziqlari qanday ko‘rinishda bo‘ladi? Berilgan nuqtada tokli to‘g‘ri chiziqli o‘tkazgich hosil qilayotgan magnit maydon induksiya vektorining yo‘nalishi qanday topiladi?

12.3. Tokli, yarim cheksiz to‘g‘ri o‘tkazgich va tokli, chekli to‘g‘ri o‘tkazgich hosil qilayotgan magnit maydon induksiyasi qanday hisoblanadi?

12.4. Doiraviy tok o'qida hosil bo'layotgan magnit maydon induksiyasini hisoblashda Bio-Savar-Laplas qonuni qanday qo'llaniladi? Bu holda uning yo'nalishi qanday topiladi? Magnit induksiya chiziqlari bu holda qanday ko'rinishda bo'ladi?

12.5. Bir necha doiraviy tok o'qlari o'tayotgan nuqtada magnit maydon induksiyasini qanday hisoblash mumkin?

12.6. Maydon superpozitsiyasi prinsipini ifodalang. Har xil konfiguratsiyali chiziqli toklar hosil qilayotgan magnit maydon induksiyasini bu prinsip orqali qanday hisoblash mumkin?

12.7. Vakuumda magnit maydon uchun to'la tok qonunini yozing va tushuntiring. Sirkulyatsiyasi nolga teng bo'lmagan maydon vektori haqida nima deyish mumkin?

12.8. Uzun solenoid va toroid magnit maydoni induksiyasini hisoblashda to'la tok qonuni qanday qo'llaniladi? Uzun solenoid va toroidning magnit maydon induksiyasi nimaga teng? Amper-o'ramlar soni deb nimaga aytiladi? Solenoidning birlik uzunligiga bir-biriga jips joylashgan nechta o'ramlarni o'rash mumkin?

12.9. Bir-biriga simmetrik bo'lgan magnit maydonlarni hisoblashda vakuumda magnit maydon uchun to'la tok qonunini qanday qo'llash mumkin?

12.10. Simmetrik bo'lmagan, va uni hosil qilgan toklar chiziqli bo'lmagan holda berilgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasini qanday hisoblash mumkin? Bu holda superpozitsiya prinsipini qanday qo'llash mumkin?

12.1 - masala. I tok kuchi oqayotgan, radiusi R bo'lgan yopiq aylanma tok konturi, induksiya vektori B bo'lgan magnit maydoniga, kontur normaliga nisbatan magnit maydon induksiya vektori α burchak hosil qiladigan qilib joylashtirilgan. Bunda konturga M kuch momenti ta'sir qiladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	R , cm	I , A	B , T	M , N·m	α , grad
1	?	2,0	2,5	$3,14 \cdot 10^{-3}$	30
2	3,4	?	2,8	$7,1 \cdot 10^{-2}$	45
3	1,8	1,2	?	$4,33 \cdot 10^{-3}$	60
4	2,0	0,15	0,5	?	30
5	3,6	3,5	2,53	$1,8 \cdot 10^{-2}$?
6	?	6,37	5,0	$8,66 \cdot 10^{-3}$	60
7	2,2	?	2,2	$7,07 \cdot 10^{-3}$	45
8	2,8	2,4	?	$1,2 \cdot 10^{-2}$	30
9	1,5	2	1,2	?	45
10	3,8	2,3	4,025	$2,1 \cdot 10^{-2}$?
11	?	1,5	1,98	$4,2 \cdot 10^{-3}$	30
12	4,2	?	4,5	$8,66 \cdot 10^{-3}$	60
13	3,2	5,18	?	$4,33 \cdot 10^{-3}$	60
14	2,5	1,4	2,2	?	30
15	2,2	4,47	1,415	$6,8 \cdot 10^{-3}$?
16	?	3,1	1,27	$1,4 \cdot 10^{-2}$	45
17	2,3	?	6,0	$1,73 \cdot 10^{-2}$	60
18	1,6	6,2	?	$1,41 \cdot 10^{-2}$	45
19	4,5	0,6	3,2	?	30
20	3,0	1,8	1,1	$4,9 \cdot 10^{-3}$?
21	?	3,31	0,4	$5,2 \cdot 10^{-3}$	30
22	4,2	?	0,8	$1,41 \cdot 10^{-2}$	45
23	3,3	2,9	?	$1,73 \cdot 10^{-2}$	60
24	1,5	3,2	2,6	?	30
25	13	2,0	3,91	$3,6 \cdot 10^{-3}$?
26	?	2,83	0,2	$3,14 \cdot 10^{-3}$	45
27	3,5	?	1,3	$8,6 \cdot 10^{-3}$	60
28	2,6	4,33	?	$9,2 \cdot 10^{-3}$	30

12.2 - *masala*. Ikkita cheksiz to'g'ri chiziqli o'tkazgichlar bir-biriga perpendikulyar joylashgan. O'tkazgichlardagi I_1 va I_2 tok kuchlarining yo'nalishlari rasmlarda ko'rsatilgan. O'tkazgichlar orasidagi masafa AB ma'lum. O'tkazgichlarning biridan d masofada joylashgan M nuqtadagi magnit maydon induksiyasi qiymatini toping.

Topshiriq raqami	Toklar yo'nalishlari	AB , cm	d , cm	I_1 , A	I_2 , A
1		20	12	3,1	3,8
2		10	2	0,895	0,45
3		8	3	2,24	2,68
4		7	2	2,5	2,83
5		6	3	4,25	2,12
6		25	8	5,6	3,58
7		5	2	7,07	2,83
8		4	3	1,265	1,16
9		7	5	1,21	1,22
10		8	6	1,96	1,9
11		9	4	4,41	2,53
12		12	9	1,7	2,38
13		8	3	1,34	2,46
14		7	4	3,1	5,04
15		11	9	0,57	0,98
16		3	5	3,16	2,4
17		5	6	1,9	2,7
18		13	7	3,96	2,83
19		6	2	5,3	11,3
20		14	1	0,9	6,7
21		12	8	3,2	7,0
22		7	3	10,0	5,2
23		6	4	3,75	2,83
24		10	2	0,54	0,18
25		12	6	3,6	3,8
26		8	2	11,3	5,3
27		9	5	2,7	3,16
28		6	8	4,25	5,66

12.3 - *masala*. α burchak ostida bukilgan uzun to'g'ri o'tkazgichdan I tok o'tadi. Burchak bissektrisasidan o'tuvchi, burchak boshiga nisbatan l masofada joylashgan nuqtadagi maydon induksiyasi B ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	I, A	l, cm	B, T	$\alpha, grad$
1	?	1,5	$1,052 \cdot 10^{-4}$	60
2	1,8	?	$2,82 \cdot 10^{-5}$	120
3	1,3	4,8	?	90
4	1,5	17,07	$4,23 \cdot 10^{-6}$?
5	?	1,0	$4,23 \cdot 10^{-4}$	120
6	3,0	?	$2,631 \cdot 10^{-5}$	60
7	2,0	34,1	?	90
8	2,5	9,33	$1,41 \cdot 10^{-5}$?
9	?	18,0	$1,41 \cdot 10^{-5}$	120
10	8,0	?	$2,4 \cdot 10^{-5}$	90
11	1,25	5,26	?	60
12	0,6	5,12	$5,64 \cdot 10^{-4}$?
13	?	6,4	$3 \cdot 10^{-5}$	90
14	0,5	?	$1,5 \cdot 10^{-5}$	120
15	2,4	12,0	?	60
16	1,5	4,5	$1,41 \cdot 10^{-5}$?
17	?	4,75	$5,26 \cdot 10^{-5}$	60
18	2,8	?	$8,46 \cdot 10^{-5}$	120
19	0,5	14,1	?	90
20	4,5	18,66	$1,27 \cdot 10^{-5}$?
21	?	9,0	$7,05 \cdot 10^{-5}$	120
22	1,5	?	$1,6 \cdot 10^{-5}$	90
23	2,0	10,52	?	60
24	3,0	15,0	$8,46 \cdot 10^{-6}$?
25	?	1,5	$4,8 \cdot 10^{-4}$	90
26	1,25	?	$1,31 \cdot 10^{-5}$	60
27	4,2	8,46	?	120
28	0,5	2,82	$1,707 \cdot 10^{-5}$?

12.4 - masala. Parallel tekisliklarda bir - bridan l masofada radiuslari R_1 va R_2 bo'lgan ikki aylanma tok halqalari joylashgan. Halqalardan I_1 va I_2 toklar o'tmoqda. Birinchi halqadan ikkinchisiga qarab yo'nalgan, birinchi halqaga nisbatan r masofada joylashgan, halqalar markazidan o'tuvchi o'qdagi nuqtalardagi miagnit maydon induksiya vektorini aniqlang. $B = f(r)$ grafigini chizing.

Topshiriq raqami	Toklar yo'nalishi	R_1, m	R_2, m	I_1, A	I_2, A	l, m	r, m
1	Bir xil	0,2	0,1	2	2	0,05	0,01
2							0,02
3							0,03
4							0,04
5	Qarama-qarshi	0,2	0,1	2	2	0,05	0,01
6							0,02
7							0,03
8							0,04
9	Bir xil	0,1	0,1	4	2	0,06	0
10							0,02
11							0,04
12							0,06
13	Qarama-qarshi	0,1	0,1	4	2	0,06	0
14							0,02
15							0,04
16							0,06
17	Bir xil	0,2	0,1	2	1	0,15	0
18							0,05
19							0,10
20							0,15
21	Qarama-qarshi	0,2	0,1	2	1	0,15	0
22							0,05
23							0,10
24							0,15
25	Qarama-qarshi	0,2	0,2	5	5	0,3	0
26							0,1
27							0,15
28							0,2

12.5 - *masala*. Radiusi R bo'lgan ikkita aylanma halqalarning har biridan I_1 va I_2 tok oqayotgan bo'lib, ular o'zaro perpendikulyar tekisliklarda joylashgan, markazlari bir – biriga mos tushadi. Halqalarning umumiy markazlaridagi maydon induksiyasi B ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	R , cm	I_1 , A	I_2 , A	B , T
1	?	1,2	1,6	$3,14 \cdot 10^{-5}$
2	5,2	?	1,43	$6,28 \cdot 10^{-5}$
3	20	2,24	?	$9,43 \cdot 10^{-6}$
4	6,28	2,5	1,66	?
5	?	2,3	1,93	$1,89 \cdot 10^{-4}$
6	3,14	?	4,47	$1,2 \cdot 10^{-4}$
7	9,43	3,32	?	$4 \cdot 10^{-5}$
8	12,57	3,2	2,4	?
9	?	3,6	3,47	$6,28 \cdot 10^{-5}$
10	6	?	2,24	$3,14 \cdot 10^{-5}$
11	1,5	6,71	?	$3,77 \cdot 10^{-4}$
12	3,14	1,8	0,87	?
13	?	3,2	2,4	$1,26 \cdot 10^{-4}$
14	6,28	?	2,65	$4 \cdot 10^{-5}$
15	20	2,83	?	$9,43 \cdot 10^{-6}$
16	2,1	2,7	1,31	?
17	?	4,1	4,38	$6,28 \cdot 10^{-5}$
18	12,57	?	3,6	$3,5 \cdot 10^{-5}$
19	2	3,34	?	$1,89 \cdot 10^{-4}$
20	18,85	4,5	3,97	?
21	?	3,5	4,9	$3,14 \cdot 10^{-5}$
22	12	?	2,24	$1,56 \cdot 10^{-5}$
23	2,1	1,73	?	$6 \cdot 10^{-5}$
24	6,28	1,5	2,6	?
25	?	1,6	2,54	$2,09 \cdot 10^{-5}$
26	15,6	?	1,73	$8 \cdot 10^{-6}$
27	2,5	4,0	?	$1,26 \cdot 10^{-4}$
28	12,57	3,6	4,8	?

12.6 - masala. I tok oquvchi chiziqli o'tkazgich r radiusli aylana yoki tomoni l uzunlikdagi ko'pburchak shaklidagi qattiq kontur hosil qiladi. Kontur markazidagi magnet maydoni induksiya vektorini aniqlang.

Topshiriq raqami	Tokli kornut shakli	l, cm	r, cm	I, A
1		3	-	2,2
2		16		3,1
3		21		8,0
4		10,4		2,0
5		5,7	-	1,8
6		6,3		4,45
7		12		1,66
8		20		0,7
9		21,5	-	2,0
10		18		1,5
11		12		3,0
12		11,5		2,0
13		8,6	-	1,4
14		9,5		3,0
15		3,2		0,6
16		14		2,5
17		24	3	1,0
18		24	2	1,0
19		30	3	1,0
20		24	2	1,5
21		24	3	1,0
22		24	2	1,0
23		30	3	1,0
24		24	2	1,5
25		∞	5	1,0
26			10	
27			15	
28			20	

12.7 - masala. Rasmlarda ko'rsatilgan ko'rinishdagi konturlar orqali hosil qilingan tokli chiziqli o'tkazgichlar tizimining magnet maydoni induksiya vektori sirkulyatsiyasini aniqlang (kontur raqami L_n topshiriq raqami bilan mos tushadi).

№	Chiziqli o'tkazgichlar va ularni o'rab turuvchi konturlar	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I_4, A	I_5, A	I_6, A
1		1.1	1.0	2.2	0.3	1.1	0.9
2		0.1	1.4	0.7	1.3	0.2	1.6
3		1.7	2.3	1.2	1.7	1.9	2.7
4		0.6	0.2	2.1	0.9	0.8	0.7
5		1.5	0.7	0.5	1.1	1.0	2.0
6		1.8	1.9	1.8	2.0	2.4	1.7
7		0.3	0.9	0.8	0.1	1.4	2.3
8		1.4	2.2	1.7	1.6	0.5	0.4
9		2.0	1.1	2.4	0.4	0.3	1.2
10		0.7	2.1	1.3	1.0	0.9	2.6
11		2.4	0.1	2.5	2.3	2.5	1.8
12		1.2	1.5	0.2	0.6	1.6	0.6
13		1.9	1.2	2.0	0.8	1.3	1.5
14		0.2	2.6	0.3	2.6	1.8	2.1
15		2.3	0.4	2.5	0.2	1.2	0.1
16		1.6	2.7	1.1	1.4	0.6	1.9
17		0.8	1.7	0.9	2.8	2.5	2.8
18		2.8	0.6	2.6	1.2	0.4	1.0
19		1.0	2.4	0.1	0.7	2.2	0.8
20		2.6	1.6	2.8	2.1	1.7	2.5
21		0.5	2.0	1.5	0.5	1.4	0.3
22		2.2	1.8	1.0	1.2	2.0	2.4
23		1.3	0.3	2.3	1.5	0.1	1.3
24		2.5	2.8	0.6	1.8	2.7	0.5
25		0.9	0.5	2.7	2.5	2.3	1.1
26		2.7	2.5	1.4	0.9	0.7	2.2
27		2.1	1.3	2.0	2.2	2.1	1.4
28		0.4	0.8	1.6	1.9	1.5	0.2

12.8 - *masala*. Diametri d bo'lgan o'tkazgichdan, ichida magnit maydon induksiyasi B bo'ladigan qilib solenoid o'rash kerak. O'tkazgichdan o'tishi mumkin bo'lgan eng katta tok kuchi I ga teng. Kerakli maydon induksiyasini hosil qilish uchun bir-biriga zich qilib N o'ram o'rash kerak. G'altak diametrini uning uzunligiga nisbatan ancha kichik deb olib, noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	d, mm	B, T	I, A	N
1	?	$6,28 \cdot 10^{-3}$	4,0	3
2	0,4	?	10,0	2
3	0,5	$1,2 \cdot 10^{-2}$?	4
4	1,57	$1,6 \cdot 10^{-2}$	5,0	?
5	?	$1,6 \cdot 10^{-2}$	4,5	4
6	2,0	?	6,0	5
7	0,8	$3,14 \cdot 10^{-2}$?	3
8	6,3	$5 \cdot 10^{-3}$	12,5	?
9	?	$3,2 \cdot 10^{-2}$	8,0	2
10	1,2	?	6,0	4
11	1,57	$5,5 \cdot 10^{-3}$?	5
12	3,4	$6,28 \cdot 10^{-3}$	5,7	?
13	?	$1,57 \cdot 10^{-2}$	6,5	3
14	2,7	?	8,1	2
15	3,6	$1,256 \cdot 10^{-2}$?	6
16	0,94	$8 \cdot 10^{-3}$	3,0	?
17	?	$1,7 \cdot 10^{-2}$	8,5	5
18	2,2	?	11,0	3
19	3,2	$9,4 \cdot 10^{-3}$?	4
20	4,0	$3,14 \cdot 10^{-3}$	5,0	?
21	?	$4,5 \cdot 10^{-2}$	7,2	5
22	1,8	?	12,0	6
23	1,6	$6,28 \cdot 10^{-3}$?	2
24	3,14	$8 \cdot 10^{-3}$	4,0	?
25	?	$5 \cdot 10^{-2}$	5,5	6
26	2,0	?	6,0	4
27	0,94	$3,2 \cdot 10^{-2}$?	3
28	0,63	$1,5 \cdot 10^{-2}$	2,5	?

12.9 - *masala*. Koaksial o'tkazgich, ichi yaxlit R_1 radiusli silindrdan, hamda ichi va tashqi radiuslari mos ravishda R_2 va R_3 bo'lgan silindrik qobiqlardan iborat. Silindr va qobiqlar bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda bir xil I tok kuchi oqmoqda. O'tkazgich o'qidan r masofadagi magnit maydon induksiyasini aniqlang. Tok zichligi r va μ ga bog'liq emas deb hisoblansin.

Topshiriq raqami	R_1 , cm	R_2 , cm	R_3 , cm	I , A	r , cm
1	5	7,5	10	1	1
2					2
3					3
4					4
5	5	7,5	10	1	5,0
6					6,0
7					7,0
8					7,5
9	5	7,5	10	1	8
10					8,5
11					9
12					10
13	5	Silindrik qobiq yo'q		1	1
14					2
15					3
16					4
17	5	Silindrik qobiq yo'q		1	5
18					7
19					9
20					11
21	Ichki silindr yo'q	7,5	10	1	8,0
22					8,5
23					9,0
24					10
25	Ichki silindr yo'q	7,5	10	1	12,5
26					15,0
27					17,5
28					20,0

12.10 - masala. Kengligi l bo'lgan yupqa tasmadan I tok o'tmoqda. Tasmaning kenglik birligiga to'g'ri keluvchi tok zichligi $I_0 = I/l$. Tasmadan r_0 masofada joylashgan, tokli tasma yuzaga keltirayotgan magnit maydoni induksiyalarini topshiriqlarda ko'rsatilgan nuqtalar uchun toping.

№	Magnit maydon induksiyasini hisoblang	l, cm	R, cm	I, A	r_0, cm	
1	l kenglikdagi to'g'richesiz ingichka tasma o'rtasiga perpendikulyar tekislik nuqtalarida	10	-	1	15	
2		20				
3		30				
4		40				
5	l kenglikdagi tasmaning o'ralishidan hosil bo'lgan R radiusli naycha o'qidagi nuqtalarda. Naycha chetidan r_0 masofada aylanma tok oqib o'tmoqda	10	10	1	0	
6					1	
7					3	
8					5	
9	R radiusli cheksiz uzun, bir qismi l kenglikdagi bukilgan cheksiz tasmadan hosil qilingan aylana silindr o'qi bo'ylab tok o'tayotgan nuqtalarida	20	-	1	-	
10						5
11						10
12						15
13	Cheksiz uzun ingichka plastinadan r_0 masofada joylashgan nuqtalarda	∞	-	-	2	
14					1,5	
15					1	
16					0,5	
17	R radiusli, l kenglikdagi bukilgan tasmadan hosil qilingan aylana tok o'tayotgan trubka markazidagi nuqtalarda	20	-	1	10	
18						5
19						10
20						15
21	l kenglikdagi cheksiz uzun tasma markaziga perpendikular bo'lgan tekislik nuqtalarida	20	-	10	10	
22					20	
23					30	
24					40	
25	R radiusli cheksiz uzun, bir qismi l kenglikdagi bukilgan cheksiz tasmadan hosil qilingan aylana silindr o'qi bo'ylab tok o'tayotgan nuqtalarida	10	8	1	-	
26		20				
27		30				
28		40				

13 - mavzu. Harakatlanayotgan zaryadga magnit maydonining ta'siri. Magnit maydonidagi tokli o'tkazgich va kontur

Asosiy qonunlar va ifodalar

I_1 va I_2 tokli parallel cheksiz uzun o'tkazgichlar uchun Amper qonuni:

$$F_b = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r}, \quad (13.1)$$

bu erda F_b – o'tkazgichning birlik uzuligiga ta'sir etuvchi kuch; r – o'tkazgichlar orasidagi masofa.

I tok kuchli, dl o'tkazgich elementi uchun Amper qonuni:

Lorens kuchi
$$d\vec{F} = Id\vec{l} \times \vec{B}, \quad (13.2)$$

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}, \quad (13.3)$$

Birjinsli magnit maydonida zaryadlangan zarracha traektoriyasining radiusi

$$R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}, \quad (13.4)$$

Magnit maydonidagi zaryadlangan zarrchanning aylanish davri

$$T = \frac{2\pi m}{qB}, \quad (13.5)$$

Magnit maydonida zaryadlangan zarracha harakat qilayotgan vint chiziqlari qadami,

$$h = vT \cos \alpha, \quad (13.6)$$

bu erda α – harakatlanayotgan zarracha v tezligi vektori va \vec{B} magnit maydon induksiyasi orasidagi burchak.

j tok zichligi vektori va \vec{B} magnit maydon induksiyasi joylashgan metal plastina, parallel tekisliklar qirralari orasida Xoll effekti natijasida hosil bo'ladigan kuchlanish,

$$U_H = R_H j B b, \quad (13.7)$$

bu erda $R_H = 1/(ne)$ – Xoll doimiysi; b – qirralar orasidagi masofa.

Magnit maydon induksiyasi vektori oqimi

$$\Phi_B = \int_S \vec{B} d\vec{S} = \int_S B_n dS, \quad (13.8)$$

Magnit maydon uchun Ostrogradskiy – Gauss teoremasi:

$$\oiint_S \vec{B} d\vec{S} = \oiint_S B_n dS = 0, \quad (13.9)$$

Magnit maydonida o'tkazgich va tokli konturni ko'chirishda bajarilgan elementar ish

$$\delta A = Id\Phi, \quad (13.10)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

13.1. Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadga qanday kuch ta'sir qiladi? Uning qiymati qancha? Yo'nalishi qayerga yo'nalgan? Moddiy nuqta impuls momenti deb nimaga aytilishini eslab ko'ring. Tezlanishning normal va tangensial tashkil etuvchilari nimaga teng va qaysi tomonga yo'nalgan? Aylanma harakat davomida moddiy nuqtaning aylanish davri nimaga teng?

13.2. Qanday holda magnit maydoniga uchi kirayotgan zaryadlangan zarracha o'rama bo'ylab harakat qiladi? O'rama radiusi nimaga bog'liq? Uni qanday aniqlash mumkin? O'rama qadamini qanday hisoblash mumkin? U nimaga bog'liq?

13.3. Qanday kuch moddiy nuqtani aylanma orbitada ushlab turadi? Zaryadlangan zarrachaning magnit maydonidagi harakati davomida bu kuch o'rnini nima egallaydi? Qanday shartlardan zaryadlangan zarrachaning o'rama bo'ylab harakati tezligini va uning kinetik energiyasini aniqlash mumkin?

13.4. Xoll effekti nimadan iborat? Bunda vujudga keladigan ko'ndalang potentsiallar farqi nimaga teng? Xoll doimiysi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi bilan qanday bog'langan? Agar metallidagi tok tashuvchi elektronlar konsentratsiyasi undagi atomlar konsentratsiyasiga teng bo'lsa, atomlar konsentratsiyasini qanday aniqlash mumkin?

13.5. Metall va yarim o'tkazgichlarda yuzaga keluvchi Xoll effektlari orasida farq bormi? Yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilar nimadan iborat?

13.6. Magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga qanday kuch ta'sir qiladi? Uning qiymati va yo'nalishini qanday aniqlash mumkin?

13.7. Kuch momenti nima? U nimaga teng? Magnit maydoniga joylashtirilgan tokli konturga qaysi vaqtda aylantiruvchi kuch momenti ta'sir qiladi? Konturga ta'sir qiluvchi kuch momenti qachon nolga teng bo'ladi?

13.8. Ajratilgan maydon orqali o'tuvchi magnit oqimi deb nimaga aytiladi? Uni qanday aniqlash mumkin? Magnit maydoni uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasini ifodalang.

13.9. Paralell tokli o'tkazgichlar uchun Amper qonunini ifodalang. Bu qonunidan foydalanib, o'tkazgichlar orasidagi masofani o'zgartirganda bajariladigan ish ifodasini qanday aniqlash mumkin?

13.10. Magnit maydonida tokli o'tkazgich va konturni ko'chirishda bajarilgan ish nimaga teng? Konturni biror burchakka burishda bajarilgan ishni qanday aniqlash mumkin? Bajarilgan ish qaysi vaqtda musbat va qaysi vaqtda manfiy bo'ladi?

13.1 - masala. U potentsiallar farqi ostida tezlanish olgan zaryadlangan zarracha, harakat yonalishiga perpendikulyar bo'lgan B induksiyali bir jinsli magnit maydoniga kirib kelmoqda. Magnit maydonidagi zarracha traektoriyasining egrilik radiusi R ga teng. Noma'lum kattalikni toping va qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	Zarracha	U, V	B, T	R, cm	Qo'shimcha ravishda aniqlansin
1	Proton	1 800	$6 \cdot 10^{-2}$?	Aylanish davri
2		450	?	15	Impuls momenti
3		?	$3 \cdot 10^{-2}$	12	Normal tezlanish
4		200	$4 \cdot 10^{-2}$?	Tangensial tezlanish
5	Elektron	8 000	$6 \cdot 10^{-3}$?	Impuls momenti
6		?	$3 \cdot 10^{-3}$	5	Normal tezlanish
7		320	?	6	Tangensial tezlanish
8		720	$9 \cdot 10^{-4}$?	Aylanish davri
9	Pozitron	720	?	3	Normal tezlanish
10		320	$2 \cdot 10^{-3}$?	Tangensial tezlanish
11		8 000	?	15	Aylanish davri
12		?	$3 \cdot 10^{-3}$	6	Impuls momenti
13	Proton	800	$2 \cdot 10^{-2}$?	Aylanish davri
14		?	$4 \cdot 10^{-2}$	10	Impuls momenti
15		1 250	?	25	Normal tezlanish
16		?	$3 \cdot 10^{-2}$	20	Tangensial tezlanish
17	α -zarracha	?	$4 \cdot 10^{-2}$	11	Tangensial tezlanish
18		900	?	12	Impuls momenti
19		400	$2 \cdot 10^{-2}$?	Normal tezlanish
20		?	$8 \cdot 10^{-2}$	15	Aylanish davri
21	Pozitron	8 000	?	6	Tangensial tezlanish
22		?	$4 \cdot 10^{-3}$	3	Normal tezlanish
23		320	$3 \cdot 10^{-4}$?	Impuls momenti
24		720	?	9	Aylanish davri
25	Elektron	720	$3 \cdot 10^{-3}$?	Aylanish davri
26		320	?	2	Tangensial tezlanish
27		8 000	$1,5 \cdot 10^{-2}$?	Normal tezlanish
28		?	$5 \cdot 10^{-4}$	20	Impuls momenti

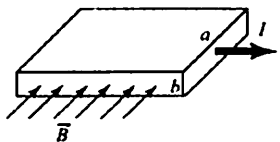
13.2 - masala. U potentsiallar farqi ostida tezlanish olgan zaryadlangan zarracha, maydon yonalishiga φ burchak ostida bir jinsli magnit maydoniga kirib kelmoqda va vintsimon traektoriya bo'ylab hakaratlana boshlaydi. Magnit maydon induksiyasi – B , vint traektoriyasi radiusi – R ga, vint chizig'i qadami – h ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Zarracha	U, V	α , grad	B, T	R, cm	h, cm
1	α -zarracha	1 600	30	$2 \cdot 10^{-1}$?	?
2	Pozitron	3 500	60	$4 \cdot 10^{-2}$?	?
3	Proton	800	45	$1,41 \cdot 10^{-1}$?	?
4	Elektron	14 050	45	$6,28 \cdot 10^{-2}$?	?
5	Pozitron	7 900	45	?	6	?
6	Proton	1 250	30	?	2,5	?
7	Elektron	878	60	?	0,87	?
8	α -zarracha	2 500	60	?	2,5	?
9	Proton	?	45	$4,24 \cdot 10^{-1}$?	6,28
10	Elektron	?	60	$4 \cdot 10^{-2}$?	1,57
11	α -zarracha	?	45	$2,12 \cdot 10^{-1}$?	6,28
12	Pozitron	?	30	$2 \cdot 10^{-2}$?	5,44
13	Elektron	?	45	$3,53 \cdot 10^{-3}$	6	?
14	α -zarracha	?	30	10^{-1}	1,5	?
15	Pozitron	?	45	$7,07 \cdot 10^{-3}$	3	?
16	Proton	?	60	$3,46 \cdot 10^{-1}$	2	?
17	Proton	800	45	?	?	12,56
18	α -zarracha	900	30	?	?	16,3
19	Pozitron	14 050	45	?	?	2,83
20	Elektron	7 900	45	?	?	18,8
21	α -zarracha	1 600	?	$2 \cdot 10^{-1}$	2	?
22	Elektron	3 500	?	$2 \cdot 10^{-2}$	0,5	?
23	Pozitron	21 950	?	$3,53 \cdot 10^{-2}$	1	?
24	Proton	1 800	?	$4,24 \cdot 10^{-1}$	1	?
25	Pozitron	878	?	10^{-2}	?	3,14
26	Elektron	21 950	?	$3,53 \cdot 10^{-2}$?	6,28
27	Proton	1 250	?	10^{-1}	?	27,2
28	α -zarracha	2 500	?	$1,73 \cdot 10^{-1}$?	9,1

13.3 - masala. Zaryadlangan zarracha, bir jinsli magnit maydoniga maydon yonalishiga φ burchak ostida kirib, R radiusli vintsimon traektoriya bo'ylab hakaratlanishni boshlaydi. Magnit maydon induksiyasi – B , zarracha kinetik energiyasi – W_k ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Zarracha	φ , grad	R , cm	B , T	W_k , J
1	Proton	45	2,12	$3 \cdot 10^{-2}$?
2		30	2,5	?	$6,9 \cdot 10^{-17}$
3		60	?	$1,73 \cdot 10^{-2}$	$7,66 \cdot 10^{-18}$
4		?	4,0	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,23 \cdot 10^{-16}$
5	α -zarracha	30	1,25	$5 \cdot 10^{-3}$?
6		60	4,33	?	$1,91 \cdot 10^{-16}$
7		60	?	$2,6 \cdot 10^{-1}$	$6,2 \cdot 10^{-16}$
8		?	4,5	$6,66 \cdot 10^{-3}$	$2,76 \cdot 10^{-18}$
9	Elektron	60	2,0	$4,33 \cdot 10^{-3}$?
10		45	1,07	?	$5,04 \cdot 10^{-15}$
11		45	?	$1,77 \cdot 10^{-2}$	$1,26 \cdot 10^{-15}$
12		?	1,73	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-16}$
13	Proton	30	1,5	$2 \cdot 10^{-2}$?
14		60	8,66	?	$1,23 \cdot 10^{-16}$
15		45	?	$1,41 \cdot 10^{-1}$	$3,064 \cdot 10^{-17}$
16		?	4,24	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$4,9 \cdot 10^{-16}$
17	Pozitron	45	1,5	$2,36 \cdot 10^{-3}$?
18		60	4,33	?	$5,6 \cdot 10^{-16}$
19		30	?	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,24 \cdot 10^{-15}$
20		?	3,5	10^{-2}	$6,86 \cdot 10^{-15}$
21	α -zarracha	60	3,0	$1,73 \cdot 10^{-2}$?
22		45	7,07	?	$3,75 \cdot 10^{-16}$
23		30	?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$7,66 \cdot 10^{-18}$
24		?	1,41	$4 \cdot 10^{-1}$	$4,9 \cdot 10^{-16}$
25	elektron	30	2,5	$1,2 \cdot 10^{-2}$?
26		45	3,535	?	$1,4 \cdot 10^{-16}$
27		60	?	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-15}$
28		?	1,5	$2 \cdot 10^{-2}$	$5,04 \cdot 10^{-15}$

13.4 - masala. Metall plastinkaning $S = ab$ ko'ndalang kesimidan (a – plastinka qalinligi, b – balandligi) I tok o'tmoqda. Plastinka induksiyasi B bo'lgan magnit maydonga b qirrasiga va tok yo'nalishiga perpendikulyar ravishda joylashtirilgan. Bunda U ko'ndalang potentsiallar farqi paydo bo'ladi. Noma'lum kattalikni aniqlang. O'tkazuvchan elektronlar konsentratsiyasini atomlar konsentratsiyasiga teng deb hisoblang.



Topshiriq raqami	Metall	I, A	B, T	U, V	a, mm
1	Alyuminiy	?	0,5	$2,7 \cdot 10^{-7}$	0,25
2		2,6	?	$8,1 \cdot 10^{-7}$	0,12
3		5,2	0,4	?	0,27
4		3,9	0,6	$4,5 \cdot 10^{-7}$?
5	Kumush	?	1,05	$6,48 \cdot 10^{-7}$	0,41
6		2,1	?	$2,7 \cdot 10^{-7}$	0,44
7		6,5	0,21	?	1,08
8		5,25	0,8	$4 \cdot 10^{-7}$?
9	Platina	?	0,64	$1,6 \cdot 10^{-7}$	0,78
10		2,15	?	$3,9 \cdot 10^{-7}$	0,38
11		6,45	0,2	?	0,15
12		7,2	0,43	$7,8 \cdot 10^{-7}$?
13	Alyuminiy	?	0,78	$3 \cdot 10^{-7}$	0,81
14		3,6	?	$5,4 \cdot 10^{-7}$	0,18
15		2,6	0,8	?	0,54
16		6,0	0,26	$3,6 \cdot 10^{-7}$?
17	Kumush	?	0,41	$1,64 \cdot 10^{-6}$	0,135
18		4,2	?	$3,2 \cdot 10^{-7}$	0,54
19		10,5	0,35	?	0,7
20		2,1	0,45	$9 \cdot 10^{-7}$?
21	Alyuminiy	?	0,26	$3,6 \cdot 10^{-7}$	0,54
22		1,3	?	$5,4 \cdot 10^{-7}$	0,21
23		4,5	0,25	?	0,135
24		7,8	0,2	$1,8 \cdot 10^{-7}$?
25	Platina	?	0,86	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0,39
26		4,3	?	$1,95 \cdot 10^{-6}$	0,16
27		3,1	0,43	?	0,13
28		2,15	0,28	$1,4 \cdot 10^{-7}$?

13.5 - masala. Qalinligi a bo'lgan yarim o'tkazgich plastinka, a bo'ylab yo'nalgan magnit maydoniga kiritilgan. Yarim o'tkazgichning solishtirma qarshiligi – ρ , magnit maydoni induksiyasi – B ga teng. Maydonga perpendikulyar yo'nalishda plastinka bo'ylab I tok o'tkaziladi. Bunda U ko'ndalang potentsiallar farqi paydo bo'ladi. Yarim o'tkazgichdagi tok tashuvchi zaryadlar harakatchanligi u ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	a , mm	ρ , Om·m	B , T	I , A	U , V	u , m ² / (V·s)
1	?	$2 \cdot 10^{-5}$	0,4	0,7	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$
2	0,85	?	0,35	0,9	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
3	0,64	10^{-5}	?	0,32	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-2}$
4	0,36	$5 \cdot 10^{-5}$	0,72	?	$5,4 \cdot 10^{-3}$	$1,08 \cdot 10^{-1}$
5	0,56	$1,4 \cdot 10^{-5}$	0,5	0,75	?	$1,6 \cdot 10^{-1}$
6	0,20	10^{-5}	1,0	0,1	$3,25 \cdot 10^{-3}$?
7	?	$3 \cdot 10^{-5}$	0,48	0,5	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-2}$
8	0,45	?	0,6	0,9	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
9	0,27	$1,5 \cdot 10^{-5}$?	0,54	$3,3 \cdot 10^{-3}$	$1,25 \cdot 10^{-1}$
10	0,52	10^{-5}	0,45	?	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$1,04 \cdot 10^{-1}$
11	0,32	$2 \cdot 10^{-5}$	0,55	0,4	?	$6,4 \cdot 10^{-2}$
12	0,30	$2 \cdot 10^{-5}$	0,8	1,2	$3,2 \cdot 10^{-3}$?
13	?	$4 \cdot 10^{-5}$	0,6	0,9	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$
14	0,62	?	0,93	0,25	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-2}$
15	0,46	$2,2 \cdot 10^{-5}$?	0,92	$5,72 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$
16	0,34	$6 \cdot 10^{-5}$	0,72	?	$1,44 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$
17	0,68	$2 \cdot 10^{-5}$	0,85	0,4	?	$3,82 \cdot 10^{-2}$
18	0,80	$3,2 \cdot 10^{-5}$	1,6	1,0	$9,6 \cdot 10^{-4}$?
19	?	$4 \cdot 10^{-5}$	0,36	1,5	$1,44 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
20	0,35	?	0,64	1,05	$5,76 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$
21	0,40	$1,2 \cdot 10^{-5}$?	0,6	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$
22	0,28	$1,4 \cdot 10^{-5}$	0,5	?	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$1,16 \cdot 10^{-1}$
23	0,60	$2 \cdot 10^{-5}$	0,75	0,4	?	$5,35 \cdot 10^{-2}$
24	0,75	$2,5 \cdot 10^{-5}$	0,54	0,8	$7,2 \cdot 10^{-4}$?
25	?	$2,8 \cdot 10^{-5}$	0,25	0,55	$7 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-2}$
26	0,58	?	1,16	0,6	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-2}$
27	0,42	$4 \cdot 10^{-5}$?	0,6	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-1}$
28	0,39	$1,3 \cdot 10^{-5}$	0,9	?	$3,36 \cdot 10^{-4}$	$1,12 \cdot 10^{-1}$

13.6 - masala. Elektromagnit qutblari orasida B induksiyali bir jinsli magnit maydoni paydo qilinadi. Uzunligi l bo'lgan o'tkazgich elektromagnit qutblari orasidaga kuch chiziqlariga nisbatan φ burchak ostida joylashtirilgan, undan t vaqt davomida $q = f(t)$ qonunga bo'ysunuvchi zaryad oqib o'tadi. Bunda o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch F ga teng. Noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	$q = f(t), C$	l, m	B, T	$\varphi, grad$	F, N
1	$q = 0.5t + 2$?	$3 \cdot 10^{-2}$	30	$1,5 \cdot 10^{-4}$
2	$q = 1.6 + 0.2t$	2.5	?	45	$7,07 \cdot 10^{-4}$
3	$q = t - 0.75$	5	$3,8 \cdot 10^{-2}$?	$1,34 \cdot 10^{-3}$
4	$q = 0.1t - 0.25$	20	$1,4 \cdot 10^{-2}$	60	?
5	$q = 0.25t + 1.8$?	$8 \cdot 10^{-2}$	60	$4,33 \cdot 10^{-4}$
6	$q = 2.47 + 0.6t$	3.33	?	45	$1,41 \cdot 10^{-3}$
7	$q = 0.15t - 0.04$	15	$4,3 \cdot 10^{-2}$?	$8,38 \cdot 10^{-4}$
8	$q = 0.3t - 2.2$	18	$6,2 \cdot 10^{-2}$	30	?
9	$q = 1.2t - 3.0$?	$5,83 \cdot 10^{-2}$	30	$3,5 \cdot 10^{-4}$
10	$q = 0.75 + 2t$	7.5	?	60	$8,66 \cdot 10^{-4}$
11	$q = 0.5t - 0.48$	10	$5,7 \cdot 10^{-2}$?	$2 \cdot 10^{-3}$
12	$q = 0.3t - 0.23$	5	$8,2 \cdot 10^{-2}$	45	?
13	$q = 0.35t + 1.21$?	$2,72 \cdot 10^{-2}$	45	$4,24 \cdot 10^{-4}$
14	$q = 2.75 + 0.8t$	6.25	?	30	$2,5 \cdot 10^{-3}$
15	$q = 3.84 + 0.55t$	3	$6,4 \cdot 10^{-2}$?	$5,28 \cdot 10^{-4}$
16	$q = 0.4t - 0.17$	11	$9,6 \cdot 10^{-3}$	60	?
17	$q = 0.9t - 1.75$?	$5,55 \cdot 10^{-2}$	60	$1,73 \cdot 10^{-3}$
18	$q = 0.55t + 0.83$	9	?	45	$2,12 \cdot 10^{-3}$
19	$q = 0.12 + 0.4t$	5	$9,5 \cdot 10^{-3}$?	$1,34 \cdot 10^{-4}$
20	$q = 0.8t - 0.98$	8	$5,8 \cdot 10^{-2}$	30	?
21	$q = 0.6t - 2.15$?	$5 \cdot 10^{-2}$	30	$6 \cdot 10^{-4}$
22	$q = 3.84 + 0.45t$	6.66	?	60	$2,6 \cdot 10^{-3}$
23	$q = 2.14 + 0.7t$	9	$8,8 \cdot 10^{-3}$?	$4,8 \cdot 10^{-4}$
24	$q = 0.75t - 0.18$	2	$7,3 \cdot 10^{-2}$	45	?
25	$q = 1.12 + 0.35t$?	$4 \cdot 10^{-2}$	45	$4,95 \cdot 10^{-4}$
26	$q = 0.44 + 0.85t$	8.82	?	30	$7,5 \cdot 10^{-4}$
27	$q = 0.45t - 2.11$	10	$7,8 \cdot 10^{-3}$?	$3,04 \cdot 10^{-4}$
28	$q = 0.7t - 1.31$	4	$9,2 \cdot 10^{-3}$	60	?

13.7 - masala. Uzunligi l bo'lgan o'tkazgichdan turli ko'rinishdagi konturlar tayyorlandi. Induksiyasi B bo'lgan bir jinsli magnit maydoniga joylashtrilgan har bir konturga M aylanish momenti ta'sir qilmoqda. Kontur bo'ylab I tok o'tmoqda. Kontur tekisligiga o'tkazilgan normal magnit maydoni yo'nalishiga nisbatan φ burchak tashkil qiladi. Noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	Kontur turi	l, cm	B, T	$M, \text{N}\cdot\text{m}$	I, A	φ, grad
1	Aylana	12,56	$4 \cdot 10^{-3}$?	0,6	45
2		6	?	$4,5 \cdot 10^{-7}$	0,2	30
3		?	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$8,66 \cdot 10^{-7}$	0,1	60
4		6,28	$3 \cdot 10^{-2}$	$3,33 \cdot 10^{-6}$	0,5	?
5	Kvadrat	4	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$?	60
6		8	$4 \cdot 10^{-2}$?	0,15	45
7		10	?	$7,51 \cdot 10^{-6}$	0,32	30
8		?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$4,33 \cdot 10^{-6}$	0,25	60
9	Tomonlari a va b , $a=2b$ bo'lgan to'g'rito'rtburchak	9	10^{-2}	$8,7 \cdot 10^{-7}$	0,2	?
10		6	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,41 \cdot 10^{-6}$?	45
11		12	$1,5 \cdot 10^{-3}$?	0,3	60
12		11	?	$1,21 \cdot 10^{-6}$	0,9	30
13	Aylana	?	$1,57 \cdot 10^{-2}$	$7,07 \cdot 10^{-7}$	0,125	45
14		9,3	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$6,36 \cdot 10^{-6}$	0,3	?
15		10	$3,14 \cdot 10^{-2}$	$3,53 \cdot 10^{-6}$?	45
16		31,4	$7 \cdot 10^{-3}$?	0,4	30
17	Tomonlari a va b , $a=4b$ bo'lgan to'g'rito'rtburchak	8	?	$1,28 \cdot 10^{-6}$	0,5	30
18		?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$7,07 \cdot 10^{-6}$	0,5	45
19		14	$5 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$	0,1	?
20		12	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$?	60
21	Kvadrat	16	$5,5 \cdot 10^{-3}$?	0,25	60
22		12	?	$2,12 \cdot 10^{-6}$	0,35	45
23		?	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	0,64	30
24		6,4	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$	0,2	?
25	Aylana	8	$6,28 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-7}$?	30
26		15,7	$3 \cdot 10^{-3}$?	0,8	60
27		5	?	$7,07 \cdot 10^{-7}$	0,63	45
28		?	$9,42 \cdot 10^{-3}$	$4,33 \cdot 10^{-6}$	0,66	60

13.8 - masala. Disk, unga o'tkazilgan normal magnit maydoni induksiya chiziqlariga nisbatan φ burchak ostida joylashgan bo'lib, normal bilan mos keluvchi o'q atrofida ν chastota bilan aylanmoqda. R radiusli diskni t , vaqt davomida kesib o'tuvchi magnit maydoni oqimi – Φ ga teng. Mangit maydoni induksiyasi – B ga teng. Noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	φ , grad	ν , Hz	r , cm	t , min	F , Vb	B , T
1	?	15	3	2	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
2	60	?	4	0,1	$6,28 \cdot 10^{-3}$	$2,08 \cdot 10^{-2}$
3	45	20	?	0,5	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
4	30	20	5	?	$9,79 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
5	45	25	2	1	?	$4 \cdot 10^{-2}$
6	60	15	3	0,5	$3,8 \cdot 10^{-2}$?
7	?	30	5	0,5	$1,25 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
8	45	?	1	0,2	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
9	60	5	?	2	$1,13 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
10	45	18	1,5	?	$5,4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
11	30	10	4	0,5	?	$8 \cdot 10^{-3}$
12	60	25	6	0,2	$1,36 \cdot 10^{-2}$?
13	?	12	2,5	1	$6,36 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
14	30	?	5	0,5	$3,67 \cdot 10^{-2}$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
15	45	20	?	1,5	$5,99 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
16	45	30	1,5	?	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$
17	60	20	8	3	?	$3 \cdot 10^{-2}$
18	30	5	4	2	$1,57 \cdot 10^{-2}$?
19	?	10	6	1,5	$5,03 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$
20	60	?	3	0,5	$8,48 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
21	30	15	?	0,1	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
22	60	10	2	?	$2,83 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
23	45	18	7	1	?	$2 \cdot 10^{-2}$
24	45	5	2	1,5	$4,8 \cdot 10^{-2}$?
25	?	14	2	2	$2,74 \cdot 10^{-2}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$
26	30	?	2,5	1	$7,14 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$
27	45	5	?	0,5	$4,8 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$
28	60	25	3	?	$7,95 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$

13.9 - masala. Ikkita to'g'ri chiziqli cheksiz uzun parallel o'tkazgichlar bir-biridan r_1 masofada joylashgan. O'tkazgichlardan bir yo'nalishda I_1 va I_2 toklar o'tmoqda. O'tkazgichlarni r_2 masofaga siljitish uchun o'tkazgichning uzunlik birligiga to'g'ri keluvchi A ish bajarish kerak. Noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	r_1, cm	r_2, cm	I_1, A	I_2, A	A, J
1	?	5	1,4	0,5	$9,7 \cdot 10^{-8}$
2	2	?	0,75	1,2	$1,98 \cdot 10^{-7}$
3	r_1	$1,5 \cdot r_1$?	2,5	$4,05 \cdot 10^{-7}$
4	$0,5 \cdot r_2$	r_2	0,5	?	$6,93 \cdot 10^{-8}$
5	r_1	$2 \cdot r_1$	0,5	0,8	?
6	?	8	1,5	0,6	$2,49 \cdot 10^{-7}$
7	5	?	0,6	0,4	$3,33 \cdot 10^{-8}$
8	r_1	$3 \cdot r_1$?	0,25	$1,1 \cdot 10^{-7}$
9	$0,2 \cdot r_2$	r_2	0,4	?	$1,6 \cdot 10^{-7}$
10	r_1	$4 \cdot r_1$	1,0	1,5	?
11	?	4,5	0,8	0,5	$8,8 \cdot 10^{-8}$
12	6	?	1,2	1,6	$2,66 \cdot 10^{-7}$
13	$0,25 \cdot r_2$	r_2	?	1,25	$1,38 \cdot 10^{-7}$
14	r_1	$2 \cdot r_1$	1,5	?	$2,77 \cdot 10^{-7}$
15	$0,5 \cdot r_2$	r_2	2,2	1,5	?
16	?	12	0,7	1,0	$7 \cdot 10^{-8}$
17	3	?	1,3	0,5	$9 \cdot 10^{-8}$
18	$0,1 \cdot r_2$	r_2	?	0,4	$4,6 \cdot 10^{-7}$
19	r_1	$3 \cdot r_1$	0,2	?	$8,8 \cdot 10^{-8}$
20	r_1	$5 \cdot r_1$	0,2	0,6	?
21	?	12	0,3	0,7	$4,6 \cdot 10^{-8}$
22	4,5	?	1,4	2,0	$3,88 \cdot 10^{-7}$
23	r_1	$2,5 \cdot r_1$?	0,5	$9,16 \cdot 10^{-8}$
24	$0,25 \cdot r_2$	r_2	2,0	?	$2,77 \cdot 10^{-7}$
25	10	20	0,7	2,1	?
26	?	15	1,3	0,9	$1,88 \cdot 10^{-7}$
27	2	?	0,5	1,1	$7,62 \cdot 10^{-8}$
28	$0,4 \cdot r_2$	r_2	?	0,8	$1,83 \cdot 10^{-7}$

13.10 - masala. Vertikal joylashgan r radiusli aylanma kontur bir jinsli gorizontaal magnit maydoniga, kontur tekisligining musbat normali magnit maydoniga nisbatan φ_1 burchak hosil qiladigan qilib joylashtirilgan. Magnit maydon induksiyasi – B , kontur orqali oqayotgan tok kuchi – I ga teng. Konturni vertikal diametri bilan mos keluvchi o‘qi atrofida, uning normali magnit maydoniga nisbatan φ_2 burchak hosil qiladigan qilib burish uchun A ish bajarish kerak. Noma‘lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	B, T	I, A	r, cm	$\varphi_1, grad$	$\varphi_2, grad$	A, J
1	?	0,25	4	60	0	$7,54 \cdot 10^{-5}$
2	0,02	?	3	30	90	$-2,45 \cdot 10^{-5}$
3	0,3	1,5	?	0	45	$-1,49 \cdot 10^{-3}$
4	0,45	0,9	6	?	120	$-5,53 \cdot 10^{-3}$
5	0,5	0,6	7	150	?	$3,22 \cdot 10^{-3}$
6	0,1	0,5	2	30	60	?
7	?	0,8	12	90	135	$-5,12 \cdot 10^{-3}$
8	0,25	?	5	60	120	$-1,57 \cdot 10^{-3}$
9	0,02	1,0	?	45	90	$-7,1 \cdot 10^{-5}$
10	0,3	0,7	4	?	90	$-9,14 \cdot 10^{-4}$
11	0,6	0,2	1	120	?	$5,65 \cdot 10^{-5}$
12	0,4	0,1	10	30	120	?
13	?	1,2	1	135	45	$3,2 \cdot 10^{-4}$
14	0,5	?	4	120	30	$3,43 \cdot 10^{-4}$
15	0,6	0,75	?	30	150	$-6,12 \cdot 10^{-3}$
16	0,1	0,5	8	?	120	$-5,03 \cdot 10^{-4}$
17	0,35	0,4	6	30	?	$-1,37 \cdot 10^{-3}$
18	0,05	1,2	5	0	45	?
19	?	0,6	2	45	30	$3 \cdot 10^{-5}$
20	0,8	?	3	150	90	$1,96 \cdot 10^{-3}$
21	0,7	0,8	?	0	30	$-9,43 \cdot 10^{-5}$
22	0,4	0,3	2	?	30	$5,52 \cdot 10^{-5}$
23	0,5	0,1	4	180	?	$2,51 \cdot 10^{-4}$
24	0,25	0,4	6	90	30	?
25	?	0,3	2	180	360	$3 \cdot 10^{-4}$
26	0,75	?	8	90	180	$-7,54 \cdot 10^{-3}$
27	0,08	0,6	?	60	150	$-1,85 \cdot 10^{-4}$
28	0,2	0,15	9	?	90	$-7,63 \cdot 10^{-4}$

14 – mavzu. Moddalarda magnit maydoni. Elektromagnit induksiya. Elektromagnit maydon uchun Maksvell nazariyasining asoslari

Asosiy qonunlar va ifodalar

Moddaning magnitlanganligi (magnitlanganlik vektori) magnetikning birlik hajmi magnit momentlarining yig'indisiga tengdir:

$$\mathbf{J} = \frac{\sum \vec{p}_m}{\Delta V}, \quad (14.1)$$

Magnit qabulqiluvchanlik miqdor jihatdan IA/m ga teng magnit maydoni kuchlanganligida magnetikning magnitlanganligiga teng:

$$\chi = \frac{|\mathbf{J}|}{|\vec{H}|}, \quad (14.2)$$

Moddaning magnit singdiruvchanligi

$$\mu = B/B_0, \quad (14.3)$$

bu erda B – magnetikdagi magnit maydon induksiyasi; B_0 – vakuumda o'sha maydonning induksiyasi.

Magnit maydoninig kuchlanganligi

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \mathbf{J}, \quad (14.4)$$

Moddadagi magnit maydon uchun to'la tok qonuni:

$$\oint_L \vec{H}_i dl = \sum_i I_i, \quad (14.5)$$

bu erda $\sum_i I_i$ – L kontur o'rab oladigan o'tkazgich toklari yig'indisi.

Moddada \vec{H} magnit maydoni kuchlanganligi bilan \vec{B} magnit maydon induksiyasi orasidagi bog'lanish:

$$\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}, \quad (14.6)$$

Moddaning μ magnit singdiruvchanligi bilan χ magnit qabul qiluvchsnligi orasidagi bog'lanish:

$$\mu = 1 + \chi, \quad (14.7)$$

μ_1 va μ_2 magnit singdiruvchanlikka ega bo'lgan ikkita magnetiklar chegarasidagi magnit maydonining \vec{B} induksiyasi va \vec{H} kuchlanganligining normal va tangensial tashkil etuvchilari orasidagi nisbat:

$$H_{r1} = H_{r2}, \quad B_{n1} = B_{n2}, \quad \frac{H_{n1}}{H_{n2}} = \frac{\mu_2}{\mu_1}, \quad \frac{B_{r1}}{B_{r2}} = \frac{\mu_1}{\mu_2}, \quad (14.8)$$

Ikkita magnetik chegarasida magnit induksiya chiziqlarining sinish qonuni:

$$\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}\alpha_2} = \frac{\mu_1}{\mu_2}, \quad (14.9)$$

bu erda α_1, α_2 – birinchi va ikkinchi magnetiklarda induksiya vektorlari yo'nalishlari va chegara normali oralaridagi burchaklar.

Elektromagnit induksiya qonuni:

$$E_i = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (14.10)$$

Tokli kontur induktivligi

$$L = \frac{\Phi}{i}, \quad (14.11)$$

Induksiya EYK

$$E_i = -\left(L\frac{di}{dt} + i\frac{dL}{dt}\right), \quad (14.12)$$

Ferromagnetiklar yoqligida deformatsiyalanmaydigan konturda induksiya EYK

$$E_i = -L\frac{di}{dt}, \quad (14.13)$$

Tokli kontur (solenoid) magnit maydonining energiyasi

$$W_m = -\frac{LI^2}{2}, \quad (14.14)$$

Magnit maydoni energiyasining hajmiy zichligi

$$\omega_m = \frac{BH}{2}, \quad (14.15)$$

Zanjir uzilgandagi tokning kamayish qonuni:

$$i = I_0 e^{-\frac{Rt}{L}}, \quad (14.16)$$

bu erda e – natural logarifm asosi.

Zanjir ulanganda tokning o‘shish qonuni:

$$i = I_0 \left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}}\right), \quad (14.17)$$

Ko‘chish toki zichligi

$$\vec{j}_k = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}, \quad (14.18)$$

Maksvell tenglamalarining integral ko‘rinishlari:

$$\oint_L E_i dl = -\int_s \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right)_n dS, \quad \oint_s D_n dS = \int_v \rho dV \quad (14.19)$$

$$\oint_L H_i dl = \int_s \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right)_n dS, \quad \oint_s B_n dS = 0$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

14.1. Modda magnitlanganligi (magnitlanganlik vektori) deb nimaga aytiladi? Moddaning magnit qabul qiluvchanligi nima? Bular orasida qanday bog‘lanishlar bor: a) ma’lum hajmdagi magnetikning magnitlanganligi vektori va magnit momentlar yig‘indisi bilan; b) magnit qabul qiluvchanlik va moddaning magnitlanganligi bilan; c)

Moddadagi magnit maydon kuchlanganligi bilan magnit maydon induksiyasi orasida; d) Moddaning nisbiy magnit singdiruvchanligi va uning magnit qabul qiluvchanligi orasida? Magnetiklar turlari qanday parametrlar bilan farqlanadilar?

14.2. Moddadagi magnit maydoni uchun to'liq tok qonunini ifodalang. Ikki magnetiklar chegarasida: a) magnit maydon induksiyasining normal tashkil etuvchisi va b) magnit maydoni kuchlanganligining normal tashkil etuvchisi orasida qanday bog'liqlik mavjud?

14.3. Ikkita magnetiklar chegarasida magnit maydonining tangensial tashkil etuvchilari orasida qanday bog'liqlik mavjud? Ikkita magnetik chegarasida magnit induksiya chiziqlarining sinish qonunini yozing.

14.4. Elektromagnit induksiya hodisasi nima? Elektromagnit induksiya qonunini ifodalang. Lens qoidasini tariflang.

14.5. Qaysi holda EYK. induksiyasi maksimal bo'ladi? Konturning qaysi holatida uning aylanishi konturni kesib o'tuvchi magnit oqimi o'zgarishiga olib kelmaydi?

14.6. Oqimni ushlab olish deb nimaga aytiladi? N ta o'ramdan iborat ramkadagi EYK induksiyasi, xuddi shunday yuzaga ega bo'lgan bitta o'ramdan iborat kontur EYK induksiyasidan qanchaga farq qiladi.

14.7. O'zinduksiya hodisasi nima? O'zinduksiya EYKsi nimaga teng? Induktivlik nima? U qanday birliklarda o'lchanadi? Qaysi hollarda solenoid induktivligi o'zgarmas bo'ladi? Qachon induktivlik solenoid o'ramlaridagi tok kuchiga bog'liq bo'ladi? Ohirgi holatda o'zinduksiya EYK nimaga teng? Tokli kontur energiyasi nimaga teng? O'zaro bog'langan bir necha konturlarning energiyalarini qanday aniqlanadi? Energiyaning hajmiy zichligi nima va uni qanday aniqlanadi?

14.8. Zanjir uzilganda tok qanday qonun bo'yicha kamayadi? Zanjirning vaqt doimiysi (relaksatsiya vaqti) deb nimaga aytiladi? Zanjir ulanganda tok qanday qonunga asosan o'sib boradi? Nima uchun zanjir tutashganda yoki uzilganda tok birdaniga emas, balki asta-sekinlik bilan o'zgaradi?

14.9. Elektromagnit maydon Maksvell nazariyasi asosida nima yotadi? Siljish toki deb nimaga aytiladi? U qanday aniqlanadi?

14.10. Maksvell tenglamalarini yozing va ularni tushuntiring.

14.1 - masala. Magnit maydoniga R radiusli sharcha joylashtirilgan. Sharcha moddasi magnit qabul qiluvchanligi – χ ga, sharchaning magnit momenti – p ga, sharcha ichidagi magnit maydoni induksiyasi – B ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Sharcha tayyorlangan magnetik moddaning turini aniqlang.

Topshiriq raqami	B, T	R, cm	χ	$p, A \cdot m^2$
1	$6 \cdot 10^{-3}$	2	$1,76 \cdot 10^{-4}$?
2	$2 \cdot 10^{-3}$	1,5	?	$3,375 \cdot 10^{-6}$
3	$5 \cdot 10^{-2}$?	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
4	?	2,5	$-1,4 \cdot 10^{-5}$	$-3,645 \cdot 10^{-6}$
5	$4 \cdot 10^{-2}$	0,8	$6 \cdot 10^{-5}$?
6	$2 \cdot 10^{-2}$	0,5	?	$-1,466 \cdot 10^{-6}$
7	$8 \cdot 10^{-3}$?	$-9 \cdot 10^{-6}$	$-1,92 \cdot 10^{-6}$
8	?	1,5	$-2 \cdot 10^{-5}$	$-4,5 \cdot 10^{-7}$
9	$3 \cdot 10^{-3}$	3,5	$2,6 \cdot 10^{-4}$?
10	$5 \cdot 10^{-2}$	2	?	$-1,2 \cdot 10^{-5}$
11	$1,5 \cdot 10^{-3}$?	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,887 \cdot 10^{-4}$
12	?	0,6	$-1,7 \cdot 10^{-5}$	$-1,224 \cdot 10^{-8}$
13	$1,2 \cdot 10^{-3}$	1,5	$3,6 \cdot 10^{-3}$?
14	$3,6 \cdot 10^{-3}$	1	?	$1,678 \cdot 10^{-5}$
15	10^{-3}	?	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$1,538 \cdot 10^{-4}$
16	?	2,5	$-8 \cdot 10^{-6}$	$-2,083 \cdot 10^{-5}$
17	$7 \cdot 10^{-2}$	0,5	$-3 \cdot 10^{-6}$?
18	$6 \cdot 10^{-2}$	1	?	$-3,4 \cdot 10^{-6}$
19	$2 \cdot 10^{-3}$?	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$7,99 \cdot 10^{-6}$
20	?	0,2	$-1,8 \cdot 10^{-4}$	$-1,44 \cdot 10^{-8}$
21	$6 \cdot 10^{-3}$	3	$-2 \cdot 10^{-5}$?
22	$1,5 \cdot 10^{-3}$	2,5	?	$1,092 \cdot 10^{-4}$
23	$1,2 \cdot 10^{-3}$?	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$2,31 \cdot 10^{-5}$
24	?	0,5	$-1,7 \cdot 10^{-5}$	$-7,083 \cdot 10^{-8}$
25	$8 \cdot 10^{-2}$	0,1	$2,6 \cdot 10^{-4}$?
26	$4 \cdot 10^{-3}$	0,8	?	$8,182 \cdot 10^{-6}$
27	$9 \cdot 10^{-2}$?	$-3 \cdot 10^{-6}$	$-2,43 \cdot 10^{-5}$
28	?	1,5	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$2,362 \cdot 10^{-7}$

14.2 - masala. Kengligi h_0 bo'lgan tor vakuimli tirqichi ferromagnit o'zak ko'rinishdagi torroid, uzunlik birligiga to'g'ri kelgan n ta o'ramdan iborat. Tirqish kengligi h_0 toroidning o'rtacha diametri d ga nisbatan ancha kichik. Toroid o'ramlaridagi tok kuchi I bo'lganida tirqishdagi magnit maydoni induksiyasi B_0 ga, o'zakning nisbiy magnit singdiruvchanligi μ ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	d , cm	h_0 , mm	n , m ⁻¹	I , A	B_0 , T	μ	Bog'liqlikni tushuntiring
1	30	1	1 000	1,68	1,1	?	$\mu = f(I)$
2				2,41	1,2	?	
3				3,10	1,3	?	
4				3,64	1,35	?	
5	40	2	1 000	2,46	?	280	$B_0 = f(\mu)$
6					?	540	
7					?	710	
8					?	1 140	
9	50	3	500	?	0,6	238	$B_0 = f(I)$
10				?	0,3	318	
11				?	0,4	290	
12				?	0,5	265	
13	30	1,5	?	3,0	1,30	1 035	$B_0 = f(n)$
14			?		1,35	716	
15			?		1,25	1 170	
16			?		1,20	1 270	
17	50	?	850	1,5	0,56	2 000	$B_0 = f(h_0)$
18		?			0,46		
19		?			0,63		
20		?			0,51		
21	?	3	1 000	2,5	1,0	26 50	$\mu = f(d)$
22	?				1,1	1 750	
23	?				1,25	1 120	
24	?				1,4	650	
25	45	1,8	1 350	2,0	1,2	?	$\mu = f(n)$
26			860		1,0	?	
27			630		0,8	?	
28			430		0,6	?	

14.3 - masala. Ikkita turli magnetiklardan iborat tekis parallel plastinkalar birgalikda birlashtirilgan va magnit maydoniga joylashtirilgan. Bunda birinchi magnetikdagi magnit induksiyasi vektori B_1 bo'linish chegarasiga o'tkazilgan normal bilan α_1 burchak, ikkinchi magnetikdagi B_2 vektori esa α_2 burchakni tashkil etadi. Magnetiklarning magnit singdiruvchanliklari nisbati μ_1/μ_2 ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	B_1, T	α_1, grad	B_2, T	α_2, grad	μ_1/μ_2
1	$2,5 \cdot 10^{-3}$	20	$2,506 \cdot 10^{-3}$?	?
2	?	45	$2 \cdot 10^{-3}$?	1,05
3	$5 \cdot 10^{-4}$	30	?	?	1,01
4	$4,08 \cdot 10^{-4}$?	$4 \cdot 10^{-4}$	45	?
5	$8 \cdot 10^{-3}$	60	?	?	0,97
6	?	30,124	$3 \cdot 10^{-3}$	30	?
7	$5,955 \cdot 10^{-4}$?	$6 \cdot 10^{-4}$	60	?
8	?	?	$5 \cdot 10^{-2}$	40	1,004
9	$2,0014 \cdot 10^{-4}$?	$2 \cdot 10^{-4}$	20	?
10	$7 \cdot 10^{-3}$	45	?	?	0,995
11	$5 \cdot 10^{-3}$	30	$4,988 \cdot 10^{-3}$?	?
12	?	?	$4 \cdot 10^{-4}$	60	0,992
13	?	89	$2 \cdot 10^{-4}$?	$5 \cdot 10^3$
14	$6,982 \cdot 10^{-2}$?	$5 \cdot 10^{-3}$	1	?
15	$5 \cdot 10^{-2}$?	?	2	10^3
16	$1,146 \cdot 10^{-1}$	88	$4 \cdot 10^{-3}$?	?
17	$2 \cdot 10^{-4}$	1,5	$5,24 \cdot 10^{-3}$?	?
18	$3 \cdot 10^{-3}$?	$6,876 \cdot 10^{-2}$	87,5	?
19	$4 \cdot 10^{-3}$	1	?	?	$5 \cdot 10^{-4}$
20	?	?	$8 \cdot 10^{-2}$	88	$2 \cdot 10^{-3}$
21	$6 \cdot 10^{-2}$?	?	1,366	800
22	?	86	$2 \cdot 10^{-3}$?	1 200
23	$2,864 \cdot 10^{-2}$?	10^{-3}	1,49	?
24	10^{-3}	87	$5,233 \cdot 10^{-5}$?	?
25	$8 \cdot 10^{-3}$?	$1,4 \cdot 10^{-4}$	4,368	?
26	$5 \cdot 10^{-3}$	88,5	?	?	680
27	?	?	10^{-4}	0,8	900
28	$2 \cdot 10^{-2}$	87,5	$8,727 \cdot 10^{-4}$?	?

14.4 - masala. Induksiyasi B bo'lgan birjinsli magnit maydonida uzunligi l bo'lgan tayoqcha ω o'zgarimas burchak tezlik bilan aylanayapdi. Aylanish o'qi tayoqcha uchiga mos keladi va magnit maydoni kuch chiziqlariga nisbatan α burchakni hosil qiladi. Bunda tayoqcha uchlarida ε ga teng EYK induksiyasi vujudga keladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	B, T	l, cm	$\omega, rad/s$	$\alpha, grad$	ε, V
1	?	12	20	30	$2,5 \cdot 10^{-3}$
2	0,05	?	32	60	$3,6 \cdot 10^{-2}$
3	0,2	25	?	45	$1,77 \cdot 10^{-1}$
4	0,34	42	16	?	$2,4 \cdot 10^{-1}$
5	0,08	30	45	60	?
6	?	18	22	30	$3,4 \cdot 10^{-2}$
7	0,4	?	50	45	$2,83 \cdot 10^{-1}$
8	0,02	10	?	60	$1,5 \cdot 10^{-3}$
9	0,15	40	35	?	$2,97 \cdot 10^{-1}$
10	0,5	24	60	45	?
11	?	36	40	30	$8,98 \cdot 10^{-1}$
12	0,04	?	28	60	$1,75 \cdot 10^{-2}$
13	0,26	16	?	30	$1,44 \cdot 10^{-1}$
14	0,6	28	62	?	$7,29 \cdot 10^{-1}$
15	0,1	50	24	60	?
16	?	35	15	45	$1,3 \cdot 10^{-1}$
17	0,03	?	25	60	$1,875 \cdot 10^{-3}$
18	0,45	8	?	30	$7,48 \cdot 10^{-2}$
19	0,24	32	50	?	$4,34 \cdot 10^{-1}$
20	0,35	22	36	45	?
21	?	40	18	30	$6,235 \cdot 10^{-1}$
22	0,07	?	65	60	$2,56 \cdot 10^{-2}$
23	0,12	14	?	45	$4,16 \cdot 10^{-2}$
24	0,32	27	43	?	$4,34 \cdot 10^{-1}$
25	0,48	33	52	60	?
26	?	28	30	45	$2,5 \cdot 10^{-1}$
27	0,56	?	55	60	$6,93 \cdot 10^{-1}$
28	0,06	50	?	30	$1,3 \cdot 10^{-1}$

14.5 - masala. Induksiyasi B bo'lgan bir jinsli magnit maydonida yuzasi S bo'lgan ramka ω burchak tezlik bilan bir tekis aylanayapdi. Aylanish o'qi ramka tekisligida bo'lib, magnit maydoni kuch chiziqlari bilan α burchakni hosil qiladi. Aylanayotgan ramkada E_{max} induksiyning maksimal EYK toping. E_{max} ning o'zgaruvchi parametrga nisbatan qanday bog'liqligini kuzating

Topshiriq raqami	B, T	S, cm^2	$\omega, rad/s$	$\alpha, grad$	Bog'liqlikni tushuntiring
1	0,05	35	60	30	$\epsilon_{max} = f(\alpha)$
2				60	
3				90	
4				120	
5	0,3	4	10	45	$\epsilon_{max} = f(\omega)$
6			20		
7			30		
8			40		
9	0,5	10	80	30	$\epsilon_{max} = f(S)$
10		20			
11		30			
12		40			
13	0,05	25	6	150	$\epsilon_{max} = f(B)$
14	0,10				
15	0,15				
16	0,20				
17	0,4	16	120	90	$\epsilon_{max} = f(\alpha)$
18				120	
19				135	
20				150	
21	0,75	8	50	60	$\epsilon_{max} = f(\omega)$
22			100		
23			150		
24			200		
25	0,2	12	15	120	$\epsilon_{max} = f(B)$
26	0,4				
27	0,6				
28	0,8				

14.6 - masala. Induksiyasi B bo'lgan bir jinsli magnit maydonida bir-biriga zich holda o'ralgan N o'ramdan iborat ramka ν chastota bilan aylanayapdi. Ramka yuzasi S ga teng va aylanish o'qi induksiya chiziqlariga nisbatan perpendikulyardir. Induksion EYuKning t vaqtdagi induksiya EYK ning oniy qiymati E_i ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	B, T	ν, Hz	N	S, cm^2	ϵ_b, V	t, s
1	?	27,77	900	40	108,8	0,15
2	0,3	20,5	1 000	12	?	0,25
3	0,08	5	?	30	4,52	10,05
4	0,4	36,44	750	?	68,68	1,1
5	0,2	5	800	26	?	0,05
6	0,5	37	900	22	230	?
7	?	25	1 100	15	54,97	4,005
8	0,75	11	?	30	130,63	2,02
9	0,6	16,75	?	18	64,3	1,5
10	0,1	42,5	1 200	?	34	0,05
11	0,05	22,11	860	24	?	1,5
12	0,4	19,3	480	32	37,25	?
13	?	35	800	16	196,94	0,55
14	0,32	25	920	20	?	1,005
15	0,28	6,25	?	40	43,98	6,04
16	0,12	9,05	600	?	12,28	5
17	0,46	5,5	500	48	?	2,75
18	0,6	16,5	300	14	22,62	?
19	?	25	720	28	126,67	3,01
20	0,09	6	400	?	3,838	5,042
21	0,42	12,11	?	45	62,27	1,5
22	0,55	18,1	950	?	142,61	2,5
23	0,30	28,2	800	16	?	1,25
24	0,16	4,021	1 200	36	8,73	?
25	?	12,5	750	18	37,47	2,01
26	0,64	10	500	34	?	2,025
27	0,5	26,1	?	25	164	2,5
28	0,4	15,25	850	?	57,58	0,5

14.7 - masala. D diametrlil silindrik karkasga d diametrlil simdan bir biriga zich o'ralgan N o'ramlardan iborat bir qatlamli solenoid L induktivlikka ega. O'ramlardan I tok kuchi o'tganda o'zak moddasining magnit singdiruvchanligi μ ga, magnit maydoni energiyzsining hajmiy zichligi w ga teng bo'ladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	L, Gn	N	d, mm	D, cm	I, A	μ	$w, \text{J/m}^3$
1	?	700	?	3,6	0,1	2 300	40.12
2	11,21	?	0,4	5,2	?	3 500	2 198
3	?	2 500	0,85	6,5	0,7	600	?
4	8,796	?	0,07	4,4	0,45	?	22 008
5	?	1 000	0,15	6,0	?	3 300	58 948
6	5,613	?	?	2,5	0,75	4 200	16 485
7	1,244	500	?	?	0,3	1 000	115.35
8	?	750	0,5	5,0	0,09	?	24.417
9	0,8184	?	0,8	3,5	0,4	950	?
10	5,764	460	?	4,6	?	3 000	2 713
11	3,435	550	0,45	?	0,2	?	272.54
12	1,988	300	0,1	2,2	0,65	?	?
13	5,83	600	0,2	?	?	2 700	5 193
14	?	850	?	4,2	0,15	1 500	2 120
15	0,6	?	0,65	3,0	0,5	800	?
16	4,828	320	?	5,4	0,9	?	6 666.9
17	?	950	0,3	3,8	0,07	2 000	?
18	3,12	360	0,09	4,5	?	?	1 703.9
19	0,994	?	0,55	2,4	0,85	?	3 450
20	19,6	800	?	5,6	0,12	950	?
21	?	900	0,75	4,0	?	700	25.32
22	19,319	?	?	6,6	0,80	1 100	11 053
23	2,504	450	0,25	?	0,55	?	5 465
24	7,944	1 100	0,6	?	0,06	1 400	?
25	1,19	?	0,35	3,2	?	1 650	1 713
26	3,723	830	?	?	0,25	2 500	126.7
27	?	400	0,7	5,3	0,60	?	425.86
28	6,776	650	0,08	2,6	0,35	?	?

14.8 - masala. G'altak R elektr qarshiligiga va L induktivlikka ega. G'altakdagi tok kuchi I_0 ga teng. Tok o'chirilganidan t vaqt o'tgach, g'altakdagi tok kuchi i ga teng bo'lib qoladi. Nomalum kattalikni toping. Qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	R, Om	L, Gn	I_0, A	i, A	t, s	Bog'liqlikni taxlil qiling
1	?	0,133	i_0	$0,5 i_0$	$4 \cdot 10^{-3}$	$i = f(t)$ $i_0, R, L - \text{const}$
2	30	?	i_0	$0,2 i_0$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	
3	12	0,036	?	0,1	$5,37 \cdot 10^{-3}$	
4	25	0,75	0,5	?	$2,08 \cdot 10^{-2}$	
5	11,1	0,032	i_0	$0,25 i_0$?	$i = f(R)$ $i_0, L, t - \text{const}$
6	?	0,04	i_0	$0,1 i_0$	$4,6 \cdot 10^{-3}$	
7	120	?	i_0	$0,4 i_0$	$9,16 \cdot 10^{-4}$	
8	230	0,115	?	0,2	$8,05 \cdot 10^{-4}$	$i = f(L)$ $i_0, R, t - \text{const}$
9	180	0,09	0,8	?	$6,93 \cdot 10^{-4}$	
10	138,6	0,1	i_0	$0,5 i_0$?	
11	?	0,16	i_0	$0,25 i_0$	$2,77 \cdot 10^{-3}$	
12	35	?	i_0	$0,4 i_0$	$1,83 \cdot 10^{-2}$	$i/I_0 = f(t)$
13	90	0,27	?	0,125	$4,16 \cdot 10^{-3}$	
14	146	0,073	0,6	?	$8,95 \cdot 10^{-4}$	
15	28	0,252	i_0	$0,2 i_0$?	
16	?	0,24	i_0	$0,1 i_0$	$6,9 \cdot 10^{-3}$	$i/I_0 = f(R)$
17	180	?	i_0	$0,25 i_0$	$9,7 \cdot 10^{-4}$	
18	110,9	0,84	?	0,05	$1,05 \cdot 10^{-2}$	
19	72	0,144	0,1	?	$3,22 \cdot 10^{-3}$	
20	45,8	0,15	i_0	$0,4 i_0$?	$i/I_0 = f(L)$
21	?	0,45	i_0	$0,5 i_0$	$2,08 \cdot 10^{-3}$	
22	96,6	?	i_0	$0,2 i_0$	$8 \cdot 10^{-4}$	
23	85	0,34	?	0,14	$6,44 \cdot 10^{-3}$	
24	35,8	0,26	0,12	?	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$i/I_0 = f(t)$
25	104	0,2	i_0	$0,125 i_0$?	
26	?	0,024	i_0	$0,1 i_0$	$9,2 \cdot 10^{-4}$	
27	183,2	?	i_0	$0,4 i_0$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	
28	62	0,31	?	0,15	$1,04 \cdot 10^{-2}$	

14.9 - masala. Plastinalari orasidagi masofa t vaqt mobaynida d_0 dan d gacha v tezlik bilan o'zgarib turuvchi yassi kondensatordagi j_{sil} siljish toki zichligini toping: a) kondensator plastinalaridagi zaryadlar o'zgarmaydi; b) bu vaqt mobaynida kondensator plastinalari orasidagi potentsiallar farqi $\Delta\phi$ o'zgarmaydi. Plastinalar orasidagi masofa butun jarayon vaqtida plastinkalar chiziqli o'lchamlariga nisbatan juda kichkligacha qoladi. Kondensator qoplamalari orasidagi muhitning dielektrik sindiruchanligi ϵ ga teng.

Topshiriq raqami	$\Delta\phi, V$	d_0, cm	ϵ	$v, cm/s$	t, s	Bog'liqlikni tushuntiring
1	150	0,5	1,8	0,5	0,2	$j_{sil} = f(v)$
2				0,1		
3				0,3		
4				0,8		
5	220	1,0	4,0	1,0	0,5	$j_{sil} = f(t)$
6					1,0	
7					1,5	
8					2,0	
9	100	0,8	25,2	2,0	1,5	$j_{sil} = f(\Delta\phi)$
10	200					
11	300					
12	400					
13	500	2,0	1,4	3,5	0,75	$j_{sil} = f(d_0)$
14		4,0				
15		6,0				
16		8,0				
17	250	1,5	2,2	5,0	1,0	$j_{sil} = f(\epsilon)$
18			4,5			
19			20			
20			81			
21	350	3,0	2,0	2,0	0,5	$j_{sil} = f(v)$
22				4,0		
23				6,0		
24				8,0		
25	180	2,5	1,5	3,0	0,01	$j_{sil} = f(t)$
26					0,1	
27					1,0	
28					10	

14.10 - masala. Doiraviy parallel plastinkalar orasi, bir jinsli yomon o'tkazuvchi, elektr o'tkazuvchanligi σ , dielektrik singdiruvchanligi ε (mangit sindiruvchanligi $\mu = 1$) bo'lgan muhit bilan to'ldirilgan. Plastinalar orasidagi masofa d , plastinalar radiusi R dan ancha kichik. Plastinalarga $U = U_m \cos \omega t$ qonuniyat bo'yicha o'zgaruvchi kuchlanish qo'yilgan. $U = 0$ bo'lganda hisob boshlanish vaqtini belgilab, t vaqt momentida plastina o'qidan R ga nisbatan ancha kichik bo'lgan r oraliqdagi magnit maydoni kuchlanganligi H ni toping.

Topshiriq raqami	$\sigma, (\text{Om}\cdot\text{m})^{-1}$	ε	d, cm	U_m, V	$\omega, \text{rad/s}$	r, cm	t, s	Bog'liqlikni fushuntirin g
1	10^{-8}	6,0	2	300	500	1,0	10^{-2}	$H = f(\sigma)$
2	$5 \cdot 10^{-8}$							
3	10^{-7}							
4	$3 \cdot 10^{-8}$							
5	$4 \cdot 10^{-8}$	2,0	1	250	1 000	0,5	$2 \cdot 10^{-3}$	$H = f(\varepsilon)$
6		2,6						
7		6,0						
8		81						
9	$6 \cdot 10^{-8}$	2,6	1	150	800	0,8	$6 \cdot 10^{-3}$	$H = f(d)$
10			2					
11			3					
12			4					
13	$8 \cdot 10^{-8}$	4,2	0,5	200	750	0,1	$5 \cdot 10^{-4}$	$H = f(U_m)$
14				400				
15				600				
16				800				
17	$2 \cdot 10^{-7}$	8,2	3,5	200	500	0,6	$7 \cdot 10^{-3}$	$H = f(\omega)$
18					1 000			
19					2 000			
20					3 000			
21	$7 \cdot 10^{-8}$	5,4	3	500	400	0,5	$8 \cdot 10^{-4}$	$H = f(r)$
22						1,0		
23						1,5		
24						2,0		
25	$2 \cdot 10^{-8}$	4,8	1,5	350	600	1,0	10^{-3}	$H = f(t)$
26							$1,5 \cdot 10^{-3}$	
27							$2,5 \cdot 10^{-3}$	
28							$5 \cdot 10^{-3}$	

TEBRANISHLAR VA TO‘LQINLAR

15 – mavzu. Garmonik mexanik va elektromagnit tebranishlar

Asosiy qonunlar va ifodalar

Erkin so‘nmaydigan mexanik garmonik tebranishlarning differensial tenglamasi:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0, \quad (15.1)$$

Uning yechimi:

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad \text{yoki} \quad x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_1), \quad (15.2)$$

bu erda A – tebranish amplitudasi; ω_0 – siklik chastota; $\omega_0 t + \varphi_0$ (yoki $\omega_0 t + \varphi_1$) – tebranish fazasi, φ_0 (yoki φ_1) – tebranishning boshlang‘ich fazasi.

Tebranuvchi nuqtaning maksimal tezligi

$$v_{\max} = A\omega_0, \quad (15.3)$$

Tebranuvchi nuqtaning maksimal tezlanishi

$$a_{\max} = A\omega_0^2, \quad (15.4)$$

Guk qonuni (qaytaruvchi kuch):

$$F_x = -kx, \quad (15.5)$$

Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning potensial energiyasi

$$W_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi), \quad (15.6)$$

Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning kinetik energiyasi

$$W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \sin^2(\omega_0 t + \varphi), \quad (15.7)$$

Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to'la energiyasi

$$W = \frac{kA^2}{2}, \quad (15.8)$$

Siklik chastota va tebranish davri orasidagi bog'lanish:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \quad (15.9)$$

Prujinali mayatnikning tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad (15.10)$$

bu erda m – mayatnik massasi; k – prujina bikirligi
Matematik mayatnikning tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}, \quad (15.11)$$

bu erda l – matematik mayatnik ipining uzunligi; g – erkin tushish tezlanishi.

Fizik mayatnikning tebranish davri

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgL}}, \quad (15.12)$$

bu erda J – fizik mayatnikning inersiya momenti; L – osilish nuqtasidan massa markazigacha bo'lgan masofa.

Tebranish konturi kodensator qoplamalaridagi zaryadning garmonik tebranishining differensial tenglamasi:

$$\ddot{q} + \omega_0^2 q = 0, \quad (15.13)$$

Uning yechimi:

$$q = q_{\max} \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (15.14)$$

Ideal tebranish konturidagi garmonik elektromagnit tebranishlarning davri (Tomson ifodasi)

$$T = 2\pi\sqrt{LC} , \quad (15.15)$$

bu erda L – kontur induktivligi; C – uning sig'imi.

Konturdagi elektromagnit tebranishlarning ω_0 siklik chastotasi bilan konturning L induktivligi va C kontur sizimi orasidagi bog'lanish:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} , \quad (15.16)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

15.1. Qanday tebranishlar garmonik deyiladi? Garmonik tebranishlarning differensial tenglamalari va uning yechimini yozing. Qanday kattaliklar garmonik qonun bo'yicha o'zgaradi: a) mexanik tebranishlarda; b) elektromagnit tebranishlarda? Bu kattaliklarning qaysi parametrga bog'liqligi garmonik qonuniyat bo'yicha ifodalanadi?

15.2. Tebranish darvi, uning amplitudasi, fazasi deb nimaga aytiladi? Tebranishning boshlang'ich fazasi nima? Tebranuvchi nuqta qachon maksimal tezlikka erishadi? U nimaga teng? Qachon uning tezlanishi maksimal qiymatga erishadi?

15.3. Qanday kuchlar elastik va kvazielastik deyiladi? Guk qonunini yozing va uning fizik ma'nosini tushuntiring. Prujinali mayatnik nimadan iborat, unda tebranayotgan moddiy nuqtaga qanday kuchlar ta'sir qiladi? Prujinali mayatnik tebranish davri nimaga teng?

15.4. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi? Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi? Fizik mayatnikning tebranish davrini qaysi ifoda yordamida hisoblab topish mumkin? Ingichka halqa, yupqa disk, shar, sterjenlarning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qiga nisbatan inersiya momenti nimaga teng? Og'irlik markazidan o'tmaydigan o'qqa nisbatan inersiya momentini qanday aniqlash mumkin?

15.5. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi? Matematik mayatnikning tebranish davri nimaga teng?

15.6. Nuqtaning muvozanat nuqtasiga nisbatan siljiganidagi tebranishlarining kinetik va potensial energiyalari o'zgarishlar grafiklarini chizing va tushuntiring. Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to'liq energiyasi qanday aniqlanadi?

15.7. Tebranayotgan moddiy nuqtaning kinetik energiyasi vaqt o'tishi bilan qanday qonuniyat asosida o'zgaradi? U qachon maksimal qiymatga erishadi? Garmonik mexanik tebranishlarda moddiy nuqta potensial energiyasining o'zgarishi qaysi qonuniyatga bo'ysunadi? Vaqtning qaysi momentlarida potensial energiya maksimal qiymatga erishadi?

15.8. Elektr tebranish konturi deb nimaga aytiladi? Ideal tebranish konturi real tebranish konturidan nimasi bilan farq qiladi? Konturdagi elektromagnit tebranishlar chastotasi konturning induktivligi va sig'imi bilan qanday bog'langan?

15.9. Garmonik elektromagnit tebranishlar tenglamasi va kondensator qoplamalaridagi zaryadning vaqt bo'yicha o'zgarishi uchun uning echimini yozing. Bu holda induktivlik g'altigidan oqayotgan tok kuchi o'zgarishi qanday qonuniyatga bo'ysunadi? Kondensator qoplamalaridagi potensiallar farqi vaqt bo'yicha qanday o'zgaradi?

15.10. Garmonik tebranishlar chastotasi va davri o'rtasida qanday bog'liqlik mavjud? Tebranish konturidagi garmonik elektromagnit tebranishlar davrini aniqlash bo'yicha Tomson ifodasini yozing.

15.1 - masala. Tebranish amplitudasi A bo'lgan, t vaqt davomida n marta tebranayotgan va boshlang'ich tebranish fazasi φ_0 ga teng bo'lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing. a) $t = 0$ vaqtidagi nuqtaning siljishini; b) nuqtaning maksimal tezligini; c) uning maksimal tezlanishini toping. Bu harakat grafigini chizing.

Topshiriq raqami	A, cm	t, s	n	φ_0
1	0,5	60	150	$\pi/4$
2	3,2	96	120	$\pi/2$
3	2,0	16	80	$-\pi/4$
4	1,4	25,6	160	$-\pi/2$
5	1,5	51,2	160	$\pi/4$
6	0,3	8,0	80	$\pi/2$
7	2,2	48	120	$-\pi/4$
8	2,4	12	150	$-\pi/2$
9	1,2	24	120	$\pi/2$
10	3,3	6,0	150	π
11	0,4	32	80	$-\pi/2$
12	2,5	19,2	120	$-\pi$
13	0,2	2,4	120	$\pi/4$
14	1,3	64	80	$-\pi/4$
15	2,4	24	150	$\pi/2$
16	1,5	9,6	120	$-\pi/2$
17	1,2	64	160	$-\pi/2$
18	3,0	4,8	120	$\pi/2$
19	0,4	4,8	60	$-\pi/4$
20	5,0	32	100	$\pi/4$
21	2,0	12,8	80	π
22	3,5	12,0	120	$-\pi$
23	4,2	38,4	120	$\pi/2$
24	0,5	30	150	$-\pi/2$
25	2,5	15	150	$-\pi/4$
26	0,6	6,4	80	$\pi/4$
27	4,0	2,4	120	$-\pi/2$
28	5,2	48	240	$\pi/2$

15.2 – masala. Moddiy nuqtaning garmonik tebranishlari boshlang'ich fazasi nolga teng. Nuqtaning muvozanat nuqtasiga nisbatan siljishi x_1 ga teng bo'lganida uning tezligi v_1 ga teng, siljishi x_2 ga teng bo'lganida esa tezligi v_2 ga teng. Tebranish davri T ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Tebranish amplitudasini (0.01 cm aniqlikda) aniqlang.

Topshiriq raqami	x_1, cm	x_2, cm	$v_1, \text{cm/s}$	$v_2, \text{cm/s}$	T, s
1	?	1,5	4,2	2,5	2,08
2	3,0	?	8,0	6,0	3,14
3	1,5	2,0	?	1,0	2,94
4	2,4	2,8	3,0	?	4,05
5	1,2	1,5	2,0	1,6	?
6	?	4,0	3,5	0,4	4,78
7	0,1	?	2,5	2,0	2,052
8	4,5	6,0	?	0,8	6,36
9	0,8	1,0	3,5	?	2,09
10	2,0	2,5	3,0	2,0	?
11	?	6,0	4,5	1,0	4,75
12	4,0	?	14,0	2,8	2,05
13	1,4	2,0	?	1,0	3,9
14	0,2	0,8	5,0	?	1,062
15	3,5	4,0	2,6	1,4	?
16	?	1,0	4,0	3,5	2,81
17	1,0	?	2,5	1,0	4,75
18	0,4	0,6	?	1,6	2,34
19	2,2	2,8	2,0	?	6,28
20	5,0	6,0	12,0	3,2	?
21	?	2,5	4,5	1,2	2,17
22	0,5	?	5,2	2,5	0,86
23	6,0	6,5	?	2,0	2,78
24	1,6	2,0	4,0	?	2,85
25	2,5	3,0	3,6	1,2	?
26	?	0,5	5,0	3,0	0,72
27	5,5	?	10,0	1,5	2,75
28	0,6	1,2	?	1,4	2,46

15.3 – masala. Prujina F kuch ta'siri ostida x *cm* masofaga cho'ziladi. Agar bu prujinaga m massali yuk ossak, yukning vertikal tebranishlar davri T ga teng bo'ladi. Noma'lum kattalikni toping. Prujina massasini e'tiborga olmang.

Topshiriq raqami	F, N	x, cm	m, kg	T, s
1	?	0,5	0,02	0,4
2	0,925	?	0,5	0,8
3	1,58	2,5	?	0,5
4	10,36	7,0	0,15	?
5	?	5,0	0,25	1,2
6	0,266	?	0,9	4,0
7	14,8	6,0	?	0,08
8	0,162	1,5	0,7	?
9	?	4,0	0,2	0,04
10	61,69	?	0,45	0,12
11	5,55	9,0	?	0,8
12	19,74	8,0	0,04	?
13	?	3,5	0,75	0,20
14	21,93	?	0,05	0,06
15	0,395	2,0	?	1,26
16	8,88	6,0	0,6	?
17	?	1,0	0,4	1,20
18	59,22	?	0,01	0,02
19	13,88	4,5	?	0,16
20	3,7	3,0	0,32	?
21	?	5,0	0,08	0,04
22	0,329	?	0,3	0,60
23	20,05	6,5	?	0,08
24	0,592	4,0	0,24	?
25	?	2,0	0,06	0,1
26	0,247	?	0,8	3,2
27	8,636	7,0	?	0,4
28	22,8	5,5	0,42	?

15.4 – masala. Berilgan shaklli va o'lchamlikdagi jism devorga qoqilgan mixga osilib, devorga parallel tekislikda kichik tebranishlarni amalga oshirmoqda. Berilgan jism uchun tebranish davrini aniqlang. Osilish nuqtasidagi halqa o'lchamlarini e'tiborga olmang.

Topshiriq raqami	Fizik jism	Jism o'lchamlari		Ipning uzunligi L, cm
		Radiusi r, cm	Uzunligi l, cm	
1	Halqa	19,6	—	—
2		4,9		
3		122,5		
4		44,1		
5	Disk	5,29	—	—
6		26,13		
7		6,53		
8		4,18		
9	Ipga osilgan disk	6,0	—	10
10		5,0		5
11		10,0		5
12		8,0		12
13	Shar	5,67	—	—
14		4,48		
15		2,52		
16		7,0		
17	Ipga osilgan shar	2,0	—	3
18		5,0		5
19		12,0		8
20		12,0		18
21	Sterjen	—	20	—
22			50	
23			80	
24			100	
25	Ipga osilgan sterjen	—	20	10
26			50	20
27			80	50
28			100	50

15.5 - masala. R radiusli bir jinsli shar L uzunlikdagi ipga osilgan. Bu fizik mayatnikni matematik, deb hisoblash mumkin, lekin bunday qarashda tebranish davrini aniqlashdagi xatolik $\varepsilon_T = |T_2 - T_1| / T_1$ ga teng. Bu erda T_1 – matematik mayatnikning tebranish davri; T_2 – fizik mayatnikning tebranish davri. Noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	R, cm	L, m	$\varepsilon_T, \%$
1	5,0	?	1,0
2		?	2,0
3		?	3,0
4		?	5,0
5	?	2,0	1,0
6	?		2,0
7	?		3,0
8	?		5,0
9	1,0	?	1,0
10	2,0	?	
11	3,0	?	
12	4,0	?	
13	?	1,0	1,0
14	?	2,0	
15	?	3,0	
16	?	4,0	
17	1,0	0,0346	?
18	5,0	0,078	?
19	10,0	0,215	?
20	20,0	0,313	?
21	10,0	?	1,0
22		?	2,0
23		?	5,0
24		?	10,0
25	?	0,5	1,0
26	?		2,0
27	?		5,0
28	?		10,0

15.6 - masala. Massasi e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan moddiy nuqta prujinaga osilgan bo'lib, A amplituda bilan garmonik tebranma harakat qilmoqda. Bunda moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi maksimal kuch F_{max} ga, tebranma harakat qilayotgan nuqtaning to'liq energiyasi esa W ga teng. Prujina bikrligi – k . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	A , cm	F_{max} , N	k , N/m	W , J
1	?	?	100	0,02
2	6	?	?	0,24
3	1	4	?	?
4	?	7	280	?
5	?	?	300	0,24
6	3	?	?	0,27
7	5	20	?	?
8	?	1,5	100	?
9	?	?	1 400	0,07
10	0,8	?	?	0,012
11	1,5	8	?	?
12	?	5	200	?
13	?	?	200	$5,625 \cdot 10^{-3}$
14	2,5	?	?	$7,5 \cdot 10^{-2}$
15	0,9	2,5	?	?
16	?	12	300	?
17	?	?	100	0,125
18	4	?	?	0,18
19	6	30	?	?
20	?	1,6	320	?
21	?	?	233,3	$1,05 \cdot 10^{-3}$
22	2	?	?	0,16
23	3	6	?	?
24	?	6,4	800	?
25	?	?	416,7	$7,5 \cdot 10^{-3}$
26	0,7	?	?	$1,4 \cdot 10^{-2}$
27	0,5	0,9	?	?
28	?	18	600	?

15.7 - masala. Massasi m bo'lgan moddiy nuqta $x = f(t)$ qonun bo'yicha garmonik tebranma harakat qilmoqda. Nuqtaning potentsial, kinetik va to'liq energiyalarini vaqtga bog'liqlik qonunlarini yozing va ularning t_1 hamda t_2 vaqt onlaridagi qiymatlarini hisoblang. Shu bilan birga bu energiyalarning har birini bir davr ichidagi vaqtga bog'liqlik grafiklarini chizing.

Topshiriq raqami	m, kg	$x \equiv f(t), \text{cm}$	t_1, s	t_2, s
1	0,25	$x = 4\cos 1.25\pi t$	T	$T/8$
2			$T/4$	$3T/8$
3			$T/2$	$5T/8$
4			$3T/4$	$7T/8$
5	0,2	$x = 3\cos 0.5\pi t$	T	$T/8$
6			$T/4$	$3T/8$
7			$T/2$	$5T/8$
8			$3T/4$	$7T/8$
9	0,05	$x = 2\cos 12.5\pi t$	T	$T/8$
10			$T/4$	$3T/8$
11			$T/2$	$5T/8$
12			$3T/4$	$7T/8$
13	0,3	$x = 5\cos 0.25\pi t$	T	$T/8$
14			$T/4$	$3T/8$
15			$T/2$	$5T/8$
16			$3T/4$	$7T/8$
17	0,1	$x = 3\cos 5\pi t$	T	$T/8$
18			$T/4$	$3T/8$
19			$T/2$	$5T/8$
20			$3T/4$	$7T/8$
21	0,15	$x = 4\cos 2.5\pi t$	T	$T/8$
22			$T/4$	$3T/8$
23			$T/2$	$5T/8$
24			$3T/4$	$7T/8$
25	0,35	$x = 2\cos 6.25\pi t$	T	$T/8$
26			$T/4$	$3T/8$
27			$T/2$	$5T/8$
28			$3T/4$	$7T/8$

15.8 - masala. L induktivlikka va C_1 dan C_2 gacha o'zgaruvchi sig'imiga va juda kichik elektr qarshiligiga ega bo'lgan kontur mavjud. U λ_1 dan λ_2 gacha diapazondagi to'liq uzunliklarga moslashtirilishi mumkin. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$L, 10^{-4}$ Gn	C_1, nF	C_2, nF	λ_1, m	λ_2, m
1	4,0	?	?	223	1 306
2	7,0	20	1 300	?	?
3	?	?	750	146	1 264,5
4	?	45	900	?	4.0
5	9,0	?	?	160	1 696.5
6	1,0	5	650	?	?
7	?	?	1 000	66,64	421,5
8	?	40	1 400	?	1 221,6
9	0,8	?	?	65,3	461,7
10	2,0	12	1 200	?	?
11	?	35	?	208,6	1 271,5
12	?	4	800	99,74	?
13	?	?	1 750	178,8	1 115
14	?	30	950	?	16 433
15	0,1	?	?	26,66	197,7
16	5,0	3	1 500	?	?
17	6,0	?	?	113,1	1 460,1
18	0,4	10	900	?	?
19	?	8	?	119,2	1 115
20	?	50	1 700	133,3	?
21	8,0	?	?	119,8	1 686
22	0,3	15	1 100	?	?
23	?	?	850	357,6	1 648,7
24	?	48	1 800	?	1 599,4
25	0,9	?	?	126,4	505,8
26	3,0	25	1 600	?	?
27	?	9	700	?	386,3
28	?	?	980	273,2	1 561,2

15.9 - masala. Elektr tebranish konturi C sig'imli kondensator va L induktivlikli g' altakdan iborat. Zanjirning doimiy qarshiligini e'tiborga olmaslik mumkin. Kondensatorning zaryadi q_m ga teng. Ushbu kontur uchun kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va zanjirdagi tok kuchining vaqtga bog'liqlik tenglamasini yozing. Bu bog'liqliklarning grafiklarini chizing. Qo'shimcha topshiriqlarni bajaring.

Topshiriq raqami	$C, \mu F$	L, Gn	q_m, C	qo'shimcha aniqlansin
1	0,06	1,5	$8 \cdot 10^{-6}$	T/4 vaqtdagi kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va konturdagi tok kuchini toping
2	1,7	0,04	$5 \cdot 10^{-5}$	
3	0,9	2,2	$6 \cdot 10^{-4}$	
4	0,025	1,0	$2,5 \cdot 10^{-6}$	
5	1,0	3,0	$6 \cdot 10^{-6}$	T/4 vaqtdagi elektr va magnit maydonlari energiyalarini hisoblang
6	0,2	1,4	$3 \cdot 10^{-5}$	
7	0,05	0,3	$8 \cdot 10^{-6}$	
8	1,4	0,005	10^{-6}	
9	0,8	2,0	$2 \cdot 10^{-4}$	T/4 vaqtdagi to'liq energiyani hisoblang
10	0,01	0,05	$8 \cdot 10^{-6}$	
11	1,6	0,8	$5 \cdot 10^{-6}$	
12	0,3	2,1	$4 \cdot 10^{-5}$	
13	0,02	0,08	10^{-5}	T/2 vaqtdagi elektr va magnit maydonlari energiyalarini hisoblang
14	0,1	1,6	$5 \cdot 10^{-5}$	
15	0,07	0,15	$2 \cdot 10^{-6}$	
16	1,2	0,5	$9 \cdot 10^{-5}$	
17	0,6	0,02	$3 \cdot 10^{-5}$	T/2 vaqtdagi kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va konturdagi tok kuchini toping
18	2,0	0,6	10^{-4}	
19	0,015	0,1	$4 \cdot 10^{-6}$	
20	0,08	1,3	$7 \cdot 10^{-6}$	
21	0,4	1,2	$2 \cdot 10^{-5}$	T/4 vaqtdagi kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va konturdagi tok kuchini toping
22	1,5	0,01	$7 \cdot 10^{-4}$	
23	0,04	1,8	$4 \cdot 10^{-6}$	
24	1,8	0,9	$6 \cdot 10^{-4}$	
25	0,03	2,5	$3 \cdot 10^{-6}$	T/2 vaqtdagi to'liq energiyani hisoblang
26	0,5	0,02	$7 \cdot 10^{-5}$	
27	0,09	0,7	10^{-6}	
28	1,3	2,8	$9 \cdot 10^{-6}$	

15.10 - masala. Kondensator qoplamlari orasidagi potentsiallar farqining elektr tebranish konturida vaqt bo'yicha o'zgarish tenglamasi $U_c = f(t)$ ko'rinishda berilgan. Kondensator sig'imi C ga teng. Konturda tok kuchining o'zgarish qonunini yozing. Konturdagi tebranishlar T davrini; konturning L induktivligini; kondensatorning q_{max} maksimal zaryadini; kontur tarqatayotgan λ to'lqin uzunligini aniqlang.

Topshiriq raqami	$U_c = f(t), V$	$C, 10^{-9} F$	Aniqlang
1	$U_c = 20\cos(5.5 \cdot 10^8 \pi t + \frac{\pi}{4})$	0,5	T
2			L
3			q_{max}
4			λ
5	$U_c = 5\cos(4 \cdot 10^8 \pi t - \frac{\pi}{2})$	2,0	T
6			L
7			q_{max}
8			λ
9	$U_c = 35\cos(5 \cdot 10^8 \pi t - \frac{\pi}{4})$	0,6	T
10			L
11			q_{max}
12			λ
13	$U_c = 25\cos(3.5 \cdot 10^8 \pi t - \frac{\pi}{2})$	0,2	T
14			L
15			q_{max}
16			λ
17	$U_c = 15\cos(8 \cdot 10^8 \pi t + \frac{\pi}{4})$	1,0	T
18			L
19			q_{max}
20			λ
21	$U_c = 10\cos(4.5 \cdot 10^8 \pi t - \frac{\pi}{4})$	0,8	T
22			L
23			q_{max}
24			λ
25	$U_c = 30\cos(3 \cdot 10^8 \pi t - \frac{\pi}{2})$	1,2	T
26			L
27			q_{max}
28			λ

16 - mavzu. Garmonik tebranishlarni qo'shish. So'nuvchi mexanik va elektromagnit tebranishlar. Majburiy tebranishlar

Asosiy qonunlar va ifodalar

Bitta chastotadagi bir xil yo'nalgan tebranishlarni qo'shishda tebranishning natijaviy amplitudasi

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}, \quad (16.1)$$

Bitta chastotali bir xil yo'nalgan tebranishlarni qo'shishdagi natijaviy tebranishning boshlang'ich fazasi

$$\varphi = \arctg \left(\frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} \right), \quad (16.2)$$

Tepkilar hosil bo'lishda natijaviy tebranish tenglamasi:

$$x = \left(2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t \right) \cos \omega t, \quad (16.3)$$

Tepkilar hosil bo'lishda natijaviy tebranish amplitudasining o'zgarish qonuni:

$$A_t = \left| 2A \cos \frac{\Delta\omega}{2} t \right|, \quad (16.4)$$

Bir vaqtda ikkita bir-biriga o'zaro perpendikulyar bo'lgan bir xil chastotali tebranishlarda bir vaqtda ishtirok etuvchi harakatlanayotgan nuqta traektoriyasining tenglamasi:

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1A_2} \cos \alpha = \sin^2 \alpha, \quad (16.5)$$

Mexanik so'nuvchi tebranishlarning differensial tenglamasi:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0, \quad (16.6)$$

Uning yechimi:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi), \quad (16.7)$$

Soʻnuvchi tebranishlar amplitudalarining oʻzgarish qonuni:

$$A = A_0 e^{-\beta t}, \quad (16.8)$$

τ relaksasiya vaqtining β soʻnish koeffitsienti bilan bogʻliqligi:

$$\tau = 1 / \beta, \quad (16.9)$$

Soʻnishning logarifmik dekrementi:

$$\aleph = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)}, \quad (16.10)$$

Soʻnishning logarifmik dekrementini \aleph soʻnish koeffitsienti β va T tebranish davri bilan bogʻliqligi:

$$\aleph = \beta T, \quad (16.11)$$

Soʻnishning logarifmik dekrementini \aleph va relaksasiya vaqtidagi N_τ tebranishlar soni bilan bogʻliqligi:

$$\aleph = 1 / N_\tau, \quad (16.12)$$

Tebranish tizimining aslligi

$$Q = 2\pi \frac{W_0}{\Delta W}, \quad (16.13)$$

bu erda $\Delta W / W_0$ – bir davr ichida energiyaning nisbiy kamayishi.

Tebranish konturi aslligi bilan soʻnishning logarifmik dekrementi orasidagi bogʻlanish:

$$Q = \frac{\pi}{\aleph}, \quad (16.14)$$

Mexanik majburiy tebranishlarning differensial tenglamasi:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \Omega t, \quad (16.15)$$

bu erda $f_0 \cos \Omega t$ - birlik massaga ta'sir qiluvchi, garmonik majbur etuvchi kuch; Ω – majbur etuvchi kuchning tebranish chastotasi.

Majburiy tebranishlar amplitudasi

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2}}, \quad (16.16)$$

Elektr tebranish konturida majburiy tebranishlarda kondensator qoplamlaridagi zaryad qiymatining amplitudasi

$$q_m = \frac{\varepsilon_m}{\omega \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}, \quad (16.17)$$

Elektr tebranish konturida majburiy tebranishlarda tok kuchi qiymatining amplitudasi

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}, \quad (16.18)$$

Elektr tebranish konturining aslligi

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad (16.19)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

16.1. Amplituda vektori deb nimaga aytiladi? Amplituda vektorlari yordamida qanday qilib bir xil chastotali, bir yo'nalishdagi tebranishlarni qo'shish mumkin? Natijaviy tebranishlarning amplitudasini qanday hisoblash mumkin? Qaysi ifoda yordamida natijaviy tebranishning boshlang'ich fazasini aniqlash mumkin? Agar, a) qo'shilayotgan tebranishlar bir fazada bo'lsa, b) qo'shilayotgan tebranishlar qarama-qarshi fazada bo'lsa, natijaviy tebranish amplitudasi va boshlang'ich fazasi nimaga teng bo'ladi?

16.2. Qanday hollarda, bir xil yo'nalgan tebranishlarni qo'shganda tepkilar paydo bo'ladi? Tepkili tebranishda natijaviy tebranish amplitudasi o'zgarish qonunini yozing. Tepkili tebranish vaqtida amplitudaning o'zgarish davri qanchaga teng?

16.3. Bir vaqtda ikki o'zaro perpendikulyar, bir xil chastotali tebranishlarda ishtirok etuvchi nuqtaning harakat traektoriyasining tenglamasini yozing. Eng umumiy holda traektoriya qanday ko'rinishga ega bo'ladi? Agar a) $\alpha = 0$; b) $\alpha = \pm \pi$; v) $\alpha = \pi/2$, qo'shiluvchi tebranishlar fazalar farqi bo'lganda harakat traektoriyasi qanday ko'rinish oladi?. Yuqorida keltirilgan hollarda bir vaqtda ikki o'zaro perpendikulyar, bir xil chastotali tebranishlarda ishtirok etuvchi nuqtaning harakat traektoriyasi qanday bo'ladi?

16.4. Qanday holda tebranish so'nadi? So'nuvchi tebranishlarning differensial tenglamasi va uning yechimini yozing. So'nuvchi tebranishning amplitudasi qanday qonuniyat asosida o'zgaradi? Relaksatsiya vaqti deb nimaga aytiladi? Relaksatsiya vaqti va so'nish koeffitsienti qanday bog'langan?

16.5. So'nishning logarifmik dekrementi deb nimaga aytiladi? So'nishning logarifmik dekrementi so'nish koeffitsienti va tebranish davri bilan qanday bog'langan? So'nishning logarifmik dekrementi va relaksatsiya vaqtidagi tebranishlar soni bilan qanday aloqador? Tizimning asilligi nima?

16.6. Elektr tebranish konturida tebranishlar nima hisobiga so'nadilar? Tebranish konturi asilligi so'nishning logarifmik dekrementi bilan qanday bog'langan? Kontur asilligi va relaksatsiya vaqtidagi tebranishlar soni orasida qanday bog'lanish mavjud? Kontur asilligi uning induktivligi, sig'imi va qarshiligi bilan qanday bog'langan?

16.7. Tebranish konturida energiya bir turdan ikkinchisiga o'tishi qanday amalga oshadi? Real tebranish konturida nimaning hisobiga energiya sochiladi? Kontur asilligi konturdagi bir davr ichida energiya kamayishi bilan qanday bog'langan?

16.8. Majburiy tebranishlarning differensial tenglamasini yozing, majburiy tebranishlar grafigini chizing va uni tushuntiring. Majburiy tebranishlar chastotasi nimaga teng? Majburiy tebranishlar amplitudasini qaysi ifoda yordamida hisoblanadi?

16.9. Rezonans hodisasi nima? Rezonans vaqtida tebranish amplitudasi nima bilan aniqlanadi? Rezonans chastotasi qanday aniqlanadi?

16.10. Rezonansning egri chiziqlari nima? Rezonans egri chiziqlari shakllari nimaga bilan aniqlanadi? U tizimning asilligi bilan qanday bog'langan? Konturdagi tok kuchi amplitudasining rezonans qiymati nimaga teng? Tebranish konturi kondensatori

qoplamalaridagi kuchlanishining rezonans vaqtidagi maksimal qiymati qancha?

16.1 - masala. Bir hil yo‘nalishda $x_1 = f_1(t)$ va $x_2 = f_2(t)$ tenglamalar bilan ifodalanuvchi tebranishlar qo‘shilishi natijasida hosil bo‘lgan garmonik tebranishning boshlang‘ich fazasi va amplitudasini toping. Natijaviy tebranishning tenglamasini yozing.

Topshiriq raqami	$x_1 = f_1(t), \text{ cm}$	$x_2 = f_2(t), \text{ cm}$
1	$x_1 = 2\sin(5\pi t + \pi/2)$	$x_2 = 3\sin(5\pi t + \pi/4)$
2	$x_1 = 3\cos(10\pi t - \pi/2)$	$x_2 = \cos(10\pi t + \pi/4)$
3	$x_1 = 8\cos(5\pi t - \pi/4)$	$x_2 = 3\cos(5\pi t + \pi/4)$
4	$x_1 = \sin(0.5\pi t - \pi)$	$x_2 = 6\sin(0.5\pi t + \pi/2)$
5	$x_1 = 4\sin(18\pi t + \pi/6)$	$x_2 = 2\sin(18\pi t - \pi/3)$
6	$x_1 = 1.5\sin(6\pi t - \pi/6)$	$x_2 = \sin(6\pi t + \pi/3)$
7	$x_1 = 6\cos(25\pi t + \pi/2)$	$x_2 = 5\cos(25\pi t - \pi/6)$
8	$x_1 = 12\cos(40\pi t - \pi/2)$	$x_2 = 9\cos(40\pi t + \pi/6)$
9	$x_1 = 14\cos(8\pi t - \pi)$	$x_2 = 10\cos(8\pi t + \pi/3)$
10	$x_1 = 5\sin(14\pi t + \pi)$	$x_2 = 3\sin(14\pi t - \pi/3)$
11	$x_1 = 9\sin(30\pi t - \pi/3)$	$x_2 = 6\sin(30\pi t + \pi/2)$
12	$x_1 = 10\cos(2\pi t + \pi/3)$	$x_2 = 12\cos(2\pi t - \pi/2)$
13	$x_1 = 3\cos(24\pi t + \pi/4)$	$x_2 = 4\cos(24\pi t - \pi/3)$
14	$x_1 = 10\sin(9\pi t - \pi/4)$	$x_2 = 9\sin(9\pi t + \pi/3)$
15	$x_1 = \cos(35\pi t - \pi/6)$	$x_2 = 5\cos(35\pi t - \pi/4)$
16	$x_1 = 6\sin(16\pi t + \pi/6)$	$x_2 = 4\sin(16\pi t + \pi/4)$
17	$x_1 = 5\cos(20\pi t - \pi)$	$x_2 = 8\cos(20\pi t + \pi/6)$
18	$x_1 = 1.2\sin(3\pi t + \pi)$	$x_2 = \sin(3\pi t + \pi/6)$
19	$x_1 = 8\sin(28\pi t + \pi/4)$	$x_2 = 3\sin(28\pi t - \pi)$
20	$x_1 = 12\cos(12\pi t - \pi/4)$	$x_2 = 10\cos(12\pi t - \pi)$
21	$x_1 = \cos(45\pi t + \pi/2)$	$x_2 = 2\cos(45\pi t + \pi/3)$
22	$x_1 = 10\sin(4\pi t - \pi/2)$	$x_2 = 7\sin(4\pi t + \pi/3)$
23	$x_1 = 4\cos(15\pi t + \pi/4)$	$x_2 = 6\cos(15\pi t - \pi/6)$
24	$x_1 = 8\sin(60\pi t - \pi/4)$	$x_2 = 12\sin(60\pi t - \pi/6)$
25	$x_1 = 3\sin(22\pi t - \pi)$	$x_2 = 4\sin(22\pi t - \pi/4)$
26	$x_1 = 9\cos(50\pi t + \pi)$	$x_2 = 8\cos(50\pi t - \pi/4)$
27	$x_1 = 12\sin(7\pi t + \pi/4)$	$x_2 = 7\sin(7\pi t + \pi/2)$
28	$x_1 = 1.5\cos(34\pi t - \pi/4)$	$x_2 = \cos(34\pi t + \pi/2)$

16.2 - masala. Moddiy nuqta bir vaqtning o'zida, bir hil A amplitudali, boshlang'ich fazalari nolga teng bo'lgan, siklik chastotalari farqi $\omega = |\omega_1 - \omega_2|$ bo'lgan, bu erda $\Delta\omega \ll \omega_1$ va $\Delta\omega \ll \omega_2$ ikki tebranishda ishtirok etmoqda. Bunda yuzaga kelayotgan tepki T_1 davrga ega. Tebranishning t_1 vaqtidagi amplitudasi A_1 ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq ragami	A, cm	$\Delta\omega, \text{rad/s}$	T, s	T_1, s	A_1, cm
1	?	?	12,0	4,0	1,0
2	2,0	?	12,0	?	2,83
3	0,3	2π	?	1,0	?
4	?	π	?	0,5	4,24
5	0,8	?	12,0	?	1,39
6	3,0	?	1,2	0,3	?
7	?	$\pi/3$?	2,0	5,0
8	0,4	$\pi/2$?	?	0,566
9	0,6	?	12,0	3,0	?
10	?	?	0,2	0,2	4,0
11	4,0	$\pi/6$?	?	5,66
12	2,0	$\pi/10$?	5,0	?
13	?	?	2,4	0,6	5,66
14	5,0	?	4,0	?	10,0
15	0,7	$\pi/3$?	1,0	?
16	?	5π	?	0,4	2,0
17	3,0	?	4,0	?	4,24
18	1,0	?	6,0	2,0	?
19	?	$\pi/6$?	4,0	5,0
20	0,5	$\pi/10$?	?	0,707
21	0,9	?	18,0	3,0	?
22	?	?	2,4	0,4	3,46
23	0,1	$\pi/3$?	?	0,1
24	4,0	4π	?	0,5	?
25	?	?	0,4	0,1	4,24
26	0,2	?	12,0	?	0,2
27	1,0	$0,4\pi$?	5,0	?
28	?	$2,5\pi$?	0,8	8,0

16.3 - *masala.* $x = f_1(t)$ va $y = f_2(t)$ tenglamalar bilan ifodalanadigan ikkita o'zaro bir-biriga perpendikulyar bo'lgan tebranma harakatlarda birvaqtda ishtirok etadigan moddiy nuqta harakati traektoriyasi tenglamasini ko'rsating. Traektoriyalar grafiklarini chizing.

Topshiriq raqami	$x = f_1(t), \text{cm}$	$y = f_2(t), \text{cm}$
1	$x = 2\cos(2.5\pi t + 3\pi/2)$	$y = 2\cos(2.5\pi t + \pi)$
2		$y = 4\cos(2.5\pi t + \pi/2)$
3		$y = 4\cos(2.5\pi t + 3\pi/2)$
4		$y = 4\cos(2.5\pi t + 2\pi)$
5	$x = \cos(5\pi t - \pi/4)$	$y = 7\cos(5\pi t + 3\pi/4)$
6		$y = 7\cos(5\pi t + \pi/4)$
7		$y = \cos(5\pi t - \pi/4)$
8		$y = 7\cos(5\pi t - 3\pi/4)$
9	$x = 3\cos(10\pi t + 5\pi/6)$	$y = 15\cos(10\pi t + \pi/3)$
10	$x = 3\cos(10\pi t + \pi/6)$	$y = 15\cos(10\pi t + \pi/6)$
11	$x = 3\cos(10\pi t - 5\pi/6)$	$y = 15\cos(10\pi t + \pi/6)$
12	$x = 3\cos(10\pi t + \pi/6)$	$y = 3\cos(10\pi t - \pi/3)$
13	$x = 3\cos(30\pi t + 2\pi/3)$	$y = 9\cos(30\pi t - \pi/3)$
14	$x = 9\cos(30\pi t + 2\pi/3)$	$y = 9\cos(30\pi t + 7\pi/6)$
15	$x = 3\cos(30\pi t + 2\pi/3)$	$y = 9\cos(30\pi t + \pi/6)$
16	$x = 3\cos(30\pi t + 2\pi/3)$	$y = 9\cos(30\pi t + 2\pi/3)$
17	$x = 4\cos(20\pi t - \pi/6)$	$y = 6\cos(20\pi t - \pi/6)$
18		$y = 6\cos(20\pi t + \pi/3)$
19		$y = 6\cos(20\pi t + 5\pi/6)$
20		$y = 4\cos(20\pi t - 2\pi/3)$
21	$x = 2\cos(25\pi t - 2\pi/9)$	$y = 2\cos(25\pi t + 5\pi/18)$
22	$x = 2\cos(25\pi t + 7\pi/9)$	$y = 8\cos(25\pi t + 5\pi/18)$
23	$x = 2\cos(25\pi t - 2\pi/9)$	$y = 8\cos(25\pi t - 2\pi/9)$
24	$x = 2\cos(25\pi t + 7\pi/9)$	$y = 8\cos(25\pi t - 2\pi/9)$
25	$x = 6\cos(15\pi t + 5\pi/12)$	$y = 3\cos(15\pi t - 7\pi/12)$
26	$x = 6\cos(15\pi t + 5\pi/12)$	$y = 3\cos(15\pi t + 5\pi/12)$
27	$x = 6\cos(15\pi t + 5\pi/12)$	$y = 3\cos(15\pi t - \pi/12)$
28	$x = 3\cos(15\pi t + 5\pi/12)$	$y = 3\cos(15\pi t + 11\pi/12)$

16.4 - *masala*. Uzunligi l bo'lgan, muvozanat vaziyatidan chiqarilgan matematik mayatnik birinchi tebranishda – A_1 cm masofaga, ikkinchisida – A_2 cm ga og'di. Relaksatsiya vaqti, ya'ni amplituda e marta kamayish vaqti τ teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l, m	A_1, cm	A_2, cm	τ, s
1	?	4	3	7,64
2	2,8	?	4	15,06
3	1,5	10	?	11,0
4	2,2	12	9	?
5	?	5	4	12,73
6	3,0	?	3.5	26,0
7	1,3	15	?	10,26
8	3,6	13	11	?
9	?	12	10.5	26,0
10	1,8	?	3	17,5
11	1,0	9	?	8,0
12	3,2	14	11	?
13	?	7	5	9,43
14	4,0	?	4	18,0
15	1,2	6	?	12,06
16	2,6	5	4.5	?
17	?	3	2.5	11,0
18	2,0	?	5.5	11,77
19	3,5	12	?	20,6
20	1,4	8	6	?
21	?	9	8	20,86
22	3,4	?	5.5	42,5
23	1,6	10	?	11,4
24	2,5	14	12	?
25	?	6	5	20,6
26	3,8	?	6	17,55
27	2,4	13	?	38,87
28	1,7	11	10	?

16.5 - masala. Mexanik tizim t vaqt davomida N marta tebranib ulguradi. Bu vaqt oralig`ida tebranish amplitudasi n marta kamayadi. Tebranishlarning so`nish koeffitsienti – β ga teng, so`nishning logarifmik dekrementi – \aleph ga, tizim aslligi – Q ga teng, tebranish davridagi tizim energiyasining nisbiy kamayishi – $\Delta W/W_0$ ga teng. Noma`lum kattaliklarni aniqlang.

Toprishi raqami	t, s	N	n	β, s^{-1}	\aleph	Q	$\Delta W/W_0$
1	?	?	5,0	0,02	?	314	?
2	50	25	?	?	0,05	?	?
3	?	40	?	0,05	?	?	0,05
4	20	?	7,39	?	?	125,6	?
5	?	30	?	0,015	0,033	?	?
6	120	?	20,08	?	?	62,8	?
7	?	?	12,18	0,025	?	?	0,2
8	60	96	?	?	0,025	?	?
9	?	60	?	0,01	?	157	?
10	75	?	4,48	?	?	?	0,1
11	?	20	?	0,04	0,1	?	?
12	33	?	3,74	?	?	94,2	?
13	?	?	4,95	0,02	?	?	0,04
14	85	170	?	?	0,01	?	?
15	?	120	?	0,012	?	188,4	?
16	110	?	9,03	?	?	?	0,08
17	?	90	?	0,04	0,02	?	?
18	150	?	4,49	?	?	104,7	?
19	?	?	2,46	0,01	?	?	0,03
20	45	30	?	?	0,06	?	?
21	?	50	?	0,05	?	78,5	?
22	48	?	11,03	?	?	?	0,12
23	?	25	?	0,04	0,08	?	?
24	135	?	3,86	?	?	209	?
25	?	?	3,67	0,02	?	?	0,02
26	60	15	?	?	0,04	?	?
27	?	12	?	0,09	?	52,3	?
28	105	?	8,17	?	?	?	0,06

16.6 - *masala*. Elektr tebranish konturi L induktivlikli g'altak, C sig'imli kondensator va R aktiv qarshilikdan iborat. Bir davr ichida kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi n marta kamayadi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	L, H	$C, \mu F$	$R, \Omega m$	n
1	?	8	2,0	1,134
2	0,1	?	5,0	1,099
3	0,05	45	?	1,152
4	0,22	3,52	2,5	?
5	?	2,25	0,8	1,0076
6	0,01	?	1,2	1,12
7	0,2	12,8	?	1,106
8	0,15	7,35	30	?
9	?	14,4	4,5	1,185
10	0,04	?	1,0	1,029
11	0,26	6,5	?	1,019
12	0,12	27	4,0	?
13	?	6,05	3,5	1,129
14	0,16	?	7,0	1,166
15	0,3	10,8	?	1,027
16	0,02	72	2,2	?
17	?	2,56	15	1,46
18	0,25	?	3,6	1,145
19	0,06	150	?	1,17
20	0,14	56	2,5	?
21	?	1,5	20	1,37
22	0,18	?	4,5	1,073
23	0,03	2,43	?	1,089
24	0,28	7	15	?
25	?	80	2,6	1,177
26	0,08	?	12	1,207
27	0,24	2,16	?	1,048
28	0,32	5,12	6,0	?

16.7 - *masala*. Tebranish konturi C sig'ım va L induktivlikka ega. So'nishning logarifmik dekrementi \aleph ga teng. Δt vaqt oralig'ida konturda energiyaning nisbiy kamayishi $\Delta W/W_0$ ni tashkil etadi. Noma'lum kattalikni toping. Qo'shimcha topshiriqni ham bajaring.

Topshiriq raqami	$C, \mu F$	L, H	\aleph	$\Delta t, s$	$\Delta W/W_0, \%$	Bog'liqlikni tushuntiring
1	12	0,03	0,006	0,15	?	$\Delta W/W_0 = f(\Delta t)$
2				0,20	?	
3				0,25	?	
4				0,30	?	
5	14,4	0,1	0,001	0,8	?	$\Delta W/W_0 = f(\aleph)$
6			0,002		?	
7			0,003		?	
8			0,004		?	
9	18	0,5	0,01	?	90	$\Delta t_{90\%} = f(\aleph)$
10			0,015	?		
11			0,02	?		
12			0,025	?		
13	80	0,2	0,005	?	60	$\Delta W/W_0 = f(\Delta t)$
14				?	70	
15				?	80	
16				?	90	
17	16	0,25	0,001	1.5	?	$\Delta W/W_0 = f(\Delta t)$
18				3.0	?	
19				4.5	?	
20				6.0	?	
21	40	0,4	0,01	?	99	$\Delta t_{99\%} = f(\aleph)$
22			0,02	?		
23			0,03	?		
24			0,04	?		
25	90	0,1	0,003	1.0	?	$\Delta W/W_0 = f(\aleph)$
26			0,005		?	
27			0,007		?	
28			0,009		?	

16.8 - *masala*. Bikrligi k bo'lgan prujinada massasi m temir sharcha osilib turibdi. O'zgaruvchan magnit maydoni tomonidan sharchaga amplitudasi F_0 va siklik chastotasi Ω bo'lgan, sinusoidal kuch ta'sir qilmoqda. Muhitning qarshilik koeffitsienti r . $\Omega = b\omega_0$ bo'lgandagi majburiy tebranishlar amplitudasini toping, bunda ω_0 – prujinali mayatnikning xususiy tebranish chastotasi. Tebranishlar amplitudasining majburlovchi kuch chastotasiga bo-g'liqlik grafisini chizing.

Topshiriq raqami	$k, N/m$	m, kg	F_0, N	b	$r, N \cdot s/m$
1	820	0,2	3,0	0,2	0,025
2				0,4	
3				0,6	
4				0,8	
5	820	0,2	3,0	0,85	0,025
6				0,90	
7				0,95	
8				0,99	
9	820	0,2	3,0	1,01	0,025
10				1,05	
11				1,25	
12				1,50	
13	650	0,1	2,0	0,5	0,12
14				0,6	
15				0,7	
16				0,8	
17	650	0,1	2,0	0,95	0,12
18				0,99	
19				1,00	
20				1,01	
21	650	0,1	2,0	1,05	0,12
22				1,10	
23				1,15	
24				1,20	
25	650	0,1	2,0	1,4	0,12
26				1,6	
27				1,8	
28				2,0	

16.9 - *masala*. Massasi m bo'lgan yuk prujinaga osildi, bunda prujina x cmga cho'zildi. Agar tizimni muvozanat holatidan chiqarib qo'yib yuborilsa, u so'nuvchi tebranishlar qiladi. Bunda so'nish koeffitsienti β ga teng, $\beta \ll \omega_0$ – tizimning xususiy tebranishlar chastotasidir. Agar tizimga amplituda qiymati F_0 bo'lgan davriy, majburlovchi kuch ta'sir qilsa, $\omega_{rez} \approx \omega_0$ chastotada tebranishlar amplitudasining A_{rez} rezonans qiymatigacha ortishi kuzatiladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	m, kg	x, cm	β, s^{-1}	F_0, N	A_{rez}, cm
1	?	0,5	0,3	1,2	22,6
2	0,12	?	0,22	4,0	108,2
3	0,25	0,7	?	2,5	89,1
4	0,08	0,26	0,12	?	127,25
5	0,1	0,15	0,28	1,8	?
6	?	0,36	0,16	2,1	41,9
7	0,35	?	0,05	1,0	57,7
8	0,2	0,22	?	2,4	89,9
9	0,04	0,1	0,2	?	25,25
10	0,15	0,25	0,14	1,2	?
11	?	0,18	0,31	0,5	21,86
12	0,3	?	0,08	3,6	131,2
13	0,14	0,12	?	1,5	118,6
14	0,2	0,45	0,09	?	35,7
15	0,26	0,2	0,1	3,0	?
16	?	0,35	0,26	2,2	80,0
17	0,36	?	0,24	3,5	20,5
18	0,16	0,24	?	1,4	34,2
19	0,3	0,32	0,1	?	15,06
20	0,24	0,6	0,15	2,6	?
21	?	0,14	0,32	1,7	12,7
22	0,22	?	0,16	2,0	64,2
23	0,05	0,3	?	0,6	35,0
24	0,28	0,42	0,18	?	20,6
25	0,18	0,4	0,25	0,9	?
26	?	0,16	0,35	3,2	39,0
27	0,32	?	0,07	1,6	88,4
28	0,06	0,28	?	0,8	45,1

16.10 - masala. Induktivgili L , si g'imi C va elektr qarshiligi R bo'lgan elektr tebranish konturi ketma-ket ravishda $E = E_m \cos \omega t$ qonuniyat bilan o'zgaruvchi o'zgaruvchan EYuKga ulangan. Kontur asilligi Q ga teng. Kichik so'nishlarda ($\beta_2 \ll \omega_0^2$) kondensator qoplamalaridagi zaryadining, konturdagi tok kuchining va kondensator qoplamalaridagi kuchlanishning rezonans qiymatlari mos ravishda quyidagiga teng: q_{rez} , I_{rez} va U_{rez} . Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	L, H	$C, \mu F$	R, Ω	ε_{max}, V	$\omega_0, \text{rad/s}$	Q	q_{rez}, C	I_{rez}, A	U_{rez}, V
1	0,15	0,22	?	3,0	?	120	?	?	?
2	?	0,15	?	?	4 714	210	$3,78 \cdot 10^{-5}$?	?
3	0,2	?	5,0	?	?	?	?	0,5	250
4	?	0,28	?	0,9	?	?	?	0,3	180
5	?	0,3	6,4	1,5	?	?	?	?	135
6	0,14	?	4,52	?	4 518	?	$9,8 \cdot 10^{-5}$?	?
7	?	0,4	?	3,2	?	85	?	0,4	?
8	0,3	?	?	?	?	125	?	0,2	175
9	?	?	14,9	?	3 536	95	?	?	190
10	0,1	0,26	?	?	?	130	$4,73 \cdot 10^{-5}$?	?
11	?	?	4,5	?	4 200	?	?	0,2	108
12	?	?	?	0,8	6 250	150	?	0,1	?
13	0,32	?	?	2,5	5 590	140	?	?	?
14	?	0,3	5,9	?	4 714	?	$1,08 \cdot 10^{-4}$?	?
15	0,4	?	?	3,15	?	?	?	0,35	252
16	0,2	?	?	?	?	110	?	0,4	176
17	0,18	0,1	?	1,2	?	?	?	?	180
18	0,24	?	?	?	5 270	180	$4,05 \cdot 10^{-5}$?	?
19	?	0,25	5,0	?	?	90	?	0,8	?
20	?	0,8	2,0	0,4	?	?	?	?	50
21	?	0,2	12,25	?	?	100	?	?	140
22	0,2	0,4	6,73	?	?	?	$1,68 \cdot 10^{-4}$?	?
23	?	?	?	7,2	3 600	70	?	0,6	?
24	?	?	?	3,0	5 400	?	?	0,15	270
25	?	?	4,54	2,2	4 082	180	?	?	?
26	?	0,5	?	?	3 651	150	$2,04 \cdot 10^{-4}$?	?
27	0,28	?	12,0	?	?	?	?	0,3	360
28	?	0,6	?	1,5	?	?	?	0,5	120

17 - mavzu. To‘lqin harakati. Elektromagnit to‘lqinlar

Asosiy qonunlar va ifodalar

Monoxromatik to‘lqinning to‘lqin tenglamasi:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}, \quad (17.1)$$

Yassi monoxromatik to‘lqin uchun uning echimi:

$$\xi(\vec{r}, t) = A \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}), \quad (17.2)$$

bu erda $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{n}$ – to‘lqin vektori; \vec{n} – to‘lqin frontiga normal bo‘lgan birlik vector.

X o‘qi bo‘ylab tarqalayotgan yassi monoxromatik to‘lqinning to‘lqin tenglamasi:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}, \quad (17.3)$$

Uning echimi:

$$\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx), \quad (17.4)$$

To‘lqin uzunligi

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}, \quad (17.5)$$

bu erda ν – to‘lqin chastotasi.

To‘lqin soni

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad (17.6)$$

Turg‘un to‘lqin tenglamasi:

$$\xi(x, t) = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \cos \frac{2\pi}{T} t = B(x) \cos \omega t, \quad (17.7)$$

bu erda $B(x) = 2A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} = 2A \cos kx$ – muhit zarrachasining manba’dan x masofadagi tebranish amplitudasi.

Turg‘un to‘lqinning tugunlar hosil bo‘lish sharti:

$$x = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (17.8)$$

Turg'un to'liqning bog'lamlar hosil bo'lish sharti:

$$x = n \frac{\lambda}{2}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad (17.9)$$

Elektromagnit to'liqning differensial to'liq tenglamalari:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} &= \varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \\ \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} &= \varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu \frac{\partial^2 H}{\partial t^2} \end{aligned} \quad (17.10)$$

Birjinsli va izotrop muhitdagi elektromagnit to'liq tezligi

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}}, \quad (17.11)$$

Birjinsli va izotrop muhitda tarqalayotgan elektromagnit to'liqning elektr va magnit maydonlari kuchlanganliklari orasidagi bog'lanish:

$$\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H, \quad (17.12)$$

To'liqin paketining tenglamasi:

$$\xi = 2A \cos(\Delta \omega t - \Delta k x) \cos(\omega t - k x), \quad (17.13)$$

To'liqinning u guruhli va v fazaviy tezliklari orasidagi bog'lanish:

$$u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}, \quad (17.14)$$

bu erda $\frac{dv}{d\lambda}$ – to'liqin dispersiyasi.

Elektromagnit maydon energiyasi zichligi

$$\omega = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}, \quad (17.15)$$

Birjinsli va izotrop muhitda tarqalayotgan elektromagnit to‘lqin ko‘chirayotgan energiya oqimining zichligi,

$$S = \omega v, \quad (17.16)$$

Umov – Poynting vektori

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}, \quad (17.17)$$

S yuzali sirtidan o‘tayotgan to‘lqin energiyasi oqimining Umov – Poynting vektori bilan bog‘liqligi:

$$\Phi_w = \int_s S_n ds, \quad (17.18)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

17.1. Qaysi harakat to‘lqin deb ataladi? Yassi to‘lqin tenglamasini va uning yechimini yozing. a) to‘lqin uzunligi; b) fazaviy tezlik deb nimaga aytiladi?

17.2. To‘lqin fronti, deb nimaga aytiladi? To‘lqin yuzasi nima? Gyuygens prinsipi nimadan iborat?

17.3. To‘lqin soni deb nimaga aytiladi? U to‘lqin uzunligi bilan qanday bog‘langan? To‘lqin vektori nima?

17.4. Qanday to‘lqinlar, turg‘un to‘lqinlar deb ataladi? Turg‘un to‘lqin tenglamasini yozing. Turg‘un to‘lqin amplitudasi qanday qonun bo‘yicha o‘zgaradi?

17.5. Turg‘un to‘lqinda tugunlar va do‘ngliklar, deb nimaga aytiladi? Tugunlar va do‘ngliklar yuzaga kelish shartlarini yozing. Turg‘un to‘lqin olishning eng oddiy usulini ayting. To‘lqinning zichligi kattaroq va zichligi kichikroq muhitdan qaytishi qanday yuz berishini tushuntiring.

17.6. Elektromagnit to‘lqin tenglamasini yozing. Elektromagnit to‘lqinlarning asosiy xususiyatlarini ayting. Muhitning qanday parametrlari unda elektromagnit to‘lqinlarning tarqalish tezligini belgilaydi? Bir jinsli va izotrop muhitda elektromagnit to‘lqin tezligini hisoblash ifodasini yozing.

17.7. To‘lqin paketi (guruhi) deb nimaga aytiladi? To‘lqin paketi fazoda qanday tarqaladi? To‘lqin paketining tenglamasini yozing. To‘lqin paketida tebranishlar amplitudasi qaysi qonun bilan ifodalanadi? Guruhli tezlik, deb nimaga aytiladi? U nimaga teng?

17.8. Guruhli va fazaviy tezliklar orasida qanday bog‘lanish bor? Bu bog‘lanishni tushuntiruvchi ifodani yozing. To‘lqin dispersiyasi deb qanday kattalikka aytiladi? U nimani ko‘rsatadi? Qanday muhitlar dispersiyalovchi, qandaylari dispersiyalamaydigan muhitlar, deb ataladi?

17.9. To‘lqin ko‘chirib o‘tkazayotgan energiya zichligi, deb nimaga aytiladi? Bir jinsli va izotrop muhitda tarqalayotgan elektromagnit to‘lqin energiyasi zichligi nimaga teng? Elektromagnit to‘lqin ko‘chirayotgan energiya oqimi zichligini qanday aniqlanadi? Umov-Poynting vektori nimani xarakterlaydi?

17.10. To‘lqin energiyasi oqimi, deb nimaga aytiladi? Energiya oqimi Umov-Poynting vektori bilan qanday bog‘langan? Elektromagnit to‘lqin ta‘sir qilayotgan yuza tomonidan ma‘lum vaqt ichida yutilayotgan energiya qanday qilib aniqlanadi?

17.1 -masala. Bir jinsli muhitda ν chastotali va A amplitudali tebranishlar tarqalmoqda. To'lqin uzunligi λ ga, fazaviy tezlik c ga, havo zarrachalarining maksimal tezligi v_{max} ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	ν , Hz	A , mm	λ , m	c , m/s	v_{max} , m/s
1	?	0,3	0,825	?	0,754
2	?	0,5	1,1	330	?
3	450	?	0,75	?	0,68
4	5000	0,46	?	350	?
5	3500	?	0,4	?	3,3
6	2200	?	?	836	4,15
7	?	0,28	0,08	320	?
8	80	0,25	5,0	?	?
9	?	0,42	0,12	?	7,92
10	140	0,56	?	910	?
11	1100	?	0,64	?	3,456
12	?	0,32	0,525	420	?
13	?	0,26	0,5	600	?
14	?	0,15	0,84	?	0,707
15	630	?	?	756	1,425
16	4800	0,2	?	720	?
17	?	0,4	0,26	520	?
18	86	?	4,2	?	0,433
19	100	1,15	?	330	?
20	?	0,6	1,2	?	1,131
21	750	0,7	?	825	?
22	5000	?	0,125	?	3,14
23	?	0,45	3,2	?	0,34
24	?	?	0,9	405	0,99
25	500	0,25	0,7	?	?
26	?	0,8	1,6	?	1,257
27	4000	?	?	480	2,01
28	90	0,6	?	378	?

17.2 - masala. Manba'ning so'nmas tebranishlari tenglamasi $\xi = f_1(t)$ ko'rinishga ega. Agar tebranishlar tarqalish tezligi c ga teng bo'lsa, tebranish boshlanganidan t_1 vaqt o'tganidan so'ng tebranishlar manбайдan x_1 masofada turgan ξ_1 nuqtaning ko'chishi topilsin. t_2 vaqt momentida to'lqin fronti qancha masofaga suriladi? Qo'shimcha topshiriq bajarilsin.

Topshiriq raqami	$\xi = f_1(t), \text{ cm}$	$x_1, \text{ m}$	$t_1, \text{ s}$	$t_2, \text{ s}$	$c, \text{ m/s}$	Grafik chizilsin
1	$\xi = 3\cos 500\pi t$	6.4	$1.1 \cdot 10^{-2}$	0.2	320	$x = \text{const da}$ $\xi = f(t)$
2			$1.2 \cdot 10^{-2}$	0.4		
3			$1.3 \cdot 10^{-2}$	0.6		
4			$1.4 \cdot 10^{-2}$	0.8		
5	$\xi = 3\cos 500\pi t$	5.2	10^{-2}	1.0	320	$t = \text{const da}$ $\xi = f(x)$
6		5.6		1.2		
7		6.0		1.4		
8		6.4		1.6		
9	$\xi = 4\sin 600\pi t$	0.75	10^{-2}	2.0	300	$x = \text{const da}$ $\xi = f(t)$
10			$1.02 \cdot 10^{-2}$	3.0		
11			$1.04 \cdot 10^{-2}$	4.0		
12			$1.06 \cdot 10^{-2}$	5.0		
13	$\xi = 4\sin 600\pi t$	0.6	10^{-2}	0.5	300	$t = \text{const da}$ $\xi = f(x)$
14		0.8		1.0		
15		1.0		1.5		
16		1.2		2.0		
17	$\xi = 5\cos 66\pi t$	9.9	0.10	0.2	330	$x = \text{const da}$ $\xi = f(t)$
18			0.11	0.4		
19			0.12	0.6		
20			0.13	0.8		
21	$\xi = 5\cos 66\pi t$	2	0.1	1.0	330	$t = \text{const da}$ $\xi = f(x)$
22		4		1.2		
23		6		1.4		
24		8		1.6		
25	$\xi = 2\sin 160\pi t$	1.28	$1.25 \cdot 10^{-2}$	2.0	320	$x = \text{const da}$ $\xi = f(t)$
26			$1.5 \cdot 10^{-2}$	3.0		
27			$1.75 \cdot 10^{-2}$	4.0		
28			$2.0 \cdot 10^{-2}$	5.0		

17.3 - masala. Tebranish manbaidan mos ravishda x_1 va x_2 masofada tebranyotgan ikki nuqtaning fazalar farqi δ ga teng. Berilgan to'liqiga mos keluvchi to'liqin soni k ga teng. Noma'lum kattalikni toping. To'liqin uzunligini aniqlang.

Topshiriq raqami	x_1, m	x_2, m	$\Delta\varphi, rad$	$k, rad/m$
1	?	12,0	π	0,628
2	0,4	?	$\pi/4$	12,566
3	11,0	16,0	?	0,314
4	0,2	0,7	$1,5 \pi$?
5	?	6,5	2π	1,571
6	3,75	?	$\pi/2$	6,283
7	6,0	8,5	?	1,257
8	5,0	5,667	$\pi/6$?
9	?	6,0	3π	3,14
10	4,1	?	$\pi/2$	15,708
11	2,0	3,25	?	1,257
12	1,2	1,755	$\pi/3$?
13	?	1,2625	$\pi/2$	25,133
14	5,2	?	$0,1 \pi$	0,942
15	2,1	2,5167	?	37,699
16	5,5	6,75	π	?
17	?	3,933	5π	18,849
18	6,25	?	$\pi/4$	0,628
19	0,7	0,8	?	31,416
20	8,2	9,867	$\pi/6$?
21	?	1,325	$\pi/4$	6,283
22	1,4	?	2π	15,708
23	3,1	4,35	?	1,257
24	0,8	1,2	π	?
25	?	1,7	4π	12,566
26	0,55	?	$\pi/2$	31,416
27	10,0	14,0	?	1,57
28	11,5	12,75	$\pi/4$?

17.4 - masala. To'liqin uzunligi λ , amplitulasi A bo'lgan va bir - biriga qarab tarqalayotgan ikkita bir xil to'liqinlarning qo'shilishidan hosil bo'lgan turg'un to'liqin, tebranish manbalaridan biridan x masofada B amplitudaga ega. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ , m	A , cm	X , m	B , cm
1	?	3,0	0,5	4,243
2	8,0	?	4,0	10,0
3	1,5	2,5	?	2,5
4	5,0	4,0	0,625	?
5	?	1,5	0,25	2,598
6	0,8	?	0,1	2,828
7	1,2	2,5	?	3,535
8	2,0	1,0	0,25	?
9	?	3,0	0,2	4,243
10	0,6	?	0,1	2,0
11	0,4	0,5	?	1,0
12	4,0	2,0	0,5	?
13	?	0,5	0,1	0,5
14	0,3	?	0,05	1,0
15	6,0	2,0	?	3,464
16	3,2	1,5	0,4	?
17	?	1,0	0,2	1,0
18	1,8	?	0,15	5,196
19	6,0	3,5	?	6,062
20	0,9	0,2	0,075	?
21	?	5,0	1,25	7,07
22	8,0	?	1,0	5,657
23	1,5	4,2	?	4,2
24	2,4	1,5	0,2	?
25	?	2,0	0,75	3,464
26	6,0	?	0,5	5,196
27	0,8	0,2	?	0,283
28	3,0	0,5	0,25	?

17.5 – masala. Agar n – va k chi do‘ngliklar orasidagi masofa Δx ga teng bo‘lsa va to‘lqinning qaytishi manbadan x masofadagi nuqtada yuz berayotgan bo‘lsa, ikki muhitning ajralish chegarasiga tushgan va undan qaytgan yuguruvchi to‘lqinning qo‘shilishidan hosil bo‘lgan turg‘un to‘lqinning tugunlari va do‘ngliklarining holati aniqlansin va grafigi chizilsin. Ikki muhit chegarasidan qaytish shartlari hisobga olinsin.

Topshiriq raqami	n	k	$\Delta x, m$	x, m	Qaytish yuz berayotgan muhitning zichligi
1	2	5	0,75	1,5	Zichroq
2					Siyakroq
3	4	8	0,4	1,0	Zichroq
4					Siyakroq
5	3	7	2,4	4,8	Zichroq
6					Siyakroq
7	2	6	4,0	7,0	Zichroq
8					Siyakroq
9	1	4	0,24	0,4	Zichroq
10					Siyakroq
11	1	5	1,2	1,5	Zichroq
12					Siyakroq
13	2	4	0,28	0,7	Zichroq
14					Siyakroq
15	1	7	4,8	7,2	Zichroq
16					Siyakroq
17	1	3	0,4	1,2	Zichroq
18					Siyakroq
19	3	5	0,8	2,0	Zichroq
20					Siyakroq
21	2	6	0,64	0,96	Zichroq
22					Siyakroq
23	1	5	16,0	32,0	Zichroq
24					Siyakroq
25	3	6	6,0	14,0	Zichroq
26					Siyakroq
27	2	3	0,32	1,6	Zichroq
28					Siyakroq

17.6 - masala. Bir jinsli izotrop muhitda nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ va nisbiy magnit singdiruvchanligi μ_1 birga yaqin bo'lgan yassi elektromagnit to'lqin tarqalmoqda. To'lqinning elektr maydoni kuchlanganligi amplitudasi E_m ga, magnit maydon kuchlanganligi amplitudasi H_m ga teng. To'lqin tarqalishining fazaviy tezligi - v . Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	ϵ	$E_m, \text{V/m}$	$H_m, 10^3 \text{ A/m}$	$v, 10^8 \text{ m/s}$
1	?	?	8,56	1,86
2	2,6	?	2,14	?
3	?	2,5	?	2,12
4	6	0,6	?	?
5	2,0	?	1,88	?
6	6,0	1,0	?	?
7	?	?	7,96	3,0
8	?	0,4	?	2,12
9	1,0	1,5	?	?
10	?	0,1	?	1,224
11	?	?	4,28	1,86
12	2,0	?	3,0	?
13	?	2,0	?	2,12
14	2,6	?	0,856	?
15	6,0	0,5	?	?
16	?	?	26,0	1,224
17	2,0	?	7,51	?
18	2,6	0,8	?	?
19	?	?	1,327	3,0
20	?	3,0	?	2,12
21	6,0	0,2	?	?
22	?	1,5	?	1,224
23	1,0	?	5,31	?
24	?	?	1,06	3,0
25	2,0	?	2,25	?
26	6,0	1,2	?	?
27	?	?	4,28	1,86
28	?	4,0	?	3,0

17.7 - masala. Kristallning berilgan o'qi bo'ylab tarqalayotgan, elektr vektori amplituda qiymati E_m bir xil bo'lgan ikkita elektromagnit to'lqinlar qo'shilishidan hosil bo'lgan, siklik chastotalari, mos ravishda, ω_1 va ω_2 , to'lqin sonlari k_1 va k_2 bo'lgan to'lqin paketini ifodalovchi tenglamani yozing. Har bir to'lqinning fazaviy tezligini (ikkitagacha farqlanuvchi raqamlar aniqligida) va to'lqin paketining guruhli tezligini aniqlang.

Topshiriq raqami	$E_m, \text{V/m}$	$k_1, 10^6 \pi \text{ rad/m}$	$k_2, 10^6 \pi \text{ rad/m}$	$\omega_1, 10^{14} \pi \text{ rad/s}$	$\omega_2, 10^{14} \pi \text{ rad/s}$
1	1,25	2,98	3,11	5,81	6,05
2	0,5	3,05	3,39	5,93	6,59
3	1,4	3,11	3,66	6,05	7,10
4	0,02	3,39	3,93	6,59	7,61
5	0,55	3,66	4,11	7,10	7,95
6	0,07	3,93	4,16	7,61	8,02
7	0,15	4,11	4,94	7,95	9,46
8	0,2	4,16	6,59	8,02	12,29
9	1,6	4,94	9,33	9,46	16,16
10	0,05	6,59	10,8	12,29	17,11
11	0,8	9,33	10,8	16,16	17,11
12	0,45	2,98	3,05	5,81	5,93
13	0,1	3,05	3,11	5,93	6,05
14	0,75	3,11	3,39	6,05	6,59
15	0,08	3,39	3,66	6,59	7,10
16	0,25	3,66	3,93	7,10	7,61
17	0,01	3,93	4,11	7,61	7,95
18	0,65	4,11	4,16	7,95	8,02
19	0,4	4,16	4,94	8,02	9,46
20	1,0	4,94	6,59	9,46	12,29
21	1,5	6,59	9,33	12,29	16,16
22	0,06	1,59	2,98	3,12	5,81
23	1,8	2,98	3,39	5,81	6,59
24	0,3	3,05	3,66	5,93	7,10
25	1,2	3,11	3,93	6,05	7,61
26	0,04	1,59	3,05	3,12	5,93
27	0,35	3,39	4,11	6,59	7,95
28	0,6	3,66	4,16	7,10	8,02

17.8 - masala. Bir jinsli muhitda tarqalayotgan elektromagnit tebranishlar u guruhli va v fazaviy tezlikka egadir. $d\lambda$ to'liq uzunligi diapazonida λ yaqinida dispersiya D ga teng. Elektromagnit to'liq dispersiyalovchi yoki dispersiyalamaydigan muhitda tarqalayotganini, muhit musbat yoki manfiy dispersiyaga egaligini tushuntiring.

Topshiriq raqami	λ , nm	v , 10^8 m/s	u , 10^8 m/s	D , 10^{12} c ⁻¹
1	?	1,82	1,78	5,55
2	804	?	1,80	9,95
3	1050	1,95	?	1,9
4	234	1,76	1,24	?
5	?	1,94	1,91	3,15
6	608	?	1,89	8,22
7	194	1,66	?	92,8
8	512	1,90	1,82	?
9	?	1,96	1,93	2,94
10	437	?	1,86	13,73
11	280	1,78	?	50,00
12	720	1,95	1,85	?
13	?	1,96	1,92	4,76
14	362	?	1,36	132,6
15	523	1,91	?	5,73
16	486	1,93	1,72	?
17	?	1,95	1,93	3,1
18	546	?	1,89	9,16
19	304	1,86	?	217,1
20	590	1,94	1,89	?
21	?	1,93	1,78	29,53
22	185	?	1,14	237,84
23	656	1,94	?	4,57
24	405	1,91	1,53	?
25	?	1,73	0,65	504,67
26	480	?	1,76	33,34
27	670	1,95	?	16,42
28	1256	1,96	1,92	?

7.9. - masala. Vakuumda elektr maydon kuchlanganligi $E = E_m \cos(\omega t - kx)$ qonun bo'yicha, magnit maydon kuchlanganligi $H = H_m \cos(\omega t - kx)$ qonun bo'yicha o'zgarayotgan yassi elektromagnit to'lqin tarqalmoqda. Umov-Poynting vektorining t_1 vaqt momentidagi x_1 nuqtada Umov-Poynting vektorining oniy qiymati va uning davrdagi o'rtacha va maksimal qiymatlari topilsin.

Topshiriq raqami	$E = E_m \cos(\omega t - kx)$	x_1, m	t_1, s
1	$E = 2 \cos(2,5 \cdot 10^8 \pi t - 0,83 \pi x)$	1,205	$4,667 \cdot 10^{-9}$
2			$5 \cdot 10^{-9}$
3			$5,32 \cdot 10^{-9}$
4			$8 \cdot 10^{-9}$
5	$E = 12 \cos(5 \cdot 10^6 \pi t - 1,667 \cdot 10^{-2} \pi x)$	60	$2,334 \cdot 10^{-7}$
6			$2,5 \cdot 10^{-7}$
7			$2,66 \cdot 10^{-7}$
8			$4 \cdot 10^{-7}$
9	$E = 8 \cos(1,25 \cdot 10^7 \pi t - 4,167 \cdot 10^{-2} \pi x)$	24	$9,33 \cdot 10^{-7}$
10			10^{-7}
11			$1,064 \cdot 10^{-7}$
12			$1,6 \cdot 10^{-7}$
13	$E = 20 \cos(6,25 \cdot 10^8 \pi t - 2,083 \pi x)$	0,48	$3,2 \cdot 10^{-9}$
14			$2,128 \cdot 10^{-9}$
15			$2 \cdot 10^{-9}$
16			$1,867 \cdot 10^{-9}$
17	$E = 6 \cos(3,125 \cdot 10^9 \pi t - 9,6 \cdot 10^{-2} \pi x)$	10,42	$4 \cdot 10^{-10}$
18			$6,4 \cdot 10^{-10}$
19			$4,256 \cdot 10^{-10}$
20			$3,734 \cdot 10^{-10}$
21	$E = 15 \cos(8,33 \cdot 10^7 \pi t - 0,278 \pi x)$	3,6	$1,4 \cdot 10^{-8}$
22			$1,5 \cdot 10^{-8}$
23			$2,4 \cdot 10^{-8}$
24			$1,6 \cdot 10^{-8}$
25	$E = 30 \cos(1,67 \cdot 10^8 \pi t - 0,556 \pi x)$	1,8	$8 \cdot 10^{-9}$
26			$7 \cdot 10^{-9}$
27			$7,5 \cdot 10^{-9}$
28			$1,2 \cdot 10^{-8}$

17.10 - masala. Vakuumda, elektr vektorining maksimal qiymati E_m ga teng bo'lgan, yassi elektromagnit to'lqin tarqalmoqda. To'lqinlar tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar ravishda S yuzali yassi tekislik joylashgan. Elektromagnit maydondagi elektr va magnit vektorlar tebranish davrlaridan ancha katta bo'lgan t vaqt ichida bu yuzadan elektromagnit to'lqin W ga teng bo'lgan energiyani ko'chiradi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$E_m, \text{V/m}$	S, m^2	t, min	W, J
1	?	30	5	2,985
2	1,2	?	25	5,732
3	0,1	40	?	0,955
4	3,0	6	40	?
5	?	24	4	30,57
6	1,4	?	15	11,7
7	3,0	3	?	21,5
8	0,6	15	50	?
9	?	4	1	2,866
10	0,8	?	14	7,133
11	4,0	26	?	132,4
12	0,1	20	20	?
13	?	8	30	0,764
14	1,8	?	8	6,19
15	5,0	36	?	143,3
16	2,0	25	45	?
17	?	12	2	47,77
18	1,6	?	40	65,22
19	3,5	32	?	156,0
20	0,5	5	12	?
21	?	14	60	1070
22	0,3	?	3	0,86
23	1,5	22	?	47,29
24	4,5	10	35	?
25	?	16	55	17,5
26	2,5	?	10	29,86
27	0,4	35	?	8,92
28	5,0	2	16	?

TO‘LQIN OPTIKASI

18 – mavzu. Yorug‘lik interferensiyasi

Asosiy qonunlar va ifodalar

Yorug‘lik jadalligi

$$I = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon\epsilon_0}{\mu\mu_0}} E_m^2, \quad (18.1)$$

Muhitning sindirish ko‘rsatkichi

$$n = \frac{c}{v}, \quad (18.2)$$

bu erda c – vakuumdagi yorug‘lik tezligi; v – muhitdagi yorug‘lik tezligi.

Sindirish ko‘rsatkichini muhitning elektr va magnit xarakteristikalarini bilan bog‘liqligi:

$$n = \sqrt{\epsilon\mu}, \quad (18.3)$$

Vakuumdanda n sindirish ko‘rsatkichli muhitga o‘tishda elektromagnit to‘lqin uzunligining o‘zgarishi:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}, \quad (18.4)$$

bu erda λ – muhitdagi to‘lqin uzunligi; λ_0 – vakuumdagi to‘lqin uzunligi.

Optik yo‘l uzunligi

$$L = nl \left(+ \frac{\lambda}{2} \right), \quad (18.5)$$

bu erda l – nurning o‘tgan geometrik yo‘l uzunligi; $+\lambda/2$ – optic zichligi ko‘proq bo‘lgan muhitdan to‘lqin qaytganda yarim to‘lqin uzunligining mumkin bo‘lgan yo‘qolishi; optic zichligi kichikroq bo‘lgan muhitdan to‘lqin qaytganda yarim to‘lqin uzunligining mumkin bo‘lgan yo‘qolishi sodir bo‘lmaydi.

δ fazalar farqi bilan Δ ikkita nurning optic yo‘llar farqi orasidagi bog‘lanish:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta, \quad (18.6)$$

Kuzatish nuqtasidagi yorug'lik jadalligining interferensiya maksimumlari sharti:

$$\delta = \pm 2m\pi, \quad \Delta = \pm 2m\lambda, \quad m = 1, 2, 3 \dots, \quad (18.7)$$

kuzatish nuqtasidagi yorug'lik jadalligining interferensiya minimumlarini sharti:

$$\delta = \pm(2m+1)\pi, \quad \Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, 1, 2, \dots, \quad (18.8)$$

bu erda m – interferensiyaning maksimum va minimumlari tartibi.

Interferensiya tasmalari kengligi

$$\Delta x = \frac{l}{nd} \lambda, \quad (18.9)$$

bu erda l – manba'dan ekrangacha bo'lgan masofa; d – manba'lar orasidagi masofa.

Yupqa plenkalarda yorug'lik interferensiyasida ikkita nurning yo'llar farqi:

$$\Delta = 2b\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1} - \frac{\lambda}{2}, \quad (18.10)$$

bu erda b – nur tushayotgan joydagi plenka qalinligi; i_1 – nur tushish burchagi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

18.1 To'liqlar interferensiyasi hodisasining mohiyati nimadan iborat? Qanday to'liqlar kogerent deyiladi? Ikki nur yo'lining optik farqi deb nimaga aytiladi? Ikki nur yo'llarining va fazalarning qanday farqida kuzatilayotgan nuqtada nur intensivligida maksimum va qaysi hollarda minimum kuzatiladi?

18.2. Amalda qanday usullar bilan kogerent nurlar hosil qilish mumkin. Yung tajribasini tushuntiring. Interferensiyaviy tasma kengligi deb nimaga aytiladi? U nimaga teng? Qo'shni interferensiyaviy tasmalar orasidagi masofa nimaga teng? U nimaga bog'liq?

18.3. Frenel ko'zglasidan foydalanilganda interferensiya manzarasi qanday paydo bo'lishini tushuntiring. Bu holda qo'shni interferensiya tasmlari orasidagi masofa nimaga teng?

18.4. Interferensiyalovchi nurlarning biri yo'liga shaffof plastina yoki shaffof suyuqlikli (yoki gaz) kyuveta joylashtirilganda, nima uchun interferensiya manzarasi siljiydi? Javobingizni asoslang. Shu hodisadan amaliyotda foydalanishga misollar keltiring.

18.5. Yupqa plenkalarda yorug'lik interferensiyasi paydo bo'ladi? Bir xil qiyaliklar nima?

18.6. Optikada ravshanlashtirish nimaga asoslangan? Ravshanlantiruvchi yopuvchi qatlam qalinligini qanday hisoblash mumkin? U nimaga bog'liq?

18.7. Yupqa ponasimon plastinalarda yorug'lik interferensiyasi qanday paydo bo'ladi? Teng qalinliklar tasmlari nima? Ular qanday paydo bo'ladi?

18.8. Tiniq muhitlar bilan chegaralangan, ikkita tekislikdan tashkil topgan, « havo ponalari » da interferensiya qanday hosil bo'ladi? Bu holda qanday sharoitlarda qaytgan nur jadalligining maksimum va minimumlari kuzatiladi?

18.9. Nyuton halqasi nima? U qanday paydo bo'ladi? O'tayotgan va qaytgan nurlarda yorug' va qorong'i halqalar hosil bo'lish shartlarini yozing. Interferensiya manzarasining o'rtasida qorong'i va yorug' dog'lar bo'lishini qanday aniqlash mumkin?

18.10. Interferometrlarning ishlash prinsipi nimaga asoslangan? Maykelson interferometri – nima u? Tarqalmaydigan nur dastasidan foydalanilganda bu interferometrda interferensiya manzarasi qanday ko'rinishda bo'ladi? U qanday o'lchashlar bajara oladi?

18.1 - masala. Yung tajribasida tirqishlar orasidagi masofa d ga, tirqishdan ekrangacha bo'lgan masofa l ga teng. λ to'lqin uzunligiga mos keluvchi ikkita qo'shni tasmalar orasidagi masofa Δx ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	d, mm	l, m	λ, mkm	$\Delta x, \text{mm}$
1	0,7	0,32	0,35	?
2	4,0	2,0	?	0,23
3	3,1	?	0,62	0,30
4	?	4,6	0,40	0,92
5	1,5	3,5	0,66	?
6	7,0	28	?	1,36
7	4,5	?	0,55	1,10
8	?	5,0	0,38	1,00
9	10	30	0,65	?
10	2,1	4,2	?	0,84
11	2,6	?	0,52	1,20
12	?	24	0,34	2,04
13	1,6	6,2	0,48	?
14	3,0	18	?	3,12
15	2,4	?	0,60	2,50
16	?	4,4	0,54	2,97
17	0,2	0,8	0,50	?
18	2,1	2,2	?	0,66
19	4,0	?	0,36	0,72
20	?	7,5	0,44	2,20
21	7,8	4,5	0,64	?
22	6,5	26	?	2,28
23	2,7	?	0,45	2,50
24	?	40	0,58	4,64
25	4,0	25	0,32	?
26	0,9	3,6	?	1,80
27	3,4	?	0,68	4,00
28	?	4,8	0,56	3,84

18.2 - masala. Agarda birlamchi tushayotgan nur rangini boshqasi bilan almashtirilgan holda, Yung tajribasida ekrangdagi qo'shni interferensiyaviy tasmalar orasidagi masofa necha marotaba o'zgaradi?

Topshiriq raqami	Boshlang'ich rang	$\lambda_1, \mu\text{m}$	Keyingi rang	$\lambda_2, \mu\text{m}$
1	qizil	0,70	ko'k	0,48
2			Sariq	0,58
3			Yashil	0,55
4			Binafsha	0,40
5	Sariq	0,59	Yashil	0,55
6			Yashil-havo rang	0,51
7			Qizil	0,70
8			Binafsha	0,41
9	Binafsha	0,40	Yashil-havo rang	0,51
10			Qizil	0,64
11			Qizil	0,69
12			Yashil	0,54
13	Yashil-havo rang	0,51	Sariq	0,59
14			Binafsha	0,41
15			Qizil	0,64
16			Qizil	0,72
17	Ko'k	0,48	Zangori	0,62
18	Yashil	0,55		
19	Binafsha	0,40		
20	qizil	0,70		
21	Yashil	0,55	Ko'k	0,46
22	Sariq	0,59		
23	qizil	0,70		
24	Binafsha	0,40		
25	Binafsha	0,42	Yashil	0,54
26	Ko'k	0,48		
27	Sariq	0,58		
28	qizil	0,72		

18.3 - masala. Tekisliklari orasidagi burchak φ ga teng bo'lgan Frenel oynalariga, oynalar kesishgan chiziqqacha r masofada turgan, tor tirqishdan to'liq uzunligi λ ga teng monoxromatik nur tushyabdi. Oynalardan qaytgan nur oynalar kesishishidan b masofada ekranda interferensiya manzarasini hosil qiladi. Bu holda interferensiya tasmlari orasidagi masofa Δx ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	φ , min	b , m	r , m	λ , μm	Δx , mm
1	10	2,5	0,12	0,45	?
2				0,51	?
3				0,60	?
4				0,68	?
5	5	3,0	0,10	?	7,67
6				?	6,82
7				?	5,86
8				?	4,26
9	2	2,0	?	0,65	19,18
10			?		10,72
11			?		8,01
12			?		6,77
13	8	?	0,07	0,55	6,87
14		?			5,86
15		?			3,83
16		?			2,65
17	?	4,0	0,15	0,43	6,82
18	?				4,09
19	?				2,56
20	?				1,70
21	10	3,5	0,05	0,70	?
22	20				?
23	30				?
24	40				?
25	20	5,0	?	0,51	1,87
26			?		2,24
27			?		3,17
28			?		5,52

18.4 - masala. Yung tajribasida interferensiyalovchi nur yo'liga d qalinlikdagi, n sindirish ko'rsatkichli yupqa tiniq plastinka joylashtirilgan, natijada interferensiya manzara m ta tasmaga siljigan. Tushayotgan nurning to'liq uzunligi λ ga teng, yorug'lik nuri plastinkaga normal bo'yicha tushayabdi. Noma'lum kattalikni toping. Qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	d , mkm	n	m	λ , mkm	Graduirovka grafigini chizing
1	?	1,5	2	0,60	$m=f(d)$
2	?		5		
3	?		8		
4	?		10		
5	10	?	6	0,50	$m=f(n)$
6		?	10		
7		?	4		
8		?	8		
9	15	1,3	?	0,55	$m=f(\lambda)$
10			?	0,45	
11			?	0,65	
12			?	0,35	
13	?	1,4	5	0,55	$d=f(\lambda)$
14	?			0,40	
15	?			0,65	
16	?			0,35	
17	?	1,3	10	0,45	$d=f(n)$
18	?	1,4			
19	?	1,5			
20	?	1,6			
21	7,5	1,36	8	?	$n=f(\lambda)$
22		1,75		?	
23		1,62		?	
24		1,48		?	
25	11	?	4	0,55	$n=f(m)$
26		?	9,6		
27		?	7		
28		?	8,4		

18.5 - masala. To'liq uzunligi λ bo'lgan parallel nurlar dastasi sindirish ko'rsatkichi n_2 bo'lgan materialda yotgan n_1 sindirish ko'rsatkichli, yupqa plenkaga α burchak ostida tushayabdi. Interferensiya natijasida qaytgan nurlar maksimal susayishi uchun plenka qalinligi d_1 ga teng bo'lishi kerak, maksimal kuchayishi uchun d_2 ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$\lambda, \mu\text{m}$	α, grad	n_1	n_2	$d_1, \mu\text{m}$	$d_2, \mu\text{m}$
1	?	45	1,5	1,60	?	0,6865
2	?	60	1,55	1,75	0,0971	?
3	0,66	60	1,5	1,40	?	?
4	0,41	30	1,4	1,65	?	?
5	?	60	1,45	1,40	?	0,1397
6	?	45	1,8	1,45	0,2017	?
7	0,7344	30	1,54	1,66	?	?
8	0,5626	45	1,6	1,75	?	?
9	?	45	1,45	1,65	?	0,2371
10	?	30	1,65	1,45	0,1914	?
11	0,516	60	1,45	1,65	?	?
12	0,63	30	1,50	1,4	?	?
13	?	30	1,7	1,55	?	0,1109
14	?	45	1,4	1,55	0,1392	?
15	0,4546	60	1,5	1,75	?	?
16	0,46	45	1,55	1,4	?	?
17	?	60	1,6	1,5	?	0,0892
18	?	60	1,6	1,8	0,1437	?
19	0,43	45	1,45	1,6	?	?
20	0,6856	30	1,72	1,55	?	?
21	?	45	1,55	1,45	?	0,1160
22	?	45	1,62	1,75	0,102	?
23	0,56	60	1,4	1,55	?	?
24	0,5653	30	1,76	1,5	?	?
25	?	30	1,45	1,6	?	0,1286
26	?	30	1,5	1,4	0,1591	?
27	0,7962	45	1,57	1,8	?	?
28	0,4849	60	1,55	1,75	?	?

18.6 - masala. Optik qurilmalardagi linzalar sifatini oshirish maqsadida « ravshanlashtirish » usuli, ya'ni d qalinlikdagi plenkali qatlamni sirtga qoplash usuli keng qo'llaniladi, bu esa nurlar normal bo'yicha tushganda qaytgan nurlarda m tartibli $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-7}$ m to'lqin uzunlikda interferensiya minimumini kuzatish mumkin bo'ladi. Linzaning sindirish ko'rsatkichi n_1 , ravshantiruvchi plenkaning sindirish ko'rsatkichi n_2 ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	n_1	n_2	m	d_1, mkm
1	1,6	1,5	0	?
2			1	?
3			2	?
4			3	?
5	1,75	1,5	?	0,825
6		1,7	?	0,728
7		1,4	?	0,884
8		1,6	?	0,773
9	1,5	1,45	?	1,233
10			?	0,8534
11			?	0,6638
12			?	1,043
13	1,5	1,55	2	?
14		1,60		?
15		1,65		?
16		1,70		?
17	1,55	1,65	0	?
18		1,7	1	?
19		1,75	2	?
20		1,8	3	?
21	1,5	1,78	?	0,4635
22		1,72	?	0,3197
23		1,68	?	0,4911
24		1,62	?	0,3395
25	1,35	1,4	0	?
26			1	?
27			2	?
28			3	?

18.7 - masala. Havoda turgan qirralari orasi α burchakli yupqa ponasimon plastinada λ to'liqin uzunlikdagi nur normal bo'yicha tushganda qaytgan nurda oraliq masofalari Δx bo'lgan interferensiya tasmalari kuzatiladi. Plastina materialining sindirish ko'rsatkichi n ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Qo'shimcha topshiriqlarni bajaring

Topshiriq raqami	Rang filtri	$\lambda, \mu\text{m}$	α, min	n	$\Delta x, \text{mm}$	Grafigi chizilsin
1	Binafsha	0,41	1	1,5	?	$\Delta x = f(\alpha)$
2			2		?	
3			3		?	
4			4		?	
5	Qizil	0,70	0,5	1,45	?	$\Delta x = f(n)$
6				1,55	?	
7				1,65	?	
8				1,75	?	
9	?	?	1	1,6	0,752	$\Delta x = f(\lambda)$
10	?	?			0,505	
11	?	?			0,440	
12	?	?			0,634	
13	Sariq	0,59	?	1,7	0,398	$\Delta x = f(\alpha)$
14			?		0,239	
15			?		0,298	
16			?		0,596	
17	Qizil	0,70	2	1,5	?	$\Delta x = f(\lambda)$
18	Qizil	0,64			?	
19	Yashil	0,51			?	
20	Binafsha	0,42			?	
21	Ko'k	0,47	0,5	?	1,154	$\Delta x = f(\alpha)$
22				?	1,01	
23				?	0,95	
24				?	1,077	
25	Qizil	0,72	1	1,4	?	$\Delta x = f(\lambda)$
26	Sariq	0,58			?	
27	Yashil	0,55			?	
28	Ko'k	0,48			?	

18.8 - masala. n_1 sindirish ko'rsatkichli ikkita shaffof plastinalar orasida n_2 sindirish ko'rsatkichli suyuq yoki gaz muhitiga d diametrli ip tushganda suyuq yoki gazli pona hosil bo'lgan. Ipdan pona cho'qqisigacha masofa L ga teng. λ to'lqin uzunlikdagi nur plastinkaga normal ravishda tushganda plastinaning l uzunligida m interferensiya maksimumlari va minimumlari kuzatiladi. Noma'lum kattalikni toping.

Toprishi raqami	n_1	n_2	$d, \mu\text{m}$	L, cm	$\lambda, \mu\text{m}$	m	l, cm
1	1,5	?	2	10	0,3472	5	3,1
2	1,75	1,0	?	12	0,4091	11	5,4
3	1,6	1,00077	16	?	0,4982	9	3,5
4	1,42	1,63	10	15	?	12	3,0
5	1,58	1,02	12	30	0,5814	?	5,7
6	1,65	1,16	2,5	17	0,4199	13	?
7	1,5	?	7	11	0,3733	6	1,6
8	1,47	1,2	?	15	0,6240	4	5,2
9	1,34	1,05	8	?	0,4536	10	5,4
10	1,62	1,0	15	22	?	8	3,1
11	1,49	1,1	3	14	0,4007	?	1,7
12	1,7	1,00038	5	16	0,6044	6	?
13	1,36	?	13	23	0,4845	7	2,5
14	1,55	1,54	?	8	0,5133	3	1,0
15	1,43	1,33	9	?	0,4309	5	0,9
16	1,8	1,12	10	18	?	8	3,9
17	1,45	1,0	17	21	0,5667	?	1,4
18	1,72	1,2	20	24	0,3500	4	?
19	1,38	?	4	9	0,5123	6	2,6
20	1,68	1,4	?	12	0,4480	10	3,2
21	1,76	1,08	4	?	0,6336	3	3,3
22	1,5	1,6	18	25	?	7	1,4
23	1,35	1,004	6	10	0,4016	?	1,0
24	1,44	1,1	11	19	0,5459	7	?
25	1,73	?	19	20	0,5146	6	1,3
26	1,48	1,005	?	11	0,4568	3	1,5
27	1,55	1,4	14	?	0,3733	7	0,8
28	1,64	1,18	5	13	?	9	5,3

18.9 - masala. Nyuton halqalarini kuzatuvchi qurilmada n_1 sindirish ko'rsatkichli linza va n_3 sindirish ko'rsatkichli plastinkalar orasi n_2 sindirish ko'rsatkichli gaz yoki suyuqlik to'ldirilgan. λ to'lqin uzunlikdagi o'tayotgan (qaytgan) nur orqali kuzatayotganda m – yorug' (qorong'u) halqaning radiusi r_m ga teng. Linzaning egrilik radiusi R ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Interferensiya manzarasining markazida yorug' yoki qorong'I dog' bo'lishini aniqlang

Topshiriq raqami	Kuzatilish sharti	n_1	n_2	n_3	$\lambda, \mu\text{m}$	Halqa	m	r_m, mm	R, m
1	Qaytuvchi nurda	1,5	1,0	1,8	0,70	Qorong'i	2	?	0,5
2							3	?	
3							4	?	
4							5	?	
5	O'tuvchi nurda	1,5	1,0	1,8	0,55	Qorong'i	?	1,11	0,5
6							?	0,83	
7							?	0,64	
8							?	0,98	
9	Qaytuvchi nurda	1,8	1,63	1,5	?	Yorug'	3	0,81	0,6
10					?			0,74	
11					?			0,88	
12					?			0,66	
13	O'tuvchi nurda	1,5	1,63	1,5	0,4240	Yorug'	6	1,06	?
14					0,5477			0,84	?
15					0,6405			2,06	?
16					0,7232			2,42	?
17	Qaytuvchi nurda	1,5	1,63	1,7	0,50	Yorug'	5	0,88	?
18								1,24	?
19								2,77	?
20								3,92	?
21	O'tuvchi nurda	1,5	1,63	1,7	0,64	Qorong'i	2	?	8,0
22							4	?	
23							6	?	
24							8	?	
25	Qaytuvchi nurda	1,7	1,0	1,5	0,45	Yorug'	?	0,80	0,4
26			1,05				?	0,66	
27			1,1				?	0,95	
28			1,15				?	0,84	

18.10 - masala. Maykelson interferometr yelkasiga sochilmaydigan yorug'lik dastasi bilan har birining uzunligi l bo'lgan bir xil havosi so'rilgan kyuvetlar joylashtirilgan. Kyuvetalardan biri n sindirish ko'rsatkichli modda to'ldirilganda λ to'lqin uzunligidagi interferensiya manzarasi m ta tasmaga siljiydi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l, mm	n	$\lambda, \mu\text{m}$	m
1	?	1,33	0,5802	2275
2	2	?	0,6702	1119
3	4	1,03	?	654
4	6	1,08	0,4201	?
5	?	1,02	0,4507	355
6	1	?	0,7212	416
7	2	1,25	?	3214
8	3	1,13	0,5200	?
9	?	1,008	0,6000	400
10	8	?	0,4099	3220
11	10	1,07	?	1860
12	12	1,003	0,6818	?
13	?	1,5	0,6400	3125
14	2	?	0,50	4640
15	3	1,18	?	800
16	4	1,20	0,7002	?
17	?	1,12	0,5607	2140
18	2	?	0,6512	1290
19	4	1,15	?	1020
20	6	1,02	0,4297	?
21	?	1,06	0,6194	1550
22	10	?	0,4828	1160
23	11	1,54	?	1660
24	12	1,1	0,5503	?
25	?	1,12	0,5399	489
26	13	?	0,6896	812
27	14	1,41	?	1405
28	15	1,05	0,4	?

19 – mavzu. Yorug‘lik difraksiyasi

Asosiy qonunlar va ifodalar

Gyuygens – Frenel prinsipi:

$$E = \int_S K(\varphi) \frac{A_0}{r} \cos(\omega t - kr + \alpha) dS, \quad (19.1)$$

bu erda koeffisientlar $\varphi = 0$ da $K(\varphi) = K_{max}$, $\varphi \geq \pi / 2$ da $K(\varphi) = 0$; $A_0 - dS$ to‘lqin sirti elementida E da turgan tebranish vektorining amplitudasi; $r - dS$ dan kuzatish nuqtasigacha bo‘lgan masofa.

Frenel sohasi radiusi

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m\lambda}, \quad (19.2)$$

bu erda $a -$ nuqtaviy manba‘dan sferik to‘lqin frontigacha bo‘lgan masofa;

$b -$ to‘lqin frontidan kuzatish nuqtasigacha bo‘lgan masofa.

Frenel sohasi yuzasi

$$S_m = \frac{\pi ab\lambda}{a+b}, \quad (19.3)$$

Kichik dumaloq teshikdagi Frenel difraksiyasi difraksiyaviy manzarasining markazidagi tebranish amplitudasi:

Frenel sohasining toq sonlarida

$$A \approx A_1, \quad (19.4)$$

Frenel sohasining juft sonlarida

$$A = 0, \quad (19.5)$$

bu erda $A_1 -$ birinchi Frenel sohasidan difraksiya manzarasi markazidagi tebranishlar amplitudasi.

Kichik dumaloq ekrandagi Frenel difraksiyasi difraksiyaviy manzarasining markazidagi tebranishlar amplitudasi

$$A \approx \frac{A_1}{2}, \quad (19.6)$$

Tirqichdagi Fraungofer difraksiyasida difraksiyaviy maksimumlar sharti:

$$b \sin \varphi = \pm(2m+1) \frac{\lambda}{2}, \quad m = 0, 1, 2 \dots, \quad (19.7)$$

bu erda m – difraksiya maksimumining tartibi.

Tirqishdagi Fraungofer difraksiyasida minimumlar sharti:

$$b \sin \varphi = \pm m \lambda, \quad m = 1, 2, \dots, \quad (19.8)$$

Difraksiyaviy panjaradagi Fraungofer difraksiyasida bosh maksimumlar sharti:

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda, \quad m = 0, 1, 2 \dots, \quad (19.9)$$

bu erda d – panjara doimiysi; m – bosh maksimum tartibi.

Kuzatiladigan bosh maksimumlar soni

$$m \leq \frac{d}{\lambda}, \quad (19.10)$$

Spektral asbobning chiziqli dispersiyasi

$$D = \frac{\Delta l}{\Delta \lambda}, \quad (19.11)$$

bu erda Δl – $\Delta \lambda$ to‘lqin uzunligiga farq qiladigan, ekrandagi spectral chiziqlar orasidagi chiziqli masofa,

Spektral asbobning burchakli dispersiyasi

$$D_\varphi = \frac{\Delta \varphi}{\Delta \lambda}, \quad (19.12)$$

bu erda $\Delta \varphi$ – $\Delta \lambda$ to‘lqin uzunligiga farq qiladigan ekrandagi spectral chiziqlar orasidagi masofa.

Spektral asbobning aniqlash qobiliyati

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}, \quad (19.13)$$

bu erda $\Delta\lambda$ – chiziqlar alohida aniqlanadigan holdagi ikkita spectral chiziqning to‘lqin uzunliklarining minimal farqi.

Aniqlash qobiliyati bilan difraksiyaviy panjara tirqishlari soni bilan bog‘liqligi:

$$R = mN, \quad (19.14)$$

bu erda m – spektr tartibi; N – difraksiyaviy panjara tirqishlarining soni.

Fazoviy panjaradagi difraksiyada difraksiya maksimumlari sharti (Vulf – Bregg ifodasi):

$$2d \sin \theta = \pm m\lambda, \quad m = 1, 2, \dots, \quad (19.15)$$

bu erda d – atom qatlamlar orasidagi masofa; θ – sirpanish burchagi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

19.1. Yorug‘lik difraksiyasi hodisasi nima? Qanday sharoitda uni kuzatish mumkin? Difraksiyaning qanday ikki turini bilasiz? Gyuygens prinsipini ifodalang va uni tushuntiring, Frenel uni nima bilan to‘ldirdi? Frenel sohalari usuli nimaga asoslangan?

19.2. Qanday sharoitlarda doiraviy teshikdagi parallel monoxromatik nurlar difraksiyasida difraksiyaviy manzaraning markazida oq dog‘ va qanday sharoitda qora dog‘ hosil bo‘ladi?

19.3. Kichik doiraviy teshikli diafragmasidan kuzatish nuqtasi uzoqlashganda nurlar difraksiya manzarasi markazida minimum va maksimumlar navbatma-navbat bir-birini almashib turadi. Bu holat kuzatilishini tushuntiring. Qanday sharoitda oxirgi maksimum va minimum kuzatiladi?

19.4. Agar kichik doiraviy teshikli nuqtaviy manba‘dan kuzatish nuqtasigacha diafragma siljitsa kuzatish nuqtasidan ko‘rinadigan Frenel sohalari soni qanday o‘zgaradi? Teshikli diafragmaning qaysi holatida Frenel sohalari soni eng kam bo‘ladi?

19.5. Kichik doiraviy ekrandagi parallel monoxromatik nurlar dastasining difraksiyasida difraksiyaviy manzarasi qanday ko‘rinishga ega bo‘ladi? Bunda Frenelning qaysi sohalari ko‘rinadi? Frenel sohalari kengligi qanday hisoblanadi?

19.6. Parallel nurlar ingichka tirqishga normal tushganida qanday turdagi difraksiya kuzatiladi? Qaysi hollarda difraksiyaviy maksimumlar, qaysilarida minimumlar kuzatiladi?

19.7. Ingichka tirqishdagi parallel monoxromatik nurlar dastasining difraksiyasida ikkita minimumlar va maksimumlar orasidagi masofa qanday hisoblanadi?

19.8. Difraksiyaviy panjarada difraksiyani qanday kuzatish mumkin? Bu holdagi difraksiyaviy manzara yakka ingichka tirqishda bo'ladigan difraksiyaviy manzaradan nimasi bilan farq qiladi? Asosiy difraksiyaviy maksimumlar qaysi burchaklarda kuzatiladi? Ekranda difraksiyaviy minimumlar qaysi burchaklarda kuzatish mumkin? Monoxromatik bo'lmagan oq nur difraksiyaviy panjaradan o'tganida spektrga ajralishi qanday sodir bo'ladi?

19.9. Spektral asbobning chiziqli va burchakli dispersiyasi deb nimaga aytiladi? Difraksiyaviy panjaraning aniqlash kuchi undagi tirqishlar soni bilan qanday bog'langan?

19.10. Fazoviy panjaradagi difraksiyani qaysi to'lqin uzunliklarida kuzatish mumkin? Vulf - Bregg ifodasini yozing. a) kristall panjaraning ikki rentgenostruktur tahlilining ikki usuli; b) rentgen spektroskopiyasi nimaga asoslangan?

19.1 - masala. Agar yorug'lik filtri orqali o'tayotgan nur to'lqin uzunligi λ ga, to'lqin yuzasidan yorug'lik manba'gacha masofa a ga, kuzatish nuqtasigacha esa b ga teng bo'lsa Frenelning m - sohasi radiusini hisoblang. Frenelning m - sohasi radiusining o'zgaruvchi parametrga bog'liq grafigini chizing.

Topshiriq raqami	To'lqin fronti	Yorug'lik filtri	$\lambda, \mu\text{m}$	a, m	b, m	m
1	Sferik	Yashil	0,55	0,3	2,2	1
2						2
3						3
4						4
5	Tekis	Yashil	0,55	∞	2,2	1
6						2
7						3
8						4
9	Sferik	Bishafsha rang	0,40	0,3	1,5	2
10		Yashil	0,52			
11		Zarg'aldoq	0,60			
12		Qizil	0,70			
13	Tekis	Bishafsha rang	0,40	∞	1,5	2
14		Yashil	0,52			
15		Zarg'aldoq	0,60			
16		Qizil	0,70			
17	Sferik	Ko'k	0,47	0,3	1	2
18					2	
19					3	
20					4	
21	Tekis	Ko'k	0,47	∞	1	2
22					2	
23					3	
24					4	
25	Sferik	Qizil	0,64	0,1	1,8	3
26				0,2		
27				0,3		
28				0,4		

19.2 - masala. To'liq uzunligi λ bo'lgan monoxramatik manba'dan nur normal bo'yicha r radiusli dumaloq teshikli diafragma tushadi. Diafragmadan L masofada ekran joylashgan. Difraksiyaviy manzara markazidan kuzatilganda diafragma teshigiga joylashadigan Frenel sohalari soni m ga teng. Ekrandagi difraksiyaviy manzara markazi qanday bo'ladi: yorug'mi yoki qorong'i? Noma'lum kattalikni toping.

Topirishiq raqami	$\lambda, \mu\text{m}$	r, mm	L, m	m
1	0,500	0,4	0,08	?
2	0,577	1,5	?	3
3	0,408	?	0,2	6
4	?	0,9	1,8	1
5	0,416	0,8	0,22	?
6	0,641	1,0	?	2
7	0,533	?	0,54	5
8	?	0,5	0,16	4
9	0,457	1,1	0,53	?
10	0,643	0,6	?	7
11	0,485	?	1,32	1
12	?	1,4	1,45	2
13	0,706	1,2	0,34	?
14	0,544	0,7	?	5
15	0,440	?	1,94	3
16	?	0,9	0,23	6
17	0,676	0,5	0,37	?
18	0,402	1,3	?	3
19	0,538	?	0,52	7
20	?	0,8	0,47	4
21	0,521	1,0	0,96	?
22	0,457	0,4	?	5
23	0,417	?	1,20	2
24	?	1,2	3,0	1
25	0,571	0,6	0,21	?
26	0,620	1,4	?	2
27	0,483	?	0,70	5
28	?	0,9	0,39	4

19.3 - masala. Radiusi r – bo‘lgan dumaloq teshikli diafragma to‘lqin uzunligi λ bo‘lgan parallel nurlar dastasi normal tushmoqda. Ekranni diafragmadan uzoqlashtirganda oxirgi minimum difragma va ekran orasidagi b'_{min} masofada, oxirgi maksimum esa b'_{max} masofada kuzatiladi. Noma‘lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	r, mm	$\lambda, \mu\text{m}$	b'_{min}, m	b'_{max}, m
1	1,2	0,45	?	?
2	0,4	?	?	0,291
3	?	0,67	?	1,21
4	?	0,53	0,236	?
5	1,8	?	3,857	?
6	0,7	0,46	?	?
7	1,3	?	?	3,38
8	?	0,51	?	1,255
9	?	0,64	0,125	?
10	1,4	?	2,04	?
11	0,3	0,40	?	?
12	1,0	?	?	1,667
13	?	0,47	0,0957	?
14	?	0,70	?	1.428
15	1,6	0,62	?	?
16	0,5	?	0,236	?
17	?	0,44	?	2,75
18	?	0,58	0,4225	?
19	0,9	?	?	1,246
20	1,5	?	2,5	?
21	0,6	0,50	?	?
22	?	0,38	?	0,948
23	?	0,55	1,31	?
24	1,1	?	?	1,73
25	1,7	?	2,26	?
26	0,8	0,48	?	?
27	?	0,60	?	2,82
28	?	0,42	0,048	?

19.4 - masala. Diafragmadagi radiusi r bo'lgan doiraviy teshik to'liq uzunligi λ bo'lgan monoxromatik nur bilan yoritilmoqda. Difraksiyaviy manzara yorug'lik manbaidan L masofadagi nuqtadan kuzatilmoqda. Agar diafragmani yorug'lik manba'idan a_1 masofadan a_2 masofaga siljitilsa, difraksiyaviy manzara markazida to'la qorong'ilik necha marta kuzatiladi?

Topshiriq raqami	r, mm	$\lambda, \mu\text{m}$	L, m	a_1, m	a_2, m
1	1,5	0,55	2,5	0,4	0,5
2					1,0
3					1,5
4					2,0
5	0,8	0,40	1,4	0,2	1,0
6				0,3	
7				0,4	
8				0,5	
9	0,8	0,45	1,0	0,3	0,8
10	0,9				
11	1,0				
12	1,1				
13	1,3	0,4	3,0	1,0	1,8
14		0,5			
15		0,6			
16		0,7			
17	1,0	0,64	1,5	0,3	0,8
18					1,0
19					1,2
20					1,4
21	1,2	0,40	2,8	0,6	2,0
22				1,0	
23				1,2	
24				1,6	
25	0,9	0,43	1,0	0,1	0,7
26		0,52			
27		0,66			
28		0,72			

19.5 - masala. To'liqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik parallel nurlar dastasi o'z yo'lida radiusi r bo'lgan kichik doiraviy ekranga duch keladi. Difraksiyaviy manzara ekran markaziga nisbatan perpendikulyar joylashgan undan b masofadagi nuqtada kuzatiladi. Ekran yonidagi Frenel sohasi kengligi Δx ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$\lambda, \mu\text{m}$	r, mm	b, m	$\Delta x, \text{mm}$
1	?	2,1	0,3	0,05
2	0,4464	?	0,25	0,06
3	0,6060	0,4	?	0,21
4	0,5389	1,5	1,0	?
5	?	0,8	0,9	0,22
6	0,4667	?	1,2	0,20
7	0,5639	2,0	?	0,35
8	0,6651	1,1	0,53	?
9	?	2,2	1,1	0,10
10	0,6162	?	0,52	0,18
11	0,4589	1,4	?	0,13
12	0,5789	0,5	0,19	?
13	?	1,6	0,45	0,09
14	0,508	?	0,7	0,14
15	0,667	0,9	?	0,23
16	0,425	0,3	0,5	?
17	?	0,6	0,36	0,16
18	0,5398	?	0,43	- 0,11
19	0,6625	1,2	?	0,25
20	0,488	2,3	2,8	?
21	?	1,8	1,7	0,26
22	0,6343	?	0,9	0,33
23	0,4009	0,7	?	0,15
24	0,5902	1,3	0,65	?
25	?	1,0	1,1	0,24
26	0,5022	?	0,4	0,07
27	0,6925	1,7	?	0,12
28	0,4444	1,9	1,8	?

19.6 - masala. Tirqishga normal bo'ylab to'lqin uzunligi λ bo'lgan parallel monoxromatik nurlar dastasi tushmoqda. Tirqish kengligi to'lqin uzunligidan z marta katta. Difraksiyaviy manzaraning m - tartibli maksimum va minimumlari qaysi burchak ostida kuzatiladi.

Topshiriq raqami	Kuzatilayotgan ekstremumlar	z	m
1	Minimum	6	1
2			2
3			3
4			4
5	Maksimum	6	1
6			2
7			3
8			4
9	Minimum	9	1
10			3
11			5
12			7
13	Maksimum	9	1
14			3
15			5
16			7
17	Minimum	5	1
18			2
19			3
20			4
21	Maksimum	5	1
22			2
23			3
24			4
25	Minimum	10	3
26			4
27			6
28			7

19.7 - masala. Kengligi b bo'lgan tirqishga to'lqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik paralel nurlar dastasi tushmoqda. Linzadan L masofada turgan ekrandagi tirqish tasvirining kengligi Δx ga teng. Tasvir kengligi sifatida asosiy yoritilganlik maksimumiga nisbatan ikki tomonda turgan birinchi difraksiyaviy minimumlar orasidagi masofa olinsin. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$b, \mu\text{m}$	$\lambda, \mu\text{m}$	L, m	$\Delta x, \text{cm}$
1	?	0,50	0,65	8,14
2	10	?	1,20	16,36
3	6	0,58	?	17,48
4	21	0,44	0,90	?
5	?	0,57	1,05	4,79
6	18	?	1,35	10,51
7	13	0,40	?	8,00
8	11	0,66	0,75	?
9	?	0,60	1,30	5,20
10	15	?	0,55	3,30
11	20	0,42	?	3,36
12	19	0,51	1,00	?
13	?	0,45	0,85	7,66
14	35	?	0,70	2,40
15	20	0,64	?	4,48
16	8	0,56	1,40	?
17	?	0,52	0,60	2,71
18	12	?	0,95	9,04
19	14	0,48	?	7,55
20	16	0,63	1,10	?
21	?	0,43	0,80	5,74
22	13	?	1,45	10,27
23	22	0,55	?	3,85
24	27	0,67	1,15	?
25	?	0,65	0,50	1,91
26	17	?	0,72	4,41
27	9	0,47	?	1,05
28	14	0,54	0,25	?

19.8 - masala. 1 mm uzunligiga n ta shtrixlar to'g'ri kelgan difraksiyaviy panjaraga normal bo'lab yorug'lik nurlari tushmoqda. Linzadan L masofada joylashgan ekranda difraksiyaviy spektr kuzatiladi. Undagi berilgan ikki chiziqlar orasidagi masofa Δx ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Tops hiriq raqa mil	Birinchi chiziq			Ikkinchi chiziq			n_1 , m m	L , m	Δx , sm		
	Rangi	Tartibi	λ_1 , μm	Rangi	tartibi	λ_2 , μm					
1	qizil	Chapdan1	0,68	qizil	O'ngdan 1	0,68	400	$\frac{1}{2}$?		
2	qizil	Chapdan2	0,68	qizil	O'ngdan 2	0,68			?		
3	Yashil	Chapdan1	0,55	Yashil	O'ngdan 1	0,55			?		
4	Yashil	Chapdan2	0,55	Yashil	O'ngdan 2	0,55			?		
5	qizil	Chapdan1	0,68	qizil	Chapdan2	0,68	500	$\frac{4}{5}$?		
6	Ko'k		0,46	Ko'k		0,46			?		
7	Zar/doq		0,60	Zar/doq		0,60			?		
8	Yashil		0,55	Yashil		0,55			?		
9	Binafsha	O'ngdan2	0,40	qizil	O'ngdan 1	0,68	600	?	8,02		
10	Binafsha			qizil		0,64			?	5,25	
11	Binafsha			Zar/doq		0,60			?	3,22	
12	Binafsha			Yashil		0,55			?	11,85	
13	Ko'k	Chapdan1	0,46	Ko'k	O'ngdan 1	0,46	?	$\frac{3}{5}$	28,36		
14	Yashil		0,51	Yashil		0,51			?	4,59	
15	Yashil		0,55	Yashil		0,55			?	13,28	
16	Zarg'aldo q		0,60	Zar/doq		0,60			?	10,84	
17	Ko'k	Chapdan1	0,46	Ko'k	O'ngdan 1	0,46	300	$\frac{2}{5}$?		
18	Ko'k	Chapdan2	0,46	Ko'k	O'ngdan 2	0,46			?		
19	Zarg'aldo q	Chapdan1	0,60	Zarg'ald oq	O'ngdan 1	0,60			?		
20	Zarg'aldo q	Chapdan2	0,60	Zarg'ald oq	O'ngdan 2	0,60			?		
21	Binafsh a	Chapdan1	0,40	Binafsh a	O'ngdan 1	0,40	700	?	58,33		
22	Binafsha	Chapdan2	0,40	Binafsh a	O'ngdan 2	0,40			?	54,07	
23	qizil	Chapdan1	0,64	qizil	O'ngdan 1	0,64			?	25,05	
24	qizil	Chapdan2	0,64	qizil	O'ngdan 2	0,64			?	60,53	
25	qizil	Chapdan1	0,68	qizil	O'ngdan 1	0,68	?	?	24,15		
26	Ko'k	Chapdan2	0,46	Ko'k	O'ngdan 2	0,46			?	11,63	
27	Zarg'aldo q	Chapdan2	0,60	Zarg'ald oq	O'ngdan 2	0,60			?	$\frac{7}{10}$	30,97
28	Binafsha	Chapdan3	0,40	Binafsh a	O'ngdan 2	0,60			?	?	8,42

19.9 - masala. l kenglikdagi difraksiyaviy panjara N ta tirqishga ega. Panjara doimiysi d ga teng. Panjaraning λ to'liqin uzunliudagi m tartibi uchun aniqlik darajasi $R = \lambda/(\Delta\lambda)$ ga, uning burchak dispersiyasi esa $D = \Delta\varphi/(\Delta\lambda)$ ga teng, bu erda $\Delta\lambda$ - difraksiyaviy panjara aniqlayoladigan ikki qo'shni maksimumlar to'liqin uzunliklar orasidagi farqi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l, cm	d, cm	N	m	$\lambda, \text{Å}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	R	D, cm^{-1}
1	?	?	?	2	?	0,2	20 000	4 000
2	?	$2 \cdot 10^{-3}$	5 000	2	5 500	?	?	?
3	4,0	?	5 000	3	?	0,3	?	?
4	6,0	?	4 000	3	6 000	?	?	?
5	4,5	$5 \cdot 10^{-4}$?	?	?	0,2	?	6 000
6	3,0	?	?	4	6 000	?	?	2 500
7	?	$6 \cdot 10^{-4}$?	3	5 000	?	25 000	?
8	?	$5 \cdot 10^{-4}$	7 500	?	?	0,3	?	4 000
9	2,0	?	?	1	6 400	?	8 000	?
10	2,5	?	12 500	2	5 000	?	?	?
11	6,3	$1,5 \cdot 10^{-3}$?	2	?	0,5	?	?
12	?	$1,25 \cdot 10^{-3}$	3 200	?	?	0,75	6 400	?
13	2,0	$5 \cdot 10^{-4}$?	3	6 000	?	?	?
14	1,4	$7 \cdot 10^{-4}$?	4	?	0,7	?	?
15	?	?	8 750	?	?	0,25	17 500	5 000
16	1,8	?	2 700	?	4 050	?	?	4 500
17	?	$7 \cdot 10^{-4}$?	1	?	0,6	10 000	?
18	?	?	?	2	?	0,4	12 600	6 300
19	2,8	?	7 000	2	?	0,35	?	?
20	3,2	?	?	3	?	0,3	?	4 800
21	5,0	10^{-3}	?	?	?	0,25	?	3 000
22	1,5	$1,25 \cdot 10^{-3}$?	3	4 200	?	?	?
23	2,5	?	?	2	5 250	?	5 000	?
24	2,4	?	3 000	?	?	0,9	6 000	?
25	?	$2 \cdot 10^{-3}$	1 500	1	4 800	?	?	?
26	?	?	4 500	?	?	0,6	9 000	6 000
27	?	$5 \cdot 10^{-4}$	6 500	1	?	1,0	?	?
28	1,6	?	?	2	?	1,5	3 000	?

19.10 - masala. Kristall qirrasiga to'liqin uzunligi λ bo'lgan parallel rentgen nurlari dastasi tushmoqda. Atom tekisliklari orasidagi masofa d ga teng. Agar nurlar kristall tekisligiga nisbatan θ siljish burchagi ostida tushsa, m tartibli interferensiya maksimumi kuzatiladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ, nm	d, nm	θ	m
1	0,075	8	?	1
2			?	2
3			?	3
4			?	4
5	0,062	?	5°56'	1
6		?	7°25'	
7		?	5°05'	
8		?	11°56'	
9	?	5	19°28'	2
10	?		13°30'	
11	?		15°28'	
12	?		7°40'	
13	0,045	4	8°50'	?
14	0,060		7°50'	?
15	0,025		1°38'	?
16	0,037		4°49'	?
17	0,05	3	?	2
18			?	
19			?	
20			?	
21	0,08	?	10°29'	1
22		?	5°06'	
23		?	12°09'	
24		?	6°58'	
25	?	0,5	59°	3
26	?		68°13'	
27	?		16°36'	
28	?		25°23'	

20 –mavzu. Yorug‘lik qutblanishi

Asosiy qonunlar va ifodalar

Yorug‘lik qutblanishi tartibi

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (20.1)$$

bu erda I_{\max} , I_{\min} – yorug‘lik nuri yo‘nalishiga perpendikulyar bo‘lgan tekislikdagi qutblangan nurning maksimal va minimal jadalliklari.

Bryuster qonuni:

$$tgi_B = n_{21}, \quad (20.2)$$

Ideal polyarizator va analizatorlar uchun Malyus qonuni:

$$I_A = I_P \cos^2 \varphi, \quad (20.3)$$

bu erda I_P , I_A – polyarizator va analizatorlardan o‘tgan yorug‘lik nurlari jadalliklari; φ – polyarizator va analizatorlar qutblanish tekisliklari orasidagi burchak.

Real polyarizator va analizatorlardan o‘tgan yorug‘lik nurlari uchun Malyus qonuni:

$$I_A = \frac{1}{2}(1 - \beta_P)(1 - \beta_A)I_0 \cos^2 \varphi, \quad (20.4)$$

bu era β_P , β_A – polyarizator va analizatorlardagi yorug‘lik nuri jadalligini yo‘qotilish ulushi; I_0 – tabiiy nurning jadalligi.

Kerr yacheykasidan nur o‘tishida hosil bo‘luvchi oddiy va oddiy bo‘lmagan nurlar orasidagi yo‘llar farqi Δ va fazalar δ farqi,

$$\Delta = B\lambda_0 E^2, \quad \delta = 2\pi B l E, \quad (20.5)$$

bu erda B – Kerr doimiysi; l – Kerr yacheykasidagi kondensator plastinalari uzunligi.

Optik aktiv qorishmada l yo‘lni o‘tishda qutblangan nur tekisligining aylanish burchagi

$$\varphi = \alpha c l, \quad (20.6)$$

bu erda α – aylanish doimiysi; c – qorishmadagi optic aktiv moddaning konsentrasiyasi.

Frenel ifodalari:

$$\left. \begin{aligned} (I_{\perp})_{qayt} &= 0,5I_0 \left(\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)} \right)^2 \\ (I_{\parallel})_{qayt} &= 0,5I_0 \left(\frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)} \right)^2 \\ (I_{\perp})_{\text{sin}} &= 0,5I_0 \left(\frac{2\sin r \cos i}{\sin(i+r)\cos(i-r)} \right)^2 \\ (I_{\parallel})_{\text{sin}} &= 0,5I_0 \left(\frac{2\sin i \cos r}{\operatorname{tg}^2(i+r)} \right)^2 \end{aligned} \right\}, \quad (20.7)$$

bu erda $(I_{\perp})_{qayt}$, $(I_{\perp})_{\text{sin}}$ - qaytgan va singan nurlarda yorug'lik vektoti tebranishining jadalliklari; $(I_{\parallel})_{qayt}$, $(I_{\parallel})_{\text{sin}}$ – parallel tekisliklardagi qaytgan va singan yorug'lik nurlari vektoti tebranishlari jadalliklari; I_0 - tushayotgan tabiiy nurning jadalligi; i – tushish burchagi; r – sinish burchagi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

20.1. Yorug'lik qutblanishi hodisasining mohiyati nimadan iborat? Yorug'lik qutblanishining qanday turlarini bilasiz? Yorug'lik dielektrik sirtidan qaytganida qanday qilib qutblanadi? Qachon qaytgan nur to'la qutblangan bo'ladi? Bunda singan nur qutblangan bo'ladimi? Bryuster qonunini ifodalang. To'la ichki qaytish hodisasi nima? Qanday burchak chegaraviy tushish burchagi deb ataladi?

20.2. Yorug'lik nurining jadalligi nima? U qanday birliklarda o'lchanadi? Qutblantirgich nima? Ideal qutblantirgich tabiiy nur jadalligining qaysi qismini o'tkazadi? Nega? Malyus qonunining tarifini keltiring.

20.3. Real qutblantirgichlar ideallaridan nimasi bilan farqlanadi? Analizator nima? Real qutblantirgich va analizatorlardan o'tgan nur jadalligi uchun Malyus qonuni qanday ko'rinish oladi?

20.4. Qutblanish tekisliklari α burgak ostida joylashgan qutblantirgich va analizatorlardan o'tgan tabiiy yorug'lik nurini ko'zgdan qaytgach teskari yo'nalishda yo'naltirsak jadalligi qanday o'zgaradi? Metall va dielektrik sirtlaridan qaytuvchi jarayonlar

nimasi bilan farq qiladi? Bu holda sirtning qaytish koeffisienti qanday hisobga olinadi?

20.5. Qanday nur elliptik qutblangan deyiladi? Amalda elliptik qutblangan nurni qanday hosil qilish mumkin? Aylana bo'yicha qutblangan nurni qanday olinadi? O'zaro perpendikulyar tebranishlarni qo'shishni eslang. Agar qo'shilayotgan tebranishlar fazalari farqi: 0 ; $\pm\pi/2$; $\pm\pi$ bo'lganda natijaviy harakat qanday bo'ladi? Ikkita o'zaro perpendikulyar yorug'lik vektorlari uchun xuddi shunday ifodani keltirib chiqaring.

20.6. Qo'sh nur sinishi hodisasi nimadan iborat? Qanday nurni oddiy va qanday nurni g'ayrioddiy deyiladi? Oddiy va g'ayrioddiy nurlar qanday qutblanganlar? Kristallning optik o'qi deb nimaga aytiladi? Bir o'qli kristallarning qaysilari musbat va qaysilari manfiylarga ajratiladi? Chorak to'lqin uzunlikdagi plastinka deb nimaga aytiladi? Shunday plastinka yordamida tekis qutblangan (chiziqli qutblangan) monoxromatik nurdan qanday qilib elliptik va doiraviy qutblangan nurlarni hosil qilish mumkin?

20.7. Agar ikki qutblantirgich orasiga bir o'qli kristalldan optik o'qiga parallel ravishda kesilgan plastinka qo'yilsa nima kuzatiladi? Oddiy va g'ayrioddiy nurlar plastinkadan o'tganlarida qanday optik yo'l farqi hosil bo'ladi? Agar : a) birinchi va ikkinchi qutblantirgichlar parallel; b) qutblanish tekisliklari perpendikulyar bo'lsa yuqorida keltirilgan nurlar ikkinchi qutblantirgichdan o'tganlaridan keyin orasidagi yo'llar farqi nimaga teng bo'ladi?

20.8. Sun'iy qo'shnur sinishi nima? Uni qachon kuzatish mumkin? Texnikada sun'iy qo'shnur sinishidan foydalanish hollariga misollar keltiring. Keer effekti nimadan iborat. Keer yacheykasi nimadan iborat? Keer yacheykasidan o'tganida oddiy va g'ayrioddiy nurlar yo'llari va fazalar farqlari nimalarga bog'liq bo'ladi?

20.9. Qanday moddalar optik aktiv deyiladi? Kristall moddalarda qaysi yo'nalishda qutblanish tekisligining eng katta aylanish effekti kuzatiladi? Moddaning aylanish doimiysi deb nimaga aytiladi? U nimaga bog'liq?

20.10. Qanday nurlar qisman qutblangan bo'ladi? Amalda qisman qutblangan nurni to'liq elliptik qutblangan nurdan qanday ajratish mumkin? Nurning qutblanish darajasi nima? Uni qanday hisoblash mumkin?

20.1 - masala. Qandaydir moddada to'la ichki qaytish paytida chegaraviy tushish burchagi i_{cheg} ga, nisbiy sindirish ko'rsatkichi esa n ga teng. Qaytgan nur to'la qutblanganda tushish burchi i_B ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping va qo'shimcha topshiriqlarni bajaring.

Topshiriq raqami	n	i_{pr}	i_B	Bog'liqlik grafigini chizing
1	1,4	?	?	$i_B = f(n)$
2	1,5	?	?	
3	1,6	?	?	
4	1,7	?	?	
5	?	$53^{\circ}08'$?	$i_{pr} = f(n)$
6	?	$33^{\circ}45'$?	
7	?	$47^{\circ}48'$?	
8	?	$37^{\circ}03'$?	
9	?	?	$58^{\circ}38'$	$i_B = f(n)$
10	?	?	$52^{\circ}01'$	
11	?	?	$52^{\circ}51'$	
12	?	?	$55^{\circ}46'$	
13	1,35	?	?	$i_{pr} = f(n)$
14	1,45	?	?	
15	1,55	?	?	
16	1,65	?	?	
17	?	$44^{\circ}46'$?	$i_B = f(n)$
18	?	$39^{\circ}16'$?	
19	?	$50^{\circ}17'$?	
20	?	$35^{\circ}33'$?	
21	?	?	$60^{\circ}24'$	$i_{pr} = f(n)$
22	?	?	$56^{\circ}50'$	
23	?	?	$53^{\circ}52'$	
24	?	?	$59^{\circ}14'$	
25	1,80	?	?	$i_B = f(n)$
26	1,44	?	?	
27	1,75	?	?	
28	1,62	?	?	

20.2 - masala. Jadalligi I_0 bo'lgan tabiiy nur ikkita ideal nikolni kesib o'tmoqda. Ularning qutblanish tekisliklari orasidagi burchak φ ga teng. Birinchi nikoldan o'tgan nur ladalligi I_p ga, ikkinchisidan o'tgan nur intensivligi esa I_A ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$I_0, \text{W/m}^2$	$I_p, \text{W/m}^2$	$I_A, \text{W/m}^2$	α, grad
1	?	?	0,0582	10
2	0,28	?	?	60
3	?	0,05	0,025	?
4	?	0,3	?	80
5	?	0,18	0,1479	?
6	?	?	0,0362	55
7	0,10	?	0,0293	?
8	0,34	?	?	65
9	?	0,09	0,0795	?
10	0,40	?	0,0234	?
11	?	0,20	?	20
12	0,16	?	?	35
13	0,36	?	0,0592	?
14	?	0,10	?	40
15	?	?	0,1068	25
16	?	0,08	0,0776	?
17	?	0,16	?	75
18	?	?	0,029	50
19	?	0,12	0,09	?
20	0,32	?	?	15
21	?	?	0,03	30
22	?	0,06	0,0248	?
23	0,30	?	?	70
24	?	0,09	?	20
25	0,06	?	0,028	?
26	0,20	?	?	10
27	?	0,15	0,0375	?
28	?	0,07	?	45

20.3 - masala. Tabiiy nur tekisliklari orasidagi o'zaro burchagi φ ga teng bo'lgan mukammal bo'lmagan qutblantirgich va analizatoridan o'tmoqda. Bu holda tushayotgan nurni qutblantirgich qaytaradi va β_r qismini yutadi, analizator esa β_A qismini yutadi. Analizatoridan o'tgan nur jadalligi tushgan nur ladalligining k qismiga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	α , grad	β_r , %	β_A , %	k , %
1	?	4	2	23,52
2	40	?	9	25,36
3	65	11	?	7,31
4	10	16	3	?
5	?	5	7	7,89
6	70	?	4	5,28
7	30	12	?	26,70
8	45	17	15	?
9	?	10	16	15,62
10	20	?	5	39,00
11	50	15	?	15,45
12	75	6	8	?
13	?	18	17	22,83
14	80	?	6	1,37
15	40	13	?	23,23
16	15	2	4	?
17	?	20	14	4,02
18	50	?	7	17,29
19	25	7	?	36,28
20	60	21	13	?
21	?	9	12	23,50
22	30	?	8	31,74
23	55	14	?	12,59
24	70	19	10	?
25	?	8	11	13,47
26	35	?	9	26,26
27	75	22	?	2,22
28	60	3	5	?

20.4 - masala. Tabiiy nur qutblanish tekisliklari bir-biriga θ burchak ostida joylashgan ikkita ideal nikollar orqali o'tmoqda. Ikkinchi nikoldan o'tgach, nur qaytarish koeffitsienti k bo'lgan ko'zguga tushmoqda, bunda qaytishda qutblanish tekisligi o'zgarmayadi. Nur qaytib yana ikkala nikoldan o'tadi. Qayta o'tgach, nurning jadalligi tushgan nur jadalliligiga nisbatan m marta kamaydi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	θ , grad	k	m
1	20	0.75	?
2	30		?
3	40		?
4	50		?
5	35	?	9,87
6		?	7,41
7		?	14,81
8		?	6,35
9	?	0.6	30,8
10	?		9,68
11	?		4,94
12	?		7,4
13	45	0.1	?
14		0.2	?
15		0.3	?
16		0.4	?
17	25	?	7,41
18		?	5,93
19		?	4,56
20		?	3,95
21	?	0.7	3,28
22	?		89,57
23	?		3,67
24	?		8,3
25	15	0.5	?
26	30		?
27	45		?
28	60		?

20.5 - masala. Elektr tebranish vektorlari tekisliklari o'zaro perpendikulyar bo'lgan ikkita kogerent yassi qutblangan nurlar bitta to'g'richiziq bo'ylab tarqalmoqdalar. Agar bu tebranishlarning elektr tebranishlar vektori amplitudalari ($k = A_1/A_2$) ga va tebranishlar fazalar farqi ($\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$) ga teng bo'lsa, ularni qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan nurning qutblanishi nimaga teng bo'lishini ko'rsating. Birinchi nur elektr tebranishlari vektori E_1 ga nisbatan, qanday α burchak ostida natijaviy tebranishlar vektori E maksimal bo'ladi?

Topshiriq raqami	$k = A_1/A_2$	$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$
1	0,5	0
2	1,0	$\pi/2$
3	1,4	$-\pi$
4	0,9	$-\pi/2$
5	0,4	$-\pi/2$
6	0,8	π
7	2,0	$\pi/2$
8	1,0	0
9	2,6	$-\pi$
10	1,0	$-\pi/2$
11	3,5	0
12	0,6	$\pi/2$
13	1,3	$-\pi/2$
14	0,7	$\pi/2$
15	1,0	π
16	1,5	0
17	1,0	$\pi/2$
18	2,2	0
19	1,5	$-\pi/2$
20	0,7	π
21	1,6	$-\pi$
22	1,4	$\pi/2$
23	0,4	0
24	1,0	$-\pi/2$
25	4,0	0
26	0,6	$-\pi$
27	0,8	$-\pi/2$
28	2,1	$\pi/2$

20.6 - masala. Qandaydir bir o'qli kristalldan optik o'qiga parallel bo'yicha taxminiy qalinligi d bo'lgan yupqa plastinka kesib olingan. Agar plastinka qalinligini bir oz d gacha kamaytirilsa, uning yordamida to'liq uzunligi λ bo'lgan chiziqli qutblangan monoxromatik nurni doiraviy qutblangan nurga aylantirish mumkin. Kristallning oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun sindirish ko'rsatkichlari mos ravishda n_o va n_e ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Kristall turi	$d', \mu\text{m}$	$d, \mu\text{m}$	$\lambda, \mu\text{m}$	n_o	n_e
1	—	36	?	0,44	1,52	1,48
2	—	—	5,7	?	1,71	1,735
3	Manfiy	Minimal	5,4	0,65	?	1,72
4	Musbat	Minimal	2,7	0,39	1,63	?
5	—	60	?	0,55	1,80	1,84
6	—	—	21	?	1,54	1,515
7	Musbat	Minimal	2,5	0,46	?	1,726
8	Manfiy	Minimal	4,4	0,40	1,74	?
9	—	72	?	0,41	1,78	1,81
10	—	—	6,8	?	1,66	1,635
11	Manfiy	Minimal	3,4	0,54	?	1,53
12	Musbat	Minimal	3,1	0,49	1,58	?
13	—	150	?	0,45	1,49	1,515
14	—	—	32,5	?	1,61	1,59
15	Musbat	Minimal	2,75	0,43	?	1,76
16	Manfiy	Minimal	3,05	0,61	1,70	?
17	—	50	?	0,38	1,79	1,75
18	—	—	2,0	?	1,55	1,48
19	Musbat	Minimal	7,9	0,63	?	1,65
20	Manfiy	Minimal	3,1	0,50	1,75	?
21	—	350	?	0,48	1,48	1,49
22	—	—	39,2	?	1,55	1,535
23	Musbat	Minimal	5,0	0,60	?	1,85
24	Musbat	Minimal	3,0	0,40	1,76	?
25	—	75	?	0,49	1,65	1,665
26	—	—	5,3	?	1,72	1,69
27	Musbat	Minimal	7,25	0,58	?	1,61
28	Manfiy	Minimal	5,0	0,40	1,58	?

20.7 - masala. Bir o'qli kristalldan optik o'qiga parallel bo'ylab kesib oligan plastinka, ikki qutblantirgich orasiga joylashtirilgan, qutblantirgichlarning har birining optik o'qlariga nisbatan plastinkaning optik o'qi 45° tashkil etadi. λ_1 to'lqin uzunlikdagi nurni maksimal kuchayishi va λ_2 to'lqin uzunlikdagi nurni maksimal susaytirishi uchun plastinkaning minimal qalinligi d ga teng bo'ladi. Kristalda to'lqin uzunligi λ_1 bo'lgan nur uchun oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun sindirish ko'rsatkichlari farqi Δn_1 ni tashkil etadi, to'lqin uzunligi λ_2 bo'lgan nur uchun esa bu farq Δn_2 ni tashkil etadi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	qutblantirgichlar qutblanish tekisliklari	d, mm	$\lambda_1, \mu m$	$\lambda_2, \mu m$	Δn_1	Δn_2
1	Parallel	?	0,62	0,68	0,013	0,014
2		0,238	?	0,65	0,024	0,027
3		0,325	0,52	?	0,008	0,009
4		0,143	0,43	0,56	?	0,028
5	Perpendikulyar	0,344	0,47	0,6	0,014	?
6		?	0,35	0,55	0,019	0,026
7		0,130	?	0,52	0,030	0,037
8		10,675	0,61	?	0,007	0,008
9	Parallel	0,062	0,45	0,58	?	0,034
10		1,408	0,58	0,68	0,013	?
11		?	0,37	0,5	0,020	0,025
12		0,052	?	0,63	0,029	0,032
13	Perpendikulyar	0,560	0,48	?	0,018	0,022
14		0,329	0,40	0,51	?	0,026
15		0,729	0,53	0,66	0,010	?
16		?	0,49	0,64	0,025	0,031
17	Parallel	1,358	?	0,53	0,028	0,036
18		0,843	0,46	?	0,017	0,020
19		0,737	0,55	0,67	?	0,030
20		2,79	0,54	0,62	0,021	?
21	Perpendikulyar	?	0,50	0,61	0,016	0,019
22		1,307	?	0,51	0,009	0,011
23		0,285	0,38	?	0,026	0,030
24		0,66	0,44	0,54	?	0,018
25	Parallel	0,3	0,36	0,45	0,011	?
26		?	0,60	0,70	0,027	0,031
27		0,442	?	0,59	0,015	0,019
28		14,790	0,51	?	0,022	0,025

20.8 - masala. Keer effektini kuzatish qurilmasidagi plastinalar uzunligi l va ular orasidagi masofa d bo'lgan kondensatorga U potentsiallar farqi qo'yilgan. Suyuqlikdagi oddiy va g'ayrioddiy nurlar to'lqin uzunligi $0,6 \mu\text{m}$ uchun sindirish ko'rsatkichlari farqi $n_0 - n_e$ ga, shu to'lqin uzunlik uchun hona haroratidagi Keer doimiysi esa $2,2 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}^2$ ga teng. Oddiy va g'ayrioddiy nurlar Keer yacheykasidan o'tgach, ular orasida Δ ga teng yo'llar farqi va δ ga teng fazalar farqi yuzaga keladi. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	l, cm	d, mm	U, V	$n_0 - n_e$	$\Delta, \mu\text{m}$	δ
1	?	2,67	?	$4,17 \cdot 10^{-7}$	0,05	?
2	10	1,41	?	$1,2 \cdot 10^{-6}$?	?
3	?	?	1 150	$9 \cdot 10^{-7}$?	$0,255 \pi$
4	5	2,0	1 200	?	?	?
5	?	?	1 500	$3 \cdot 10^{-6}$	0,11	?
6	8	?	1 340	$1,8 \cdot 10^{-6}$?	?
7	?	1,2	?	$4,1 \cdot 10^{-6}$?	$\pi/2$
8	7.5	?	900	?	?	$\pi/4$
9	?	2,1	1 050	?	0,09	?
10	16	?	1 400	?	0,13	?
11	?	1,0	850	?	?	$0,2 \pi$
12	?	1,3	?	$7,5 \cdot 10^{-7}$?	$0,4 \pi$
13	12	1,8	?	?	0,07	?
14	?	2,2	?	$8 \cdot 10^{-7}$	0,15	?
15	?	1,6	800	?	0,12	?
16	9	?	1 400	?	?	$0,3 \pi$
17	15	1,46	?	$2,5 \cdot 10^{-6}$	2	?
18	12.5	?	750	?	0,1	?
19	?	?	1 100	$7 \cdot 10^{-7}$?	$0,15 \pi$
20	?	1,7	1 450	?	?	$0,45 \pi$
21	10.5	1,9	?	?	0,08	?
22	18.5	?	1 000	?	0,16	?
23	13	?	1 300	?	?	$0,35 \pi$
24	?	?	1 360	$2 \cdot 10^{-6}$	0,14	?
25	11	1,5	1 250	?	?	?
26	14	?	950	$1,5 \cdot 10^{-6}$?	?
27	?	1,1	?	$8,5 \cdot 10^{-7}$	0,06	?
28	?	0,9	?	$9,5 \cdot 10^{-7}$?	$0,55 \pi$

20.9 - masala. Vertikal tekislikda qutblangan oq nur optik o'qiga nisbatan perpendikulyar kesilgan o'ng tomonga buruvchi qalinligi l bo'lgan, undan keyin qutblantirgich o'rnatilgan kvars plastinkadan o'tmoqda. Agar qutblantirgich vertikalga nisbatan φ burgakni hosil qilsa, qutblantirgichdan chiqqan nurning asosiy qismini tashkil etuvchi nur to'lqin uzunligi λ ga teng. Kvarsning aylanish doimiysi α to'lqin uzunligiga nisbatan chiziqli o'zgaradi: $\lambda_1 = 0,5 \mu\text{m}$ da har 1 mm ga $\alpha_1 = 31^\circ$ ga, $\lambda_2 = 0,65 \mu\text{m}$ ga har 1 mm ga $\alpha_2 = 17^\circ$ gacha deb hisoblab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l, mm	φ	$\lambda, \mu\text{m}$	Rang
1	1,0	30°	?	?
2		26°	?	?
3		21°	?	?
4		19°	?	?
5	0,75	?	0,650	qizil
6		?	0,590	Sariq
7		?	0,55	Yashil
8		?	0,510	Yashil-havo rang
9	?	16°	0,505	Yashil-havo rang
10	?	23°		
11	?	$27^\circ 30'$		
12	?	$36^\circ 30'$		
13	1,25	21°	?	?
14	1,05		?	?
15	0,81		?	?
16	0,7		?	?
17	0,6	?	0,6	Zarg'aldoq
18	0,7	?		
19	0,8	?		
20	0,9	?		
21	?	24°	0,650	qizil
22	?		0,625	qizil
23	?		0,595	Zarg'aldoq
24	?		0,552	Yashil
25	0,65	17°	?	?
26		15°	?	?
27		$13^\circ 30'$?	?
28		11°	?	?

20.10 - masala. Sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan shishaga i burchak ostida tabiiy nur tushgandagi qaytgan va sngan nurlarning qaytish koeffisienti va qutblanish darajasini aniqlang. Qo'shimcha toshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	n	i , grad	Bog'liqlik grafigini chizing
1	1,5	45	qaytish koeffitsientining shisha sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
2	1,6		
3	1,7		
4	1,8		
5	1,5	20	qaytish koeffitsientining shishaga tushish burchagiga bog'liqligini
6		30	
7		40	
8		50	
9	1,55	35	qaytgan nurning qutblanganlik darajasining shisha sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
10	1,65		
11	1,75		
12	1,85		
13	1,6	20	qaytgan nurning qutblanganlik darajasining shishaga nurning tushish burchagiga bog'liqligini
14		30	
15		40	
16		50	
17	1,5	25	Singan nurning qutblanganlik darajasining shisha sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
18	1,6		
19	1,7		
20	1,8		
21	1,7	20	Singan nurning qutblanganlik darajasining shishaga nurning tushish burchagiga bog'liqligini
22		30	
23		40	
24		50	
25	1,5	Bryuster burchagi	Singan nur qutblanganlik darajasining sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
26	1,6		
27	1,7		
28	1,8		

Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi elementlari. Atom yadrosi fizikasi asoslari

21 – mavzu. Nurlanishning kvant tabiati

Asosiy qonunlar va ifodalar

Qattiq jism sirtining energetik yorituvchanligi

$$R_{\epsilon} = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (21.1)$$

bu erda Φ – qattiq jism sirtining barcha yonalishlar bo'yicha chiqaradigan energiya oqimi.

Jismning λ to'liq uzunligi yaqinida $d\lambda$ intervalda nur chiqarish qobiliyati

$$r_{\lambda} = \frac{dR_{\epsilon}}{d\lambda}, \quad (21.2)$$

Yutish qobiliyati

$$a_{\lambda,T} = \frac{d\Phi'_{\lambda}}{d\Phi_{\lambda}}, \quad (21.3)$$

bu erda $d\Phi_{\lambda}$ – λ to'liq uzunligi atrofida $d\lambda$ intervalda jism sirtiga tushayotgan elektromagnit to'liqlar energiyasi oqimi; $d\Phi'_{\lambda}$ – shu sirt yutgan energiya oqimi.

Qaytarish qobiliyati

$$\rho_{\lambda,T} = \frac{d\Phi''_{\lambda}}{d\Phi_{\lambda}}, \quad (21.4)$$

bu erda $d\Phi'_{\lambda}$ – λ to'liq uzunligi yaqinida $d\lambda$ intervalda jism sirtiga tushayotgan elektromagnit to'liqlar energiyasi oqimi; $d\Phi''_{\lambda}$ – shu sirt qaytargan energiya oqimi.

Jismning nur chiqarish va yutish qobiliyatlari orasidagi bog'lanish (Kirxgof qonuni):

$$\left(\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} \right)_1 = \left(\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} \right)_2 = \dots = \left(\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}} \right)_{a,q,j} = f(\lambda, T), \quad (21.5)$$

bu erda $\left(\frac{r_{\lambda,T}}{a_{\lambda,T}}\right)_{a,q,j}$ – absolyut qora jism nur chiqarish qobiliyatini uning nur yutish qobiliyatiga nisbati; $f(\lambda,T)$ – to‘lqin uzunligi va temperaturaning universal funksiyasi.

Yolg‘iz jismning yutish va qaytarish qobiliyatlari orasidagi bog‘lanish:

$$a_{\lambda,T} + \rho_{\lambda,T} = 1, \quad (21.6)$$

Absolyut qora jismning yutish va qaytarish qobiliyatlari:

$$a_{\lambda,T} = 1, \quad \rho_{\lambda,T} = 0, \quad (21.7)$$

Oynaviy jismlarning yutish va qaytarish qobiliyatlari:

$$a_{\lambda,T} = 0, \quad \rho_{\lambda,T} = 1, \quad (21.8)$$

Kulrang jismning yutish va qaytarish qobiliyatlari:

$$a_{\lambda,T} = a_T = \text{const} < 1, \quad \rho_{\lambda,T} = \rho_T = \text{const} < 1, \quad (21.9)$$

Absolyut qora jismning energetic yorituvchanligi uchun Stefan – Bolsman qonuni:

$$(R_\epsilon)_{a,q,j} = \sigma T^4, \quad (21.10)$$

bu erda σ – Stefan – Bolsman doimiysi.

Vinning siljish qonuni:

$$\lambda_{\text{max}} = b/T, \quad (21.11)$$

bu erda λ_{max} – berilgan temperaturada absolyut qora jismning nur chiqarishining maksimumiga to‘ri keluvchi to‘lqin uzunligi; b – Vin doimiysi.

Plank ifodasi:

$$f(\lambda,T) = (r_{\lambda,T})_{a,q,j} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}, \quad (21.12)$$

Foton energiyasi

$$E = h\nu, \quad (21.13)$$

bu erda h – Plank doimiysi.

Foton impulsi

$$\vec{p} = \hbar\vec{k}, \quad (21.14)$$

bu erda $\hbar = h / (2\pi)$; k – to‘lqin vektori.

Foton massasi

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{\hbar\omega}{c^2}, \quad (21.15)$$

Tashqi fotoeffektning Eynshteyn tenglamasi:

$$h\nu = A_{ch} + \frac{mv_{\max}^2}{2}, \quad (21.16)$$

Metaldan elektronlarni chiqish ishi

$$A_{ch} = h\nu_0, \quad (21.17)$$

bu erda ν_0 – tashqi fotoeffektning qizil chegarasi.

To‘xtatib qoluvchi kuchlanish

$$U_i = \frac{mv_{\max}^2}{2e}, \quad (21.18)$$

Yorug‘likning yuzaga bosimi

$$p = (1 + \rho)\omega, \quad (21.19)$$

bu erda ρ – yorug‘likning yuzadan qaytish koeffisienti; ω – tushayotgan nur energiyasining hajmiy zichligi.

Komptonn qonuni:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_K(1 - \cos\theta), \quad (21.20)$$

bu erda λ – tushayotgan roentgen nurlanishining to‘lqin uzunligi; λ' – sochilgan nurlanish bilan hamroh bo‘lgan to‘lqin uzunligi; $\lambda_K = \frac{2\pi\hbar}{mc}$ -

foton bilan o‘zaro ta’sirlashadigan elektronning to‘lqin uzunligi; θ – sochilish burchagi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

21.1. Issiqlik nurlanishi nima? Qanday nurlanishni muvozanatli deb atashadi? Energetik yorituvchanlik, deb nimaga aytiladi? a) jismning nur chiqarish qobiliyati; b) uning nur yutish qobiliyati nima? Bitta jismning nur chiqarish va nur yutish qobiliyatlari orasida qanday bog‘liqlik mavjud? Bu bog‘liqlik qanday qonun bilan ifodalanadi? Qanday jismlarni a) absolyut qora; b) mutloq oq; v) kulrang, deb ataladi? Qanday qurilma absolyut qora jism modeli bo‘lib xizmat qila oladi? Stefan-Boltsman qonunini ta’riflang va uni tushuntiring.

21.2. Qanday qilib absolyut qora jismning temperaturasini bilgan holda bu jism tomonidan muayyan vaqt ichida barcha yo‘nalishlar bo‘yicha nurlayotgan energiyani aniqlash mumkin? Bu energiyaning qancha qismi boshqa jismning berilgan yuzasiga uzatiladi?

21.3. Absolyut qora bo‘lmagan jismlarning energetik yorituvchanligi uchun Stefan-Boltsman qonuni qanday ko‘rinishda bo‘ladi? Bunda energetik yorituvchanlik ifodasidagi koeffitsient qanday ma’noga ega bo‘ladi?

21.4. Vinning sijish qonunini ta’riflang va tushuntiring.

21.5. Plank ifodasini yozing. Uni tushuntiring. Kirxgofning univesal funksiyasi qanday fizikaviy ma’noga ega?

21.6. Foton nima? Fotonning energiyasi va impulsi nimaga teng? Fotonning massasi qanday aniqlanadi?

21.7. Tashqi fotoeffekt hodisasi nimadan iborat? Bu hodisa qanday sharoitlarda kuzatiladi? Fotoeffektning “qizil chegarasi”, deb nimaga aytiladi? Metalldan elektronning chiqish ishi, deb nimaga aytiladi? Tashqi fotoeffektning qonunlarini ifodalang. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini yozing va uni tushuntiring.

21.8. To‘xtatuvchi potensiallar farqi, deb nimaga aytiladi? U nimaga bog‘liq? Plank doimiysini aniqlashning tashqi fotoeffektga asoslangan usuli nimadan iborat?

21.9. Biror yuzada yutilayotgan yoki undan qaytayotgan yorug‘likning o‘sha yuzaga berayotgan bosimi nimaga bog‘liq? Bu bosimni qanday qilib hisoblanadi?

21.10. Kompton effekti nimadan iborat? Bu hodisa nima bilan tushuntiriladi? Zarrachaning Kompton to'liq uzunligi, deb nimaga aytiladi? Siljirilgan chiziqning to'liq uzunligi nima bilan aniqlanadi? Uni qanday ifoda yordamida hisoblash mumkin?

21.1 - masala. Eritish pechi darchasidan nurlanayotgan energiya oqimi Φ ga teng. Pech ichidagi temperatura - T , ko'rish darchasining yuzasi - S ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Φ, W	T, K	S, cm^2
1	18,70	?	5
2	41,73	?	
3	49,85	?	
4	81,40	?	
5	18,57	950	?
6	32,50		?
7	41,78		?
8	46,43		?
9	?	700	6
10	?	800	
11	?	900	
12	?	1 000	
13	40	?	3
14		?	5
15		?	7
16		?	9
17	10,50	800	?
18	17,10	1 000	?
19	61,46	1 200	?
20	76,64	1 400	?
21	?	850	4
22	?		6
23	?		8
24	?		10
25	14,43	?	8
26	21,64	?	
27	37,14	?	
28	94,56	?	

21.2 - masala. Quyosh tizimidagi planetalarning yoki galaktikamizdagi yulduzlarning S yuzasining t vaqt ichida quyoshdan olgan energiyasini (nurlarning normal tushishida) aniqlang. Quyosh sathining temperaturasi 6000 K , quyosh diametri - $1,39 \cdot 10^6\text{ km}$, quyoshdan planetagacha (yoki yulduzgacha) bo'lgan masofa - r . Energiyaning atmosferada yutilishi e'tiborga olinmasin.

Topshiriq raqami	Quyosh(yulduz) sistemasi planetasi	$r, \text{ km}$	t	$S, \text{ m}^2$
1	Merkuriy	$5,8 \cdot 10^7$	1 s	1
2			1 min	100
3	Venera	$1,08 \cdot 10^8$	1 s	1
4			1 min	100
5	Er	$1,5 \cdot 10^8$	1 s	1
6			1 min	100
7	Mars	$2,28 \cdot 10^8$	1 s	1
8			1 min	100
9	Yupiter	$7,78 \cdot 10^8$	1 s	1
10			1 min	100
11	Saturn	$1,426 \cdot 10^9$	1 s	1
12			1 min	100
13	Uran	$2,87 \cdot 10^9$	1 s	1
14			1 min	100
15	Neptun	$4,5 \cdot 10^9$	1 s	1
16			1 min	100
17	Pluton	$5,9 \cdot 10^9$	1 s	1
18			1 min	100
19	α -Sentavr	$4 \cdot 10^{13}$	1 min	100
20			1 soat	2 500
21	α -Katta It	$8,1 \cdot 10^{13}$	1 min	100
22			1 soat	2 500
23	α -Burgut	$1,5 \cdot 10^{14}$	1 min	100
24			1 soat	2 500
25	α -Orion	$6 \cdot 10^{15}$	1 min	100
26			1 soat	2 500
27	β -Egizaklar	$3,2 \cdot 10^{14}$	1 min	100
28			1 soat	2 500

21.3 - masala. P quvvatli elektr lampasi S ga teng bo'lgan nur tarqatuvchi yuzaga ega. Cho'g'lama tolaning temperaturasi - T , tolaning nurlanishi absolyut qora jismning shu temperaturadagi nurlanishining k siga teng. Noma'lum kattalikni toping. Issiqlik o'tkazuvchanlik sababli bo'ladigan issiqlik yo'qotishlar hisobga olinmasin

Topshiriq raqami	P, W	S, cm^2	T, K	$k, \%$
1	?	2,16	2 430	70
2	25	?	2 365	30
3	150	1,73	?	45
4	60	0,58	2 390	?
5	?	1,56	2 410	50
6	100	?	2 400	55
7	50	0,42	?	65
8	200	1,65	2 440	?
9	?	0,85	2 360	40
10	500	?	2 415	75
11	200	2,87	?	35
12	250	3,28	2 405	?
13	?	0,57	2 355	25
14	250	?	2 425	60
15	100	1,44	?	40
16	150	2,50	2 435	?
17	?	1,18	2 397	45
18	60	?	2 385	65
19	200	2,11	?	50
20	50	0,4	2 370	?
21	?	3,75	2 450	65
22	100	?	2 380	60
23	60	0,98	?	30
24	300	3,33	2 435	?
25	?	0,9	2 300	35
26	25	?	2 375	40
27	150	1,65	?	55
28	500	3,41	2 420	?

21.4 - masala. Temperaturasi nur tarqatayotgan jism temperaturasi T ga teng absolyut qora jismning nurlantirish qobiliyatining maksimumiga mos keluvchi to'liq uzunligi nimaga teng. Nurlantirish qobiliyatining maksimumi qaysi sohada joylashgan?

Topshiriq raqami	Nur tarqatuvchi jism	T, K
1	Quyosh sirti	5 800
2	Erish temperaturasidagi temir	1 803
3	Elektr lampochkasi spirali	2 300
4	Er sirti	300
5	Pavroz paytidagi raketa korpusi	1 100
6	«Oq karliklar» yulduzlari sirti	10 000
7	Erish temperaturasidagi Alyuminiy	932
8	Qaynash temperaturasidagi suv	373
9	Portlash paytidagi atom bombasi	10 000 000
10	Spiral gorelkasi alangasi	1 400
11	Kavsharlash paytidagi erigan qalayi	505
12	«Qizil» yulduzlar sirti	3 000
13	Elektr payvandlash paytidagidugali razryad	4 250
14	Erish temperaturasidagi Latun	1 173
15	Odam tanasi	310
16	«Sariq» yulduzlar sirti	6 000
17	O'q otish paytida pushka stvolining ichki yuzasi	500
18	Erish temperaturasidagi Platina	2 043
19	Quyish paytidagi metall sirti	900
20	Muzlash temperaturasidagi suv	273
21	Erish pechi (kuzatish darchasi orqali)	1 600
22	Erish temperaturasidagi Mis	1 373
23	«Moviy» yulduzlar sirti	30 000
24	Qizigan dazmol	450
25	Gaz gorelkasi alangasi	2 000
26	Raketa dvigatelining yonuv kamerasi	3 300
27	Erish temperaturasidagi qo'rg'oshin	600
28	Noyob «qaynoq» yulduzlar sirti	100 000

21.5 - masala. Absolyut qora jismning λ_1 to'liqin uzunligi yaqinida T_1 temperaturadagi nur chiqarish qobiliyati λ_2 to'liqin uzunligi yaqinida T_2 temperaturadagi nur chiqarish qobiliyatidan necha marta kattaligi aniqlansin.

Topshiriq raqami	$\lambda_1, \mu\text{m}$	T_1, K	$\lambda_2, \mu\text{m}$	T_2, K
1	1,2	1 000	0,6	1 000
2		2 000		
3		3 000		
4		4 000		
5	0,75	2 000	0,5	2 000
6	1,25			
7	1,5			
8	1,75			
9	2,0	1 500	0,5	1 500
10			1,0	
11			1,5	
12			2,5	
13	2,2	1 300	0,7	1 300
14				1 400
15				1 500
16				1 600
17	1,0	1 700	0,45	1 700
18	1,5			
19	1,7			
20	2,0			
21	0,45	6 000	0,40	6 000
22			0,55	
23			0,60	
24			0,70	
25	2,4	1 200	0,65	1 000
26				1 200
27				1 400
28				1 600

21.6 - masala. Fotonning λ to'liqin uzunligi va ν nurlanish chastotasiga mos keluvchi energiyasi E ga, massasi m , impulsi – p ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	λ, m	ν, Hz	E, J	m, kg	$R, kg \cdot m/s$
1	$1,6 \cdot 10^{-12}$?	?	?	?
2	?	$5 \cdot 10^{18}$?	?	?
3	?	?	$4 \cdot 10^{-14}$?	?
4	?	?	?	$6 \cdot 10^{-31}$?
5	?	?	?	?	$2 \cdot 10^{-31}$
6	$5 \cdot 10^{-10}$?	?	?	?
7	?	$3 \cdot 10^{15}$?	?	?
8	?	?	$2 \cdot 10^{-12}$?	?
9	?	?	?	$4 \cdot 10^{-32}$?
10	?	?	?	?	$5 \cdot 10^{-20}$
11	$2,5 \cdot 10^{-11}$?	?	?	?
12	?	$8 \cdot 10^{14}$?	?	?
13	?	?	$7 \cdot 10^{-13}$?	?
14	?	?	?	$2 \cdot 10^{-30}$?
15	?	?	?	?	$9 \cdot 10^{-19}$
16	$8 \cdot 10^{-9}$?	?	?	?
17	?	$2 \cdot 10^{16}$?	?	?
18	?	?	$3 \cdot 10^{-15}$?	?
19	?	?	?	$8 \cdot 10^{-33}$?
20	?	?	?	?	$6 \cdot 10^{-22}$
21	$4 \cdot 10^{-13}$?	?	?	?
22	?	$7 \cdot 10^{17}$?	?	?
23	?	?	$9 \cdot 10^{-16}$?	?
24	?	?	?	$3 \cdot 10^{-31}$?
25	?	?	?	?	$4 \cdot 10^{-23}$
26	$9 \cdot 10^{-8}$?	?	?	?
27	?	$4 \cdot 10^{19}$?	?	?
28	?	?	$5 \cdot 10^{-17}$?	?

21.7 - masala. Fotoeffektning qizil chegarasi λ_0 ga, fotoelektronning maksimal kinetik energiyasi $-E_{max}$ ga teng. Fotoelektronning chiqish ishiga sarf qilingan foton energiyasining ulushi k dan iborat. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$\lambda_0, \mu\text{m}$	W_{max}, eV	k
1	0,66	0,5	?
2	0,473		?
3	0,276		?
4	0,545		?
5	0,621	?	0,9
6		?	0,8
7		?	0,7
8		?	0,6
9	?	0,767	0,75
10	?	0,465	
11	?	1,48	
12	?	0,637	
13	0,5176	0,074	?
14		0,209	?
15		0,327	?
16		0,457	?
17	0,887	?	0,8
18	0,776	?	
19	0,276	?	
20	0,234	?	
21	?	0,65	0,95
22	?		0,85
23	?		0,75
24	?		0,70
25	0,472	0,054	?
26	0,621	0,105	?
27	0,262	0,772	?
28	0,776	0,478	?

21.8 - masala. λ to'liqin uzunligida nurlanish bilan yoritilganda metall sirtidagi fotoeffektda chiqish ishi A_{chiq} ga teng elektronlar metallndan uzib olinadi. To'liqin uzunligi $\lambda < \lambda_0$ bo'lgan nurlanishda fotoeffekt kuzatiladi, bu erda λ_0 - fotoeffektning qizil chegarasi. To'xtatuvchi potensiallar farqi U_t ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$\lambda_0, \mu\text{m}$	$A_{\text{chiq}}, \text{eV}$	$\lambda_0, \mu\text{m}$	U_t, V
1	0,66	0,5	?	0,66
2	0,473	1.9	?	0,473
3	0,276	4.74	?	0,276
4	0,545	?	?	0,545
5	0,621	?	0,9	0,621
6	0.46	?	0,8	?
7	?	?	0,7	0.1
8	?	?	0,6	0.37
9	?	0,767	0,75 -	?
10	?	0,465	?	?
11	?	1,48	0.282	?
12	?	0,637	?	?
13	0,5176	0,074	?	0,5176
14	?	0,209	?	0.135
15	0.72	0,327	?	?
16	0.26	0,457	?	?
17	0,887	?	0,8	0,887
18	0,776	?	?	0,776
19	0,276	?	0.259	0,276
20	0,234	?	?	0,234
21	?	0,65	0,95	?
22	?	?	0,85	?
23	?	?	0,75	?
24	?	2.49	0,70	?
25	0,472	0,054	?	0,472
26	0,621	0,105	?	0,621
27	0,262	0,772	?	0,262
28	0,776	0,478	?	0,776

21.9 - masala. To'liq uzunligi λ bo'lgan monoxromatik yorug'lik dastasi qaytarish qobiliyati ρ bo'lgan yassi yuzaga normal bo'ylab tushmoqda. Bunda yuzaga Δt vaqt oralig'ida N ta foton tushadi. Energiya oqimi Φ ga, yuzaga ta'sir bosim kuchi esa F ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$\lambda, \mu\text{m}$	ρ	$\Delta t, \text{s}$	$N, 10^{20}$	Φ, W	$F, 10^7 \text{N}$
1	?	?	1,0	0,823	36,36	2
2	0,46	?	8,5	93,2	?	30
3	0,60	0,7	?	5,33	88,24	?
4	0,53	?	5,0	?	154,8	8
5	?	0,95	6,5	1,685	?	0,5
6	0,55	0,3	3,0	?	92,3	?
7	0,48	?	?	6,79	56,25	3
8	?	0,75	4,5	17,5	154,3	?
9	0,58	0,45	?	0,796	?	0,6
10	0,44	0,6	2,0	4,98	?	?
11	0,65	?	?	3,817	116,7	7
12	0,52	0,9	1,5	?	31,58	?
13	0,43	0,35	9,0	?	?	0,3
14	?	?	5,5	14,05	92,3	6
15	0,50	0,5	?	0,176	2,0	?
16	?	0,25	8,0	5,41	?	0,8
17	0,62	?	10,0	?	180	9
18	?	0,65	2,5	6,4	127,3	?
19	0,45	0,8	?	0,795	?	0,7
20	0,59	?	7,0	16,85	?	5
21	0,54	0,2	6,0	?	?	0,4
22	?	?	9,5	106,52	342,85	20
23	0,42	0,85	3,5	3,6	?	?
24	0,64	0,15	?	2,1	26,1	?
25	0,68	?	1,0	?	70,6	4
26	?	0,55	4,0	2,1	?	0,9
27	0,56	1,0	?	0,338	?	0,2
28	0,40	0,4	7,5	?	171,4	?

21.10 - masala. Erkin, deb hisoblash mumkin bo'lgan elektronlarda sochilish paytida fotonlarning bir qismi Kompton effekti natijasida boshlang'ich yo'nalishidan θ burchakka og'dilar. Elektronlarning fotonlar bilan o'zaro to'qnashgunicha bo'lgan kinetik energiyasi va impulsi e'tiborga olmasa bo'ladi. Fotonlarning sochilishgacha bo'lgan E energiyasi λ to'lqin uzunligidagi nurlanishga mos keladi. Sochilgan fotonlarning E' energiyasi λ' to'lqin uzunligidagi nurlanishga mos keladi. Noma'lum kattaliklar topilsin. Qo'shimcha topshiriq bajarilsin.

Topshiriq raqami	θ , grad	E , MeV	λ , Å	E' , MeV	λ' , Å	Grafik chizilsin
1	30		0,5		?	$\Delta\lambda = f(\theta)$
2	60				?	
3	90				?	
4	120				?	
5	?		0,2		0,2087	$\lambda' = f(\theta)$
6	?				0,2398	
7	?				0,2200	
8	?				0,2452	
9	?	0,4		0,2757	$E' = f(\theta)$	
10	?			0,1653		
11	?			0,2246		
12	?			0,1753		
13	60	0,7		?	$\Delta E = f(\theta)$	
14	90			?		
15	120			?		
16	150			?		
17	120		0,2		?	$\Delta\lambda = f(\lambda)$
18			0,4		?	
19			0,6		?	
20			0,8		?	
21	40		?		0,65	$\Delta\lambda = f(\theta)$
22	80		?			
23	120		?			
24	160		?			
25	40	?		0,1		$\Delta\lambda = f(\theta)$
26	80	?				
27	120	?				
28	160	?				

22 – mavzu. Atom fizikasi va kvant mexanikasi elementlari

Asosiy qonunlar va ifodalar

Borning birinchi postulati: Klassik mexanika nuqtai nazaridan imkoni bo'lgan cheksiz ko'p electron qobiqlaridan faqat diskret qobiqlar kvant shartlarni qanoatlantiradi; electron shu qobiqlarning birida bo'lib energiya nurlatmaydi.

Impuls momentini kvantlash qoidalari: stasionar holatdagi atomda electron aylana ko'rinishdagi qobiqda harakatlanib, kvant shartini qanoatlantiradigan impuls momentining qiymatiga ega bo'lishi kerak

$$m_e v r = \hbar n, \quad n = 1, 2, \dots, \quad (22.1)$$

bu erda m_e – elektron massasi; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$; n – Bor qobig'ining raqami.

Borning ikkinchi postulati: electron bir stasionar holatdan ikkinchisiga o'tganda o'tish sodir bo'ladigan stasionar holatlar energiyalari farqiga teng energiya kvanti nurlanadi yoki yutiladi:

$$\hbar \omega = h\nu = E_n - E_m, \quad (22.2)$$

bu erda E_n – shu holatdan o'tish sodir bo'ladigan holatning energiyasi; E_m – o'tiladigan holat energiyasi.

Vodorod atomidagi elektronning mumkin bo'lgan energiya qiymatlari:

$$E_n = -k^2 \frac{m_e e^4}{2\hbar^2 n^2}, \quad n = 1, 2, \dots, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad (22.3)$$

Vodorod atomi spectral seriyalari uchun Balmer ifodasi:

$$\omega = R_\omega \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (22.4)$$

yoki

$$\frac{1}{\lambda} = R_\lambda \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (22.5)$$

bu erda R_ω (yoki R_λ) – Ridberg doimiysi.

Erkin zarrachaning bir tekis harakatiga mos keluvchi to‘lqin jarayonining to‘lqin uzunligi uchun De Broyl ifodasi:

$$\lambda = \frac{h}{mv}, \quad (22.6)$$

Koordinatalar va impulslar uchun Geyzenbergning noaniqliklar nisbati:

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}, \quad (22.7)$$

Energiya va vaqt uchun Geyzenbergning noaniqliklar nisbati:

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}, \quad (22.8)$$

Shredinger tenglamasi:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi + U \Psi = i \hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}, \quad (22.9)$$

bu erda ∇^2 – Laplas operatori; $\Psi = \psi e^{-i(E/\hbar)t}$; i – mavhum birlik.

Stasionar kuch maydonida harakatlanayotgan zarracha uchun Shredinger tenglamasi:

$$\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0, \quad (22.10)$$

bu erda E – zarrachaning to‘la mexanik energiyasi; U – uning stasionar kuch maydonidagi potensial energiyasi.

Erkin harakatlanayotgan zarracha uchun Shredinger tenglamasi:

$$\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0, \quad (22.11)$$

Cheksiz chuqur bir o‘lchamli to‘g‘richizikli potensial o‘radagi zarrachaning stasionar holatini ifodalovchi to‘lqin funksiya:

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi x}{l}, \quad (22.12)$$

bu erda l – potensial o‘rning kengligi.

Cheksiz chuqur bir o‘lchamli to‘g‘richizikli potensial o‘radagi m massali zarracha energiyasining xususiy qiymatlari:

$$E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2, \quad n = 1, 2, \dots, \quad (22.13)$$

U energiyali potensial to‘siq sohasiga potensial to‘siq orqali x masofaga zarrachaning kirishi ehtimolligining nisbiy zichligi deb to‘siq chegarasidan x masofada zarrachani toppish ehtimolligi zichligini zarrachani barerga yaqinlashishiga ($x = 0$ nuqtaga) ehtimolligi zichligiga nisbatiga aytiladi:

$$\frac{|\psi(x)|^2}{|\psi(0)|^2} = e^{-\frac{2\sqrt{2m(U-E)}x}{\hbar}}, \quad (22.14)$$

Kvant sonlar:

$$n = 1, 2, \dots; \quad l = 1, 2, \dots, n-1; \quad (22.15)$$

$$m = -l, -l+1, \dots, -1, 0, 1, \dots, l-1, l; \quad s = 1/2$$

bu erda n, l, m, s – bosh, azimuthal, magnit va spinlarga mos kvant sonlar.

Saralash qoidalari:

$$\Delta l = \pm 1, \quad (22.16)$$

Atomdagi electron impulsining orbital (mexanik) momenti

$$L = \hbar \sqrt{l(l+1)}, \quad (22.17)$$

uni magnit maydon y ’nalishiga (Z o‘qi) proeksiyasi

$$L_z = m\hbar, \quad (22.18)$$

Atomdagi elektronning orbital magnit momenti

$$\mu_l = -\mu_B \sqrt{l(l+1)}, \quad (22.19)$$

magnit maydon yo'nalishiga uning proeksiyasi

$$(\mu_l)_z = -\mu_B m, \quad (22.20)$$

bu erda $\mu_B = \frac{eh}{2me}$ - Bor magnetoni; m_e - electron massasi.
Atomdagi elektron spini qiymati

$$L_s = \hbar\sqrt{s(s+1)}, \quad s = 1/2, \quad (22.21)$$

Magnit maydon yo'nalishiga uning proeksiyasi

$$(L_s)_z = m_s \hbar, \quad m_s = \pm s = \pm 1/2, \quad (22.22)$$

Elektronning spin magnit momenti

$$\mu_s = \pm \mu_B \sqrt{3}, \quad - \quad (22.23)$$

magnit maydon yo'nalishiga uning proeksiyasi

$$(\mu_s)_z = \pm \mu_B, \quad (22.24)$$

Bodorod atomining spectral seriyalari:

Layman seriyasining imkoni bo'lgan o'tishlari:

$$np \rightarrow 1s, \quad n = 2, 3, \dots, \quad (22.25)$$

Balmer seriyasining imkoni bo'lgan o'tishlari:

$$\left. \begin{array}{l} np \rightarrow 2s \\ ns \rightarrow 2p \\ nd \rightarrow 2p \end{array} \right\} n = 3, 4, \dots, \quad (22.26)$$

Pashen seriyasining imkoni bo'lgan o'tishlari:

$$\left. \begin{array}{l} np \rightarrow 3s \\ ns \rightarrow 3p \\ nd \rightarrow 3p \\ np \rightarrow 3d \\ nf \rightarrow 3d \end{array} \right\} n = 4, 5, \dots, \quad (22.27)$$

Nazorat savollari va topshiriqlar

22.1. Bor postulatlarini ta'riflang. Vodorod atomida elektron qabul qilishi mumkin bo'lgan energiyalar qiymatlari uchun ifodani yozing. Vodorod atomida elektronning impuls momenti (Bor nazariyasiga ko'ra) qanday qiymatlarni qabul qilishi mumkin?

22.2. Materiya xususiyatlarining korpuskulyar - to'lqin dualizmi nimadan iborat? Korpuskulyar - to'lqin dualizmni tasdiqlovchi hodisalarga misollar keltiring. De Broyl gipotezasi nimadan iborat? Xarakterlanayotgan zarrachaga mos keluvchi to'lqin protsessining to'lqin uzunligi va chastotasi uchun De Broyl ifodasini yozing va tushuntiring. Atom va yadro fizikasida energiya o'lchov birligi elektron voltlarda va to'lqin uzunligi angstromlarda o'lchanadi. Bu birliklar SI birliklari bilan qanday bog'langan?

22.3. Nima sababdan monokristall yuzasidan qaytgan kichik energiyali elektron dastasida difraksiyaviy manzara kuzatiladi? Difraksiyaviy maksimum xosil bo'lish shartini aniqlovchi ifodani yozing va tushuntiring.

22.4. Koordinata va impuls, energiya va vaqt momentlari uchun Geyzenberg noaniqliklarning nisbatlarini yozing va tushuntiring. Qanday qilib energiyani aniqlashdagi noaniqni bilib, to'lqin uzunligining noaniqligini topish mumkin? Qanday qilib 'impulsni aniqlashdagi noaniqlikni bilgan holda, to'lqin uzunlikni aniqlashdagi noaniqlikni topish mumkin?

22.5. Elektron – nurli trubkada elektron dastasi o'tayotganda impulsni aniqlashdagi noaniqlik nima? Elektron dastasini hosil qilishda elektron koordinatasini aniqlashdagi noaniqlik nimaga teng?

22.6. Erkin xarakterlanayotgan zarracha uchun Shredinger tenglamasini yozing va tushuntiring. Statsionar kuch maydonida xarakterlanayotgan zarracha uchun Shredinger tenglamasi qanday ko'rinishga ega bo'ladi? To'lqin funksiyasi modulining kvadrati nima ma'noni anglatadi?

22.7. Cheksiz chuqur bir o'lchamli to'g'riburchakli potensial o'radagi zarrachaning holatini ifodalovchi to'lqin funksiyasi qanday ko'rinishda bo'ladi? Bunday potensial o'radagi zarrachaning turli energetik sathlardagi to'lqin funksiyalari nima bilan farq qiladilar? Potensial o'ra devoriga nisbatan qanday masofada zarrachaning birinchi, ikkinchi va h.k. energetik sathlarda bo'lish ehtimolligi maksimal bo'ladi?

22.8. Cheksiz chuqur bir o'lchamli potensial o'radagi zarracha energiyasining xususiy qiymatlari ifodasini yozing. Qo'shni energetik sathlar orasidagi masofa nimalarga bog'liq?

22.9. Vodorodsimon ion uchun Shredinger tenglamasini yozing va uni tushuntiring. Qanday hollarda bu tenglama aniq chekli va uzluksiz echimga ega bo'ladi? Elektronlar energiyalarining musbat va manfiy qiymatlari qanday ma'noga ega? Vodorodsimon iondagi elektron energiyasining mumkin bo'lgan energiya qiymatlari uchun ifodani yozing. Atomda elektronning holatini qanday kvant sonlari bilan tavsiflanadi. Bu kvant sonlari qanday qiymatlarni qabul qilishlari mumkin? Pauli prinsipi nimadan iborat? Atomda elektronlarning holatlari qanday belgilanadi? "Saralash qoidasi"ga ko'ra energetik sathlar orasida qanday o'tishlar bo'lishi mumkin?

22.10. Nur chiqarish va yutilish spektrlarida spektral chiziqlarning seriyalari qay tarzda yuzaga keladi? Layman, Balmer, Pashen, Brekket, Pfund seriyalarini tavsiflovchi ifodalarni yozing. Seriyalar chegaralari qanday aniqlanadi?

22.1 - masala. Bor nazariyasiga binoan Vodorod atomining n – qobig‘ida turgan elektron harakatini tavsiflovchi fizik kattaliklarning qiymatlarini hisoblang.

Topshiriq raqami	n	Aniqlang
1	1	n - Bor orbitasining radiusini
2	2	
3	3	
4	4	
5	1	n - Bor orbitasidagi elektron tezligini
6	2	
7	3	
8	4	
9	1	n - Bor orbitasidagi elektronning aylanish davrini
10	2	
11	3	
12	4	
13	1	n - Bor orbitasidagi elektron kinetik energiyasini
14	2	
15	3	
16	4	
17	1	n - Bor orbitasidagi elektron to‘liq energiyasini
18	2	
19	3	
20	4	
21	1	n - Bor orbitasidagi elektronning burchak tezligini
22	2	
23	3	
24	4	
25	1	Vodorod atomining asosiy va qo‘zg‘algan holatlardagi ionizatsiya potensialini
26	2	
27	3	
28	4	

22.2 - masala. U potentsiallar farqi ta' sirida tezlatilgan zarracha λ ga teng de Broyl to'liq uzunligiga ega. Noma'lum kattalikni yoki zarrachani aniqlang.

Topshiriq raqami	Harakatlanayotgan zarracha	U, V	$\lambda, \text{Å}$
1	Elektron	1	?
2		100	?
3		1 000	?
4		10 000	?
5	Proton	?	0,064
6		?	0,045
7		?	0,037
8		?	0,032
9	?	1 000	0,3873
10	?	100	0,0286
11	?	10	0,0905
12	?	1	0,2862
13	α -zarracha	5	?
14		10	?
15		50	?
16		100	?
17	Elektron	?	1,83
18		?	1,0
19		?	0,5
20		?	0,316
21	?	5	0,128
22	?	50	1,734
23	?	75	1,416
24	?	15	0,074
25	Proton	25	?
26		50	?
27		75	?
28		100	?

22.3 - masala. Devisson va Jermer tajribasida U potentsiallar farqi ta'sirida tezltilgan elektronlar dastasi d doimiyli kristall monokristall sirtiga normal tushdi va monokristall sirtidan shunday sochildiki, θ_n burchak ostida difraksiyaviy maksimumlar kuzatildi (θ_m – sirpanish burchagi, m – maksimum tartibi). Turli energiyali elektron dastalari va elektron dastasini sochayotgan turli monokristallar uchun birinchi to'rtta maksimum qanday burchak ostida kuzatilgan.

Topshiriq raqami	n	U, V	$d, \text{Å}$
1	1	350	2,8
2	2		
3	3		
4	4		
5	1	200	2,8
6	2		
7	3		
8	4		
9	1	200	3,5
10	2		
11	3		
12	4		
13	1	350	3,5
14	2		
15	3		
16	4		
17	1	200	3,14
18	2		
19	3		
20	4		
21	1	700	3,14
22	2		
23	3		
24	4		
25	1	700	1,42
26	2		
27	3		
28	4		

22.4 - masala. Uyg'otilgan atom Δt vaqt oralig'ida foton chiqaradi. Nurlanish to'liq uzunligi λ ga, spektral chiziq kengligi $\Delta\lambda$ ga teng. Foton energiyasi E ga teng, energiyaning va fotonning holatini aniqlash noaniqligi mos ravishda ΔE va Δx ga teng. Noma'lum kattaliklarni aniqlang. Olingan natijalarni taxlil qiling.

Topshiriq raqami	$\lambda, \text{Å}$	$\Delta\lambda, \text{Å}$	$\Delta t, \text{s}$	E, eV	$\Delta E, \text{eV}$	$\Delta x, \text{cm}$
1	6 000	?	10^{-8}	?	?	?
2	6 000	?	10^{-9}	?	?	?
3	4 500	?	10^{-8}	?	?	?
4	4 500	?	10^{-9}	?	?	?
5	?	?	?	0,9	10^{-7}	?
6	?	?	?	0,9	10^{-6}	?
7	?	?	?	1,2	10^{-7}	?
8	?	?	?	1,2	10^{-6}	?
9	5 500	0,1	?	?	?	?
10	5 500	0,01	?	?	?	?
11	7 000	0,1	?	?	?	?
12	7 000	0,01	?	?	?	?
13	?	?	?	1,0	?	0,1
14	?	?	?	1,0	?	10
15	?	?	?	3,0	?	0,1
16	?	?	?	3,0	?	10
17	?	?	10^{-8}	1,5	?	?
18	?	?	10^{-10}	1,5	?	?
19	?	?	10^{-8}	2,5	?	?
20	?	?	10^{-10}	2,5	?	?
21	2 500	?	?	?	10^{-5}	?
22	2 500	?	?	?	10^{-8}	?
23	6 500	?	?	?	10^{-5}	?
24	6 500	?	?	?	10^{-8}	?
25	7 500	?	?	?	?	200
26	7 500	?	?	?	?	0,2
27	4 000	?	?	?	?	200
28	4 000	?	?	?	?	0,2

22.5 - masala. Elektron-nur trubkasidagi elektronlar dastasining tezlatuvchi kuchlanishi U ga teng. Elektronlar dastasini o'tkazuvchi teshik diametri – d ga, elektron yo'li uzunligi - l ga teng. Impuls qiymatidagi Δp_y noaniqlikni va kvant effekti sababli elektronlarning ekrandagi boshqarib bo'lmaydigan siljishi Δy ni aniqlang.

Topshiriq raqami	U, kV	d, m	l, m	Bog'liqlikni tushuntiring
1	1	10^{-5}	0,5	$\Delta y = f(U)$
2	5			
3	10			
4	15			
5	10	10^{-5}	0,3	$\Delta y = f(d)$
6		$5 \cdot 10^{-5}$		
7		10^{-4}		
8		$5 \cdot 10^{-4}$		
9	15	$2 \cdot 10^{-5}$	0,2	$\Delta y = f(l)$
10			0,4	
11			0,6	
12			0,8	
13	8	10^{-5}	0,45	$\Delta p_y = f(U)$
14	10			
15	12			
16	14			
17	7.5	10^{-6}	0,35	$\Delta p_y = f(d)$
18		$4 \cdot 10^{-6}$		
19		$8 \cdot 10^{-6}$		
20		$1.2 \cdot 10^{-5}$		
21	13	$2.5 \cdot 10^{-5}$	0,25	$\Delta p_y = f(l)$
22			0,5	
23			0,75	
24			1,0	
25	16	$2 \cdot 10^{-5}$	0,65	$\Delta y = f(\Delta p_y)$
26		$4 \cdot 10^{-5}$		
27		$6 \cdot 10^{-5}$		
28		$8 \cdot 10^{-5}$		

22.6 - masala. E energiyaga ega bo'lgan elektronlar dastasi o'z yo'lida U balandlikka ega bo'lgan yarimcheksiz potensial to'siqni uchratadi. Elektronning to'siq boshlanishidan x masofada bo'lish ehtimolligi nisbiy zichligi η ga teng. Noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	E, eV	U, eV	$x, \text{\AA}$	η
1	?	22	0.5	0,48
2	25	?	1.9	0,14
3	40	45	?	0,25
4	31	33	1,0	?
5	?	30	1,5	0,11
6	21	?	2,6	0,02
7	33	35	?	0,56
8	28	32	0,8	?
9	?	22	1,2	0,12
10	36	?	2,0	0,016
11	18	20	?	0,23
12	24	26	1,8	?
13	?	28	0,7	0,29
14	29	?	2,2	0,006
15	22	25	?	0,41
16	34	37	1,3	?
17	?	24	0,9	0,27
18	26	?	1,4	0,057
19	32	35	?	0,1
20	19	20	2,5	?
21	?	31	0,6	0,42
22	23	?	2,4	0,085
23	37	39	?	0,175
24	30	35	1,6	?
25	?	40	0,4	0,44
26	20	?	1,7	0,049
27	35	36	?	0,44
28	27	29	2,2	?

22.7 - masala. Zarracha kengligi l bo'lgan cheksiz chuqur bir o'lchamli to'g'riburchakli potensial o'rada n - chi energetik sathda turibdi. Zarrachaning x_1 dan $x_2 = \Delta x$ gacha intervaldagi potensial o'raning chap devoridan x_1 masofada bo'lish ehtimolligini aniqlang.

Topshiriq raqami	n	x_1	Δx
1	1	0,125l	0,01l
2		0,25l	
3		0,375 l	
4		0,5 l	
5	2	0,125l	0,01l
6		0,25l	
7		0,375 l	
8		0,5 l	
9	3	0,125l	0,01l
10		0,25l	
11		0,375 l	
12		0,5 l	
13	4	0,125l	0,01l
14		0,25l	
15		0,375 l	
16		0,5 l	
17	1	0.5l	0.002l
18			0.004l
19			0.006l
20			0.008l
21	2	0.25l	0.02l
22			0.03l
23			0.04l
24			0.05l
25	3	0.5l	0.05l
26			0.1l
27			0.15l
28			0.2l

22.8 - masala. m massali zarracha l kenglikdagi cheksiz chuqur biro'lchamli potensial o'rada turibdi. Har xil zarrachalarning n -chi va ($n = 1$) - energetik sathlari orasidagi ΔW_n masofani hisoblang.

Topshiriq raqami	Zarracha turi	n	l, m	Bog'liqlikni tushuntiring
1	Elektron	1	10^{-10}	$\Delta W_n = f(n)$
2		2		
3		3		
4		4		
5	Vodorod molekulasi	1	10^{-10}	$\Delta W_n = f(l)$
6			10^{-8}	
7			10^{-6}	
8			10^{-4}	
9	Elektron	1	10^{-9}	$\Delta W_n = f(m)$
10	Proton			
11	α -zarracha			
12	Vodorod molekulasi			
13	Elektron	1	10^{-10}	$\Delta W_n = f(l)$
14			10^{-8}	
15			10^{-6}	
16			10^{-4}	
17	Proton	1	10^{-10}	$\Delta W_n = f(n)$
18		2		
19		3		
20		4		
21	Elektron	2	10^{-9}	$\Delta W_n = f(m)$
22	Proton			
23	α -zarracha			
24	Vodorod molekulasi			
25	α -zarracha	1	10^{-10}	$\Delta W_n = f(n)$
26		2		
27		3		
28		4		

22.9 - masala. Vodorod atomidagi elektron tashqi faktorlar ta'sirida bir holatdan ikkinchi holatga o'tdi. Bunda uning orbital magnit momenti $\Delta\mu_i$ ga, energiyasi esa ΔW ga o'zgardi. Noma'lum kattaliklarni yoki elektronning boshlang'ich va so'ngi holatlari aniqlansin.

Topshiriq raqami	Boshlang'ich holat	Keyingi holat	$\Delta\mu, \text{J/T}$	$\Delta W, \text{eV}$
1	2p	1s	?	?
2	4f	3d	?	?
3	2p	5d	?	?
4	3s	2p	?	?
5	?	?	$-9,6 \cdot 10^{-24}$	-1,9
6	?	?	$1,31 \cdot 10^{-23}$	-2,8
7	?	?	$-9,6 \cdot 10^{-24}$	-2,5
8	?	?	$1,31 \cdot 10^{-23}$	10,2
9	?	1s	?	-12,8
10	?		?	-10,2
11	?		?	-12,1
12	?		?	-13,1
13	2s	?	?	2,5
14	3s	?	?	0,66
15	4s	?	?	-2,5
16	5s	?	?	-0,97
17	2s	5p	?	?
18	4d	2p	?	?
19	5f	3d	?	?
20	2p	4s	?	?
21	?	?	$9,41 \cdot 10^{-24}$	1,14
22	?	?	$-1,31 \cdot 10^{-23}$	2,5
23	?	?	$-9,32 \cdot 10^{-24}$	-0,17
24	?	?	$-9,35 \cdot 10^{-24}$	-0,3
25	?	2s	?	-3,0
26	?		?	-2,5
27	?		?	-1,9
28	?		?	-2,8

22.10 - masala. Vodorod atomining nurlanish spektridagi jadvalda ko'rsatilgan o'tishlarga mos keluvchi to'liq uzunliklari hisoblansin. Seriya chegaralariga mos keluvchi to'liq uzunliklarini aniqlang.

Topshiriq raqami	Nurlanish seriyasi	elektron o'tishlari	
		Boshlang'ich holat	Keyingi holat
1	Layman	2p	1s
2		3p	
3		4p	
4		5p	
5	Layman	6p	1s
6		7p	
7		8p	
8		9p	
9	Balmer	3p	2s
10		4p	
11		5p	
12		6p	
13	Balmer	7p	2s
14		8p	
15		9p	
16		10p	
17	Pashen	4f	3d
18		5f	
19		6f	
20		7f	
21	Brekket	5g	4f
22		6g	
23		7d	
24		8d	
25	Pfund	6f	5g
26		7f	
27		8h	
28		9h	

23 – mavzu. Qattiq jism fizikasi elementlari

Asosiy qonunlar va ifodalar

Kristallning birlik hajmi issiqlik sig‘imi uchun Debay ifodasi:

$$C_m = \frac{\partial U}{\partial T} = 9nk \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3 \int_0^{x_T} \frac{e^x x^4 dx}{(e^x - 1)^2}, \quad (23.1)$$

bu erda n – kristallning birlik hajmidagi atomlar soni, ya’ni atomlar konsentrasiyasi; k – Bolsman doimiysi; $\Theta = \frac{\hbar\omega_m}{k}$ – Debayning xarakteristik temperaturasi; $x_m = \frac{\hbar\omega_m}{kT}$, $x = \frac{\hbar\omega}{kT}$ – Shartli belgilashlar; ω_m , ω – mos ravishda maksimal chastota va kristall panjara normal tebranishining chastotasi.

$T \rightarrow 0$ ($x_m \rightarrow \infty$) da (23.1) – ifodada

$$\int_0^{x_T} \frac{e^x x^4 dx}{(e^x - 1)^2} = \frac{4\pi^4}{15}, \quad (23.2)$$

va quyidagilarni inobatga olganda

$$nk = \rho \frac{N_A}{\mu} k = \frac{\rho R}{\mu}, \quad (23.3)$$

bu erda ρ – kristall zichligi; N_A – Avogadro soni; $R = kN_A$ – universal gaz doimiysi, (23.1) ifoda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi

$$C_m = \frac{12\pi^4 R \rho}{5\mu} \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3, \quad (23.4)$$

Birlik massa uchun (solishtirma issiqlik sizimi)

$$c = \frac{C_m}{\rho} = \frac{12\pi^4 R}{5\mu} \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3, \quad (23.5)$$

Bu sharoitlarda kristallning molyar issiqlik sizimi

$$C = c\mu = \frac{12\pi^4 R}{5} \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3, \quad (23.6)$$

Chegaraviy hollarda $T \ll \Theta$ $C \sim T^3$ (Debyning “ T^3 ” qonuni), $T \gg \Theta$ $C = 3R$ (Dyulong va Pti qonuni).

Chastotalari ω dan $\omega + d\omega$ gacha intervalda bo‘lgan kristallning birlik hajmiga to‘g‘ri keluvchi normal tebranishlar soni dN_ω .

$$dN_\omega = \frac{\omega^2 d\omega}{2\pi^2} \left(\frac{1}{v_0^3} + \frac{2}{v_\perp^3} \right), \quad (23.7)$$

bu erda v_0 va v_\perp – mos ravishda bo‘ylama va ko‘ndalang elastic to‘lqinlarning fazaviy tezliklari.

$v_0 = v_\perp = v$ da kristall panjaraning normal tebranishlarining maksimal chastotasi.

$$\omega_{\max} = v \sqrt[3]{6\pi^2 n}, \quad (23.8)$$

Boze – Eynshteyn taqsimoti:

$$\langle n_i \rangle = \frac{1}{e^{\frac{E_i - \mu}{kT}} - 1}, \quad (23.9)$$

bu erda $n_i - E_i$ energetic holatdagi bozonlarning o‘rtacha soni; $\mu \leq 0$ - $\sum_i \bar{n}_i = N$ shart bilan aniqlanadigan ximiyaviy potensial.

Fermi – Dirak taqsimoti:

$$\langle n_i \rangle = \frac{1}{e^{\frac{E_i - \mu}{kT}} + 1}, \quad (23.10)$$

bu erda $\mu = E_F$ – Fermi sathi energiyasi.

Pauli taqiqi prinsipini hisobga olishdagi Fermi – Dirak taqsimot funksiyasi:

$$f(E) = \frac{1}{e^{\frac{E - E_F}{kT}} + 1}, \quad (23.11)$$

$T = 0$ da

$$E_F(0) = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{2/3}, \quad (23.12)$$

Metallda $E_F - kT$ dan E_F gacha energetic sathlarlardagi kT energetic kenglikdagi elektronlar termik g'alayonlanadilar. Bu sathlar soni

$$\frac{kT}{\Delta E} = \frac{kTn}{2E_F}, \quad (23.13)$$

Fermi sathi energiyasidan katta bo'lgan sathlarga o'tgan elektronlar ulushi,

$$\frac{\Delta n}{n} \approx \frac{kT}{2E_F}, \quad (23.14)$$

V hajmli kristalldagi erkin elektronlarning to'liq soni

$$N = nV = \int_0^{\infty} f(E)g(E)dE = \frac{8}{3}\pi V \frac{(2m)^{3/2}}{(2\pi\hbar)^3} (E_F(0))^{3/2}, \quad (23.15)$$

bu erda $g(E)$ – birlik energiya intervaliga to'g'ri keluvchi holatlar soni, ya'ni holatlar zichligi:

$$g(E) = 4\pi V \frac{(2m)^{3/2}}{(2\pi\hbar)^3} \sqrt{E}, \quad (23.16)$$

Yarim o'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligi

$$\sigma = \sigma_0 e^{\frac{\Delta E}{2kT}}, \quad (23.17)$$

bu erda ΔE – taqiqlangan soha kengligi.

Kirishmali yarim o'tkazgichning o'tkazuvchanlii

$$\sigma = C_1 e^{\frac{\Delta E}{2kT}} + C_2 e^{\frac{\Delta E_{gr}}{2kT}}, \quad (23.18)$$

bu erda ΔE_{kir} – kirishmali o'tkazuvchanlikning aktivizatsiya energiyasi.

Ichki fotoeffektning qizil chegarasi:

xususiy yarim o'tkazgichlar uchun

$$v_0 = \frac{\Delta E}{h}, \quad (23.19)$$

kirishmali yarim o'tkazgichlar uchun

$$v'_0 = \frac{\Delta E_{kr}}{h}, \quad (23.20)$$

$T = 0$ da metallardan elektronlarni chiqish ishi

$$A_{ch} = |E_p| - E_F, \quad (23.21)$$

bu erda E_p – potensial o'raning chuqurligi.

Termoelektron emissiya uchun Boguslavskiy-Lengmyur qonuni:

$$I_a = BU_a^{3/2}, \quad (23.22)$$

Termoelektron emissiya to'yinish toki zichligining temperaturaga bog'liqligi:

$$j_{to'y} = CT^2 e^{-\frac{A_{ch}}{kT}}, \quad (23.23)$$

bu erda $C = 1,2 \cdot 10^6 A/m^2 K^2$; A_{ch} – metallardan elektronni chiqish ishi.

Ikkita metal kontaktidagi tashqi kontakt potensiallar farqi:

$$\Delta\varphi_{12} = \frac{A_{ch2} - A_{ch1}}{e}, \quad (23.24)$$

bu erda A_{ch1} va A_{ch2} – birinchi va ikkinchi metallardan mos ravishda elektronni chiqish ishi; e – electron zaryadi.

Nazorat savollari va topshiriqlar

23.1. Metallar issiqlik sig'iminining klassik nazariyasini eslang, Dyulong va Pti qonunini ta'riflang. Qanday shartlar bajarilganda bu qonun tajriba natijalari bilan mos tushadi? Eynshteynning issiqlik

sig'imi nazariyasining asosida nima yotadi? Qanday sharoitlarda u miqdoriy jixatdan noto'g'ri natijani beradi?

23.2. Qanday tebranishlar tizimning normal tebranishlari deb ataladi? Panjaraning normal tebranishlari maksimal chastotasi nimaga teng? Kristalda uyg'otiladigan eng kichik to'lqin uzunligi nimaga teng? Normal tebranishlarning maksimal chastotasi Debay xarakteristik temperaturasi bilan qanday bog'langan? Foton nima? Nima uchun uni kvazizarracha, deb ataladi? Foton uchun Pauli prinsipi tadbiiq qilinadimi? Nima uchun?

23.3. Boze-Eynshteyn statistikasiga qanday zarrachalar bo'ysunadi? Boze-Eynshteyn taqsimoti ifodasini yozing va uni tushuntiring. Fermi-Dirak statistikasiga qanday zarrachalar bo'ysunadi? Bu taqsimot ifodasini yozing. Fermi sathi nima? Shu sathda elektronni bo'lish ehtimolligi nimaga teng? Holatlar zichligi nima? U nimaga teng? $T = 0$ da Fermi sathi energiyasi nimaga teng? U temperaturaga qanday bog'langan?

23.4. Elektronlarning yuqoriroq sathlarga o'tishi nima hisobiga amalga oshadi? $T > 0$ da Fermi-Dirak taqsimot funksiyasi grafigi qanday ko'rinishga ega bo'ladi? Fermi sathidagi elektronlar energiyasiga qaraganda ko'proq energiyaga ega bo'lgan elektronlarning ulushini qanday qilib baholash mumkin?

23.5. Metallarda elektr qarshilik mavjudligini kvant mexanikasi qanday tushuntiradi? Elektronning effektiv massasi degan tushuncha nima uchun kiritilgan? Elektronlarning metalldagi o'rtacha dreyf tezligi nimaga teng? Metallning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi nimaga teng? Metalldagi erkin elektronlar konsentratsiyasini qanday tajriba usullari bilan aniqlash mumkin?

23.6. Metall, yarim o'tkazgich va dielektriklardagi ruxsat etilgan energetik sathlar tizimlari nima bilan farq qiladi? Qanday yarim o'tkazgich xususiy deb ataladi? Xususiy yarim o'tkazgichda zaryad tashuvchilar nima? Yarim o'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligi temperaturaga qanday bog'langan? Xususiy o'tkazuvchanlikning aktivasiya energiyasi nimaga teng?

23.7. Qanday yarim o'tkazgichlarni n - turga, qandaylari $-p$ - turga ajratiladi? Donorlar va akseptorlar nima? Kirishmaviy o'tkazuvchanlikning aktivasiya energiyasi nimaga teng? Kirishmaviy yarim o'tkazgichlarda tok tashuvchi zaryadlar aktivasiya energiyalariga mos keluvchi temperaturadan past va yuqorida qanday hisoblanadi?

23.8. Ichki fotoeffekt hodisasi nimadan iborat? Yarim o'tkazgichning fotoo'tkazuvchanligi nima? Ichki fotoeffektning qizil chegarasi, deb nimaga aytiladi? U qanday hisoblanadi?

23.9. Elektronning metalldan chiqish ishi, chiqish potentsiali, deb nimaga aytiladi? Termoelektron emissiya hodisasi nimadan iborat? Boguslavskiy-Lengmyur qonunini ta'riflang. To'yinish tokining temperaturaga bog'liqligi ifodasini yozing va uni tushuntiring.

23.10. Tashqi va ichki potentsiallar farqi, deb nimaga aytiladi? Ularning paydo bo'lish sababi nimada? Ularning qiymatlarini qanday hisoblash mumkin?

23.1 - masala. m massali berilgan modda kristallini T_1 temperaturadan T_2 temperaturaga qizdirish uchun zarur bo'ladigan Q issiqlik miqdorini aniqlang. Berilgan modda uchun Debay xarakteristik temperaturasi Θ ga teng, deb qabul qilinsin. $T \ll \theta$ shart bajariladi, deb hisoblansin.

Topshiriq raqami	Berilgan modda	m, g	T_1, K	T_2, K	Θ, K
1	Kumush	0,5	4	6	208
2			6	8	
3			8	10	
4			10	12	
5	Alyuminiy	20	5	10	396
6			10	15	
7			15	20	
8			20	25	
9	Argon (qattiq holatdagi)	0,3	4,0	4,5	92
10			4,5	5,0	
11			5,0	5,5	
12			5,5	6,0	
13	qo'rg'oshin	15	4,0	4,5	76
14			4,5	5,0	
15			5,0	5,5	
16			5,5	6,0	
17	Natriy xlorid	10	4	8	320
18			8	12	
19			12	16	
20			16	20	
21	Berilliy	0,4	10	20	1 400
22			20	30	
23			30	40	
24			40	50	
25	Mis	25	4	6	310
26			8	8	
27			6	10	
28			10	12	

23.2 - masala. Ximiyaviy oddiy moddaning kristallida ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligi v_{\perp} ga, bo'ylama to'lqinlarniki - v_{\parallel} ga, modda atomlari konsentrasiyasi n ga teng. Panjaraning normal tebranishlarining maksimal chastotasini va Debay xarakteristik temperaturasi toping.

Topshiriq raqami	Berilgan kristall	v_{\perp} , m/s	v_{\parallel} , m/s	n
1	Bir o'lchamli kristall (atomlarzanjirlari o'zla-ri joylashgan to'g'richiziq bo'ylab tebranadilar)	-	3 000	10^9 m^{-1}
2				$5 \cdot 10^9 \text{ m}^{-1}$
3				10^{10} m^{-1}
4				$2 \cdot 10^9 \text{ m}^{-1}$
5	ikki o'lchamli kristall (atomlar to'g'riburchakli yachey-kalar uchlarida joylashagan va yuza bo'ylab tebranadilar)	3 000	3 000	10^{19} m^{-2}
6				$2,5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-2}$
7				$5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-2}$
8				$7,5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-2}$
9	Uch o'lchamli kristall (atomlar to'g'riburchakli kristall yacheykalar uchla-rida joylashagan)	3 000	3 000	$1,25 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$
10				$5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
11				$7,5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
12				10^{29} m^{-3}
13	Uch o'lchamli kristall	800	2 500	$5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
14		1 200	3 200	
15		1 600	3 800	
16		2 000	4 300	
17	Berilliy	8 830	12 550	$1,23 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$
18				
19				
20				
21	Kumush	1 590	3 600	$5,86 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
22				
23				
24				
25	Qo'rg'oshin	700	2 160	$3,28 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
26				
27				
28				

23.3 - masala. Zichligi ρ ga teng bo'lgan metallda Fermi sathidagi elektronning energiyasi va impulsi aniqlansin. Metallning har bir atomiga β ta erkin elektronlar to'g'ri keladi, β - element atomining tashqi qobig'idagi elektronlar soni (β ning tajribada olingan qiymatlari sezilarli darajada kam bo'lishi mumkin, masalan alyuminiyda 2,2 ga teng). Fermi sathida energiyaning temperaturaga bog'liqligi hisobga olinmasin.

Topshiriq raqami	Metall	ρ , kg/m ³	β
1	Alyuminiy	2698,9	3
2	Natriy	968,4	1
3	Niobiy	8 570	1
4	Platina	21 450	1
5	Mis	8 960	1
6	Tantal	16 600	2
7	Xrom	7 190	1
8	Kaliy	862	1
9	Volfram	19 300	2
10	Rux	7 140	2
11	Iridiy	22 400	2
12	Temir	7 874	2
13	Berilliy	1 847,7	2
14	Molibden	10 200	1
15	Litiy	534	1
16	Nikel	8 900	2
17	Bor	2 340	3
18	Uran	18 950	2
19	Oltin	19 320	1
20	Titan	4 500	2
21	Vanadiy	6 110	2
22	Osmiy	22 570	2
23	Toriy	11 720	2
24	Kobalt	8 900	2
25	Indiy	7 310	3
26	Kumush	10 500	1
27	Seziy	1 870	1
28	Magniy	1 738	2

23.4 - masala. Berilgan metallda Fermi sathidagi elektronlarining energiyasi E_F ga teng. Metallni T temperaturaga qizdirilganda Fermi sathini tark etuvchi elektronlar ulushi (% larda) aniqlansin.

Topshiriq raqami	Metall	W_F, eV	T, K
1	Mis	7,0	300
2			600
3			1 000
4			1 300
5	Oltin	5,5	300
6			600
7			1 000
8			1 300
9	Kobalt	11,7	300
10			1 000
11			1 300
12			1 700
13	Tantal	8,4	300
14			1 000
15			1 700
16			3 000
17	Iridiy	9,8	300
18			1 000
19			1 700
20			2 500
21	Platina	6,0	300
22			1 000
23			1 700
24			2 000
25	Volfram	9,2	300
26			1 000
27			1 700
28			3 600

23.5 - masala. Xoll doimiysining tajribada olingan R_H qiymatlaridan foydalanib E tashqi elektr maydon kuchlanganligi ta'sirida metallning Fermi sathidagi elektronlar energiyasi, tok zichligi va o'rtacha dreyf tezligi hisoblab topilsin. Metallning solishtirma qarshiligi ρ ga teng. Natijalarni 23.3 - masala natijalari bilan solishtiring, natijalarning ozgina farqi borligini tushuntiring.

Topshiriq raqami	Metall	$R_H, 10^{-11} \frac{m^3}{K}$	$\rho, \mu\Omega \cdot m$	$E, V/m$
1	Kumush	8,4	0,016	0,05
2				0,10
3				0,15
4				0,20
5	Mis	5,5	0,0172	0,10
6				0,12
7				0,14
8				0,16
9	Oltin	7,2	0,024	10^{-4}
10				10^{-3}
11				10^{-2}
12				0,1
13	Natriy	25	0,049	$2,5 \cdot 10^{-3}$
14				$5 \cdot 10^{-3}$
15				$7,5 \cdot 10^{-3}$
16				10^{-2}
17	Litiy	17	0,06	$2 \cdot 10^{-4}$
18				$5 \cdot 10^{-4}$
19				$2 \cdot 10^{-3}$
20				$5 \cdot 10^{-3}$
21	Alyuminiy	4,0	0,028	0,02
22				0,04
23				0,06
24				0,08
25	Vismut	5 000	1,065	0,1
26				0,2
27				0,3
28				0,4

23.6 - masala. Xususiy yarim o'tkazgichning T temperaturadagi σ solishtirma elektr o'tkazuvchanligi va 18°C da taqiqlangan sohaning kengligi ΔE ga tengligi ma'lum bo'lsa, xususiy yarim o'tkazgich solishtirma o'tkazuvchanligi ifodasiga kiruvchi σ_0 kattalikni hisoblab topilsin. Bir xil ishorali elektronlar konsentratsiyasi n , elektron va kovaklarning xarakatchanligi mos ravishda, u_n va u_p . Taqiqlangan soha kengligining temperaturuga bog'liqligi hisobga olinmasin.

Topshiri q. raqami	Yarimo'tkazgich	$\Delta E_0, \text{eV}$	n, m^{-3}	$u_n, \text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$	$u_p, \text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$	T, K
1	Germaniy	0,8	$2,5 \cdot 10^{19}$	0,6	0,18	300
2						350
3						400
4						450
5	Kremniy	1,12	$1,6 \cdot 10^{16}$	0,19	0,05	300
6						350
7						400
8						450
9	Tellur	0,36	10^{22}	0,17	0,12	300
10						350
11						400
12						450
13	Arsenid gallyiy	1,43	$1,1 \cdot 10^{13}$	0,85	0,04	300
14						350
15						400
16						450
17	Arsenid indiy	0,36	$2 \cdot 10^{21}$	3,0	0,046	300
18						350
19						400
20						450
21	Qo'r/shin Sulfid	0,41	10^{22}	0,06	0,07	300
22						350
23						400
24						450
25	Karbid kremniy	2,86	10^7	0,01	0,002	300
26						350
27						400
28						450

23.7 - masala. Agar kirishmalarning konsentrasiyasi juda kam (0,01%dan kam) bo'lsa, temperaturani T_1 dan T_2 gacha o'zgartirilganda kirishmali yarim o'tkazgichda ΔE_{kir} aktivasiya energiyasiga teng bo'lgan kirishmaviy zaryad tashuvchilarning soni necha martaga o'zgaradi? Qanday temperaturada kirishmalarning faollashishi yuz beradi? Aktivasiya energiyasining temperaturaga bog'liqligini hisobga olmaslik mumkin.

Topshiriq raqami	Kirishmali yarimo'tkazgich	$\Delta E_{pr}, eV$	T_1, K	T_2, K
1	Fosfor bilan legirlangan Germaniy	0,012	45	50
2			50	55
3			55	60
4			60	65
5	Surma bilan legirlangan Germaniy	0,0096	35	40
6			40	45
7			45	50
8			50	55
9	Bor bilan legirlangan Germaniy	0,01	35	40
10				45
11				50
12				55
13	Fosfor bilan legirlangan Kremniy,	0,044	50	100
14			100	150
15			150	200
16			200	250
17	Mishyak bilan legirlangan Kremniy	0,049	50	100
18				150
19				200
20				250
21	Galliy bilan legirlangan Kremniy	0,065	150	200
22			200	250
23			250	300
24			300	350
25	Indiy bilan legirlangan Kremniy	0,16	300	400
26			400	500
27			500	600
28			600	700

23.8 - masala. Yarim o'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanlik aktivasiya energiyasi ΔE ga, berilgan kirishma moddaning kirishmaviy o'tkazuvchanlik aktivasiya energiyasi esa ΔE_{kir} ga teng. Ichki fotoeffekt qizil chegarasi – λ_0 . Noma'lum kattalikni va kirishma moddasini toping. (d) va (a) harflari bilan donor va akseptor kirishma elementlari belgilangan.

Topshiriq raqami	Yarimo'tkazgich	Legirlovchi element	ΔE , eV	ΔE_{kir} , eV	λ_0 , μm
1	Germaniy <i>Ge</i>	-	0,8		?
2	Kremniy <i>Si</i>		1,12		?
3	Selen <i>Se</i>		1,7		?
4	Tellur <i>Te</i>		0,36		?
5	Kremniy <i>Si</i>	Litiy <i>Li</i> (d)		0,033	?
6		Surma <i>Sb</i> (d)		0,039	?
7		Fosfor <i>P</i> (d)		0,044	?
8		Mishyak <i>As</i> (d)		0,049	?
9	Kremniy <i>Si</i>	Bor <i>B</i> (a)		0,045	?
10		Alyuminiy <i>Al</i> (a)		0,057	?
11		Galliy <i>Ga</i> (a)		0,065	?
12		Indiy <i>In</i> (a)		0,16	?
13	Misoksidi <i>Cu₂O</i>	-	1,56		?
14	Qo'rg'oshin sulfid <i>PbS</i>		0,41		?
15	Arsenid galliy <i>GaAs</i>		1,43		?
16	Arsenid indiy <i>InAs</i>		0,36		?
17	Kremniy <i>Si</i>	? (d)		?	25,32
18		? (d)		?	31,81
19		? (a)		?	19,09
20		? (a)		?	21,77
21	Germaniy <i>Ge</i>	Litiy <i>Li</i> (d)		0,0095	?
22		Surma <i>Sb</i> (d)		0,0096	?
23		Fosfor <i>P</i> (d)		0,012	?
24		Mishyak <i>As</i> (d)		0,013	?
25	Germaniy <i>Ge</i>	Bor <i>B</i> (a)		0,010	?
26		Alyuminiy <i>Al</i> (a)		0,010	?
27		Galliy <i>Ga</i> (a)		0,011	?
28		Indiy <i>In</i> (a)		0,011	?

23.9 - masala. Elektronlarning chiqish ishi A_{chi} ga teng bo'lgan metallning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha ko'tarilganda termoelektron emissiya to'yinish toki β ga ortadi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	A, eV	T_1, K	T_2, K	$\beta, \%$
1	?	1 990	2 000	17,96
2	4,12	3 085	3 100	?
3	?	880	886	48,2
4	4,58	2 010	2 020	?
5	?	1 960	1 990	38,4
6	4,54	3 120	3 140	?
7	?	1 700	1 715	31,65
8	2.8	1 100	1 115	?
9	?	1 600	1 610	24,0
10	4,41	1 695	1 710	?
11	?	895	902	1,57
12	4,3	2 650	2 700	?
13	?	890	895	31,84
14	4,4	1 294	1 300	?
15	?	1 650	1 658	17.64
16	4,0	2 500	2 520	?
17	?	2 586	2 600	11,67
18	4,7	3 293	3 300	?
19	?	2 000	2 007	12,15
20	4,3	1 990	2 000	?
21	?	1 270	1 280	39,18
22	3,3	2 038	2 050	?
23	?	650	652	26,93
24	3,9	2 050	2 090	?
25	?	1 650	1 660	21,5
26	4,54	2 960	3 000	?
27	?	1 680	1 692	25,9
28	3,64	880	890	?

23.10 - masala. Erkin elektronlari konsentratsiyasi n_1 va n_2 ga teng bo'lgan ikki metall o'zaro tutashmoqda. Bunda yuzaga keladigan ichki kontakt potentsiallar farqi $\Delta\phi_{1,2}$ ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	n_1, m^{-3}	n_2, m^{-3}	$\Delta\phi_{1,2}, \text{V}$
1	10^{29}	10^{28}	?
2		$2 \cdot 10^{28}$?
3		$3 \cdot 10^{28}$?
4		$4 \cdot 10^{28}$?
5	$2 \cdot 10^{29}$?	6,88
6		?	9,78
7		?	10,25
8		?	6,28
9	?	$5 \cdot 10^{25}$	9,52
10	?		2,37
11	?		5,35
12	?		1,82
13	$6 \cdot 10^{28}$	10^{28}	?
14	$7 \cdot 10^{28}$?
15	$8 \cdot 10^{28}$?
16	$9 \cdot 10^{28}$?
17	$8,5 \cdot 10^{28}$?	2,78
18		?	5,357
19		?	5,034
20		?	3,93
21	?	$2 \cdot 10^{28}$	3,80
22	?		9,78
23	?		0,834
24	?		5,17
25	$1,5 \cdot 10^{29}$	$2 \cdot 10^{28}$?
26		$4 \cdot 10^{28}$?
27		$6 \cdot 10^{28}$?
28		$8 \cdot 10^{28}$?

24 – mavzu. Atom yadrosi fizikasi asoslari

Asosiy qonunlar va ifodalar

Yadro radiusining taqribiy qiymati:

$$r = 1,2 \cdot 10^{-15} A^{1/3} m, \quad (24.1)$$

bu erda A – massa soni (yadrodagi nuklonlar soni).
 ${}_Z X^A$ Yadroning massa defekti

$$\Delta m = m_{ya} - \{Zm_p + (A - Z)m_n\}, \quad (24.2)$$

Bog'lanish energiyasi

$$E_{bog'} = \Delta mc^2, \quad (24.3)$$

Radioaktiv parchalanish qonuni:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (24.4)$$

bu erda λ – parchalanish doimiysi.
Yadroning yarimsochilish davri

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}, \quad (24.5)$$

Radioaktiv preparat aktivligi

$$a = -\frac{dN}{dt} = \lambda N, \quad (24.6)$$

Radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti

$$\tau = 1 / \lambda, \quad (24.7)$$

Yadroning α – parchalanish chizmasi:



β – parchalanish chizmasi:
 β^- – parchalanish



bu erda $\tilde{\nu}$ – antineytrino;
 β^+ – parchalanish



bu erda ${}_{+1} e^0$ – pozitron; ν – neytrino;
 k – tutib olish



Yadro o‘zarota’sirining effektiv kesimi -

$$\sigma = \frac{1}{nd} \ln \frac{N_0}{N_d}, \quad (24.12)$$

bu erda n – nishonning yadro konsentrasiyasi; N_0 – tushayotgan zarrachalar oqimi; $N_d - d$ nishon qalinligini o‘tgan oqim.

Nazorat savollari va topshiriqlar

24.1 Atom yadrosi tarkibiga qanday zarralar kiradi? Nuklonlar nima? Zaryad va massa sonlari nima bilan aniqlanadi? Yadroning qaysi soni uning berilgan kimyoviy elementga tegishligini ko‘rsatadi? Qanday ifoda orqali yadroning radiusi aniqlanadi? Yadroning bog‘lanish energiyasi va massa defekti nima ekanligini tushuntiring. Nuklonlarning yadrodagi solishtirma bog‘lanish energiyasi nimani anglatadi?

24.2 Qanday yadrolar a) izotop b) izobara v) izoton g) izomer deb ataladilar? Misollar keltiring.

24.3 Agar kimyoviy toza modda barqaror ikkita izotopga ega bo‘lsa, izotoplarning xamda kimyoviy elementni massa sonini bilgan

xolda, qanday qilib tabiiy modda tarkibidagi izotoplar foiz miqdorini aniqlasa bo'ladi?

24.4 Yadro kuchlari qanday xususiyatlarga ega? Virtual zarralar nima? Nuklonlarning kuchli o'zaro ta'sirida ularning ahamiyati qanday? Qanday zarralar mezonlar deb ataladi? Pionlar va myuonlar parchalanishi xamda nuklonlarning tutashuv o'zaro ta'siri qanday chizmalar ifodalaydi?

24.5 Radioaktivlik deb nimaga aytiladi? Radioaktiv parchalanish qonunini yozing va tushuntiring. Berilgan modda yadrosining yarim emirilish davri deganda nimani tushuniladi? Radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti deganda nimani tushuniladi?

24.6 Radioaktiv modda aktivligi deganda nima tushuniladi? Vaqt o'tishi bilan u qanday o'zgaradi? Radioaktiv modda miqdori bilan uning aktivligi orasida qanday bog'lanish bor?

24.7 α - va β -zarrachalar o'zi nima? Saqlanish qonunlariga ahamiyat bergan xolda α va β parchalanishlar chizmalarini yozing va tushuntiring. γ - nurlar nima? Nima sababdan α parchalanish γ - nurlarini chiqarish bilan yuz beradi?

24.8 Yadroviy o'zaro ta'sirda effektiv kesim deb nimaga aytiladi? Yadroviy hodisalarda 1 barn nimaga teng?

24.9 Yadro reaksiyalarida ajraladigan energiya qanday hisoblanadi? Yadro reaksiyalarida manfiy ishorali energiya nimani anglatadi? Bunday yadro reaksiyasi kechishi uchun nima bo'lishi zarur?

24.10 C^{14} izotopi orqali arxeologik topilgan narsalarning yoshini aniqlashda qanday usul yotadi?

24.1 - masala. Yadro N_p protonlar va N_n neytronlardan iborat. Berilgan yadro qaysi kimyoviy elementga tegishli ekanligini aniqlang, zaryad va massa sonlarini yozing. Agar atom massasi m_a bo'lsa, kimyoviy elementning taxminiy radiusini va solishtirma bog'lanish energiyasini aniqlang.

Topshiriq raqami	N_p	N_n	m_a , m.a.b.
1	6	6	12,0000
2	16	20	35,9671
3	18	18	35,9675
4	10	10	19,9924
5	14	14	27,9769
6	18	22	39,9624
7	7	8	15,0001
8	19	21	39,9640
9	20	20	39,9626
10	6	7	13,0034
11	10	11	20,9938
12	18	20	37,9627
13	20	23	42,9588
14	14	15	28,9765
15	8	9	16,9991
16	14	16	29,9738
17	20	26	45,9537
18	7	7	14,0031
19	22	24	45,9526
20	10	12	21,9914
21	23	27	49,9472
22	24	26	49,9461
23	22	28	49,9448
24	8	8	15,9949
25	22	26	47,9479
26	8	10	17,9992
27	20	28	47,9525
28	24	28	51,9405

24.2 - masala. Jadvalda keltirilgan kimyoviy elementlarning barqaror izotoplari tarkibiga kiruvchi neytronlar va protonlar sonini aniqlang.

Topshiriq raqami	Atom nomeri	Kimyoviy modda	Izotop simvoli
1	1	Vodorod	^1H , ^2H
2	2	Geliy	^3He , ^4He
3	3	Litiy	^6Li , ^7Li
4	5	Bor	^{10}B , ^{11}B
5	6	Uglerod	^{12}C , ^{13}C
6	7	Azot	^{14}N , ^{15}N
7	8	Kislorod	^{16}O , ^{17}O , ^{18}O
8	10	Neon	^{20}Ne , ^{21}Ne , ^{22}Ne
9	12	Magniy	^{24}Mg , ^{25}Mg , ^{26}Mg
10	14	Kremniy	^{28}Si , ^{29}Si , ^{30}Si
11	16	Oltingugurt	^{32}S , ^{33}S , ^{34}S , ^{36}S
12	17	Xlor	^{35}Cl , ^{37}Cl
13	18	Argon	^{36}Ar , ^{38}Ar , ^{40}Ar
14	19	Kaliy	^{39}K , ^{40}K , ^{41}K
15	20	Kaltsiy	^{40}Ca , ^{42}Ca , ^{43}Ca , ^{44}Ca , ^{46}Ca , ^{48}Ca
16	22	Titan	^{46}Ti , ^{47}Ti , ^{48}Ti , ^{49}Ti , ^{50}Ti
17	23	Vanadiy	^{50}V , ^{51}V
18	24	Xrom	^{50}Cr , ^{52}Cr , ^{53}Cr , ^{54}Cr
19	26	Temir	^{54}Fe , ^{56}Fe , ^{57}Fe , ^{58}Fe
20	28	Nikel	^{58}Ni , ^{60}Ni , ^{61}Ni , ^{62}Ni , ^{64}Ni
21	29	Mis	^{63}Cu , ^{65}Cu
22	30	Rux	^{64}Zn , ^{66}Zn , ^{67}Zn , ^{68}Zn , ^{70}Zn
23	31	Galliy	^{69}Ga , ^{71}Ga
24	32	Germaniy	^{70}Ge , ^{72}Ge , ^{73}Ge , ^{74}Ge , ^{76}Ge
25	34	Selen	^{74}Se , ^{76}Se , ^{77}Se , ^{78}Se , ^{80}Se , ^{82}Se
26	35	Brom	^{79}Br , ^{81}Br
27	42	Molibden	^{92}Mo , ^{94}Mo , ^{95}Mo , ^{96}Mo , ^{97}Mo , ^{98}Mo
28	50	qalay	^{112}Sn , ^{114}Sn , ^{116}Sn , ^{119}Sn , ^{122}Sn , ^{124}Sn

24.3 - masala. Kimyoviy toza modda atomining massasi m_A . Bu modda atom massalari m_{A1} va m_{A2} bo'lgan izotoplardan iborat. Tabiiy moddada birinchi izotopning miqdori g_1 va ikkinchisi g_2 foiz miqdorda uchraydi. Noma'lum kattaliklarni aniqlang.

Topshiriq raqami	m_{A1} , m.a.b	m_{A1} , m.a.b	m_{A2} , m.a.b	g_1 , %	g_2 , %
1	?	14,0031	15,0001	?	0,365
2	50,9415	?	50,9439	0,24	?
3	40,08	41,5	?	?	98,7
4	?	62,9296	64,9278	69,1	?
5	69,72	?	70,9247	?	39,8
6	35,453	34,9688	?	75,77	?
7	?	78,9183	80,9185	?	49,46
8	1,0079	?	2,0141	99,985	?
9	85,468	84,0118	?	?	27,85
10	?	0,0981	7,0160	7,5	?
11	107,868	?	108,9048	?	48,6
12	60,9415	49,9671	?	0,24	?
13	?	10,0129	11,0093	?	80,1
14	40,08	?	40,0613	1,3	?
15	12,011	12,000	?	?	1,11
16	?	112,9041	114,9039	4,28	?
17	35,453	?	36,9659	?	24,23
18	10,81	10,0129	?	19,9	?
19	?	120,9038	122,9042	?	42,7
20	63,546	?	64,9278	69,1	?
21	1,0079	1,008	?	?	0,015
22	?	68,9256	70,9247	60,2	?
23	6,941	?	7,0160	?	92,5
24	14,0067	14,0031	?	99,635	?
25	?	137,9069	138,9060	?	99,911
26	12,011	?	13,0033	98,89	?
27	79,904	78,9183	?	?	49,46
28	?	84,9118	86,9092	72,15	?

24.4 - masala. KeraCi zarrachaning simvolini so'roq ishorasi bilan almashtirib pion yoki myuonlarning parchalanish va nuConlarning tutashish o'zaro ta'siri chizmalarini yozing.

Topshiriq raqami	Pion va myuon parchalanish sxemalari	Nuklonlarning hajmiy ta'sirlashuv sxemalari
1	$? \rightarrow \mu^+ + \nu$	$n + p \Leftrightarrow ? + \pi^- + ? \Leftrightarrow p + n$
2	$\pi^0 \rightarrow ? + \gamma$	$p + n \Leftrightarrow ? + \pi^0 + n \Leftrightarrow p + n$
3	$\mu^+ \rightarrow ? + \nu + \vartheta$	$n + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + n$
4	$? \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + e^-$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^+ + n \Leftrightarrow n + ?$
5	$\mu^- \rightarrow ? + \nu + \vartheta$	$p + p \Leftrightarrow ? + \pi^0 + p \Leftrightarrow p + p$
6	$\pi^- \rightarrow ? + \vartheta$	$? + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$
7	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma + ?$	$p + n \Leftrightarrow ? + \pi^+ + ? \Leftrightarrow n + p$
8	$\pi^0 \rightarrow ? + e^- + \gamma$	$n + ? \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$
9	$? \rightarrow e^+ + \nu + \vartheta$	$? + p \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow p + ?$
10	$\pi^+ \rightarrow ? + \nu$	$p + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + p$
11	$\pi^0 \rightarrow e^+ + ? + \gamma$	$n + n \Leftrightarrow ? + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + n$
12	$\mu^- \rightarrow e^- + \nu + ?$	$p + ? \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow p + ?$
13	$? \rightarrow \gamma + \gamma$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + ?$
14	$\mu^+ \rightarrow e^+ + ? + \vartheta$	$p + ? \Leftrightarrow n + \pi^+ + n \Leftrightarrow ? + p$
15	$\pi^- \rightarrow \mu^- + ?$	$p + n \Leftrightarrow p + ? + n \Leftrightarrow p + n$
16	$? \rightarrow \gamma + \gamma + \gamma$	$? + p \Leftrightarrow p + \pi^0 + p \Leftrightarrow p + ?$
17	$\pi^0 \rightarrow ? + e^+ + e^- + e^+$	$p + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + p$
18	$? \rightarrow \mu^- + \vartheta$	$n + ? \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow ? + n$
19	$\mu^- \rightarrow e^- + ? + \vartheta$	$p + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + p$
20	$\pi^0 \rightarrow ? + \gamma + \gamma$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + ?$
21	$? \rightarrow e^+ + e^- + \gamma$	$n + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + ? \Leftrightarrow n + n$
22	$\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + ?$	$p + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + p$
23	$? \rightarrow e^- + \nu + \vartheta$	$p + p \Leftrightarrow p + \pi^0 + ? \Leftrightarrow p + p$
24	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + ?$	$p + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + ? \Leftrightarrow p + n$
25	$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + ?$	$n + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + n$
26	$\pi^0 \rightarrow \gamma + ?$	$n + ? \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow ? + n$
27	$\pi^0 \rightarrow \gamma + ? + \gamma$	$p + ? \Leftrightarrow p + \pi^0 + p \Leftrightarrow ? + p$
28	$\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + ?$	$? + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$

24.5 - masala. Parchalanish doimiysi λ va yarim emirilish davri $T_{1/2}$ bo'lgan radioaktiv moddada, t vaqt mobaynida k yadro parchalandi. Radioaktiv moddaning o'rtacha yashash davri τ ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	λ, yil^{-1}	$T_{1/2}, \text{yil}$	t	$k, \%$	τ
1	0,0546	?	10 yil	?	?
2	?	?	?	26,2	65,8 kun
3	0,0565	?	?	36,36	?
4	?	5,26	4 yil	?	?
5	?	86	?	43,12	?
6	?	?	16 yil	?	25,4 yil
7	?	?	1 yil	64,46	?
8	0,3466	?	2,5 yil	?	?
9	?	?	?	43,73	42,3 yil
10	0,0433	?	?	47,77	?
11	?	5 730	3 000 yil	?	?
12	?	17,6	?	44,62	?
13	?	?	10 000 yil	?	34 625 yil
14	?	?	100 kun	43,75	?
15	0,1318	?	5 yil	?	?
16	?	?	?	51,71	5,5 yil
17	0,00806	?	?	53,50	?
18	?	30	25 yil	?	?
19	?	12,7	?	58,26	?
20	?	?	100 kun	?	105,3 kun
21	?	?	200 kun	38,63	?
22	0,2666	?	3 yil	?	?
23	?	?	?	51,32	8 266,6 yil
24	0,025	?	?	52,76	?
25	?	16	20 yil	?	?
26	?	2,6	?	60,67	?
27	?	?	200 kun	?	238 kun
28	?	?	300 kun	49,66	?

24.6 - masala. Massasi m , yarim parchalanish davri $T_{1/2}$ bo'lgan radioaktiv izotop preparatining a aktivligi topilsin. Preparat aktivligining o'zgaruvchi parametrga bog'liqligi tahlil qilinsin. Izotopning barcha atomlari radioaktiv, deb hisoblansin.

Topshiriq raqami	Izotop	$m, \mu\text{g}$	T	t	Bog'lanishni tahlil qiling
1	$^{86}\text{Rn}^{222}$	0,15	3.8 kun	2 kun	$a = f(t)$
2				4 kun	
3				6 kun	
4				8 kun	
5	$^{88}\text{Ra}^{228}$	0,1	6.7 yil	5 yil	$a = f(m)$
6		0,2			
7		0,3			
8		0,4			
9	$^{81}\text{Tl}^{210}$	0,25	1.3 min	24 soat	$a = f(T_{1/2})$
10	$^{82}\text{Pb}^{210}$		22 yil		
11	$^{83}\text{Bi}^{210}$		5 kun		
12	$^{84}\text{Po}^{210}$		138,4 kun		
13	$^{82}\text{Pb}^{209}$	0,3	3.3 soat	6 soat	$a = f(t)$
14				12 soat	
15				18 soat	
16				24 soat	
17	$^{81}\text{Tl}^{207}$	0,16	4.8 min	5 min	$a = f(A)$
18	$^{87}\text{Fr}^{221}$		4,8 min	5 min	
19	$^{82}\text{Pb}^{210}$		21,8 yil	25 yil	
20	$^{89}\text{Ac}^{227}$		21,8 yil	25 yil	
21	$^{89}\text{As}^{225}$	0,05	10 kun	30 kun	$a = f(m)$
22		0,1			
23		0,15			
24		0,2			
25	$^{83}\text{Bi}^{213}$	0,25	47 min	1 soat	$a = f(t)$
26				2 soat	
27				3 soat	
28				4 soat	

24.7 - masala. Radioaktiv yadro parchalanish natijasida n ta α - zarracha va m ta β - zarracha yo'qotib boshqa modda yadrosiga aylandi. Noma'lum izotopni aniqlang.

Topshiriq raqami	Boshlang'ich modda	n	m	Hosil bo'lgan modda
1	${}_{92}\text{U}^{238}$	1	2	?
2		3	2	?
3		5	2	?
4		6	3	?
5	?	5	4	${}_{82}\text{Pb}^{206}$
6	?	2	4	
7	?	2	3	
8	?	1	2	
9	${}_{90}\text{Th}^{232}$	1	2	?
10		3	2	?
11		5	2	?
12		5	3	?
13	?	6	3	${}_{83}\text{Bi}^{209}$
14	?	4	3	
15	?	3	2	
16	?	1	2	
17	${}_{92}\text{U}^{235}$	2	2	?
18		5	2	?
19		6	3	?
20		7	4	?
21	?	5	3	${}_{82}\text{Pb}^{208}$
22	?	4	2	
23	?	3	2	
24	?	1	2	
25	${}_{93}\text{Np}^{237}$	3	1	?
26		3	2	?
27		6	2	?
28		7	3	?

24.8 - masala. ρ zichlikdagi berilgan materialda issiq neytronlar oqimi, uzunligi d masofani bosib o'tgach β marta kamaydi. Atom yadrosi nishonining neytronlarni tutib olish reaksiyasi effektiv kesimi σ ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Modda	ρ , kg/m ³	σ , barn	d , cm	β
1	Alyumin	2 699	?	79,4	3
2	Berilliy	1 848	?	888,8	
3	Bor	2 340	?	0,011	
4	Vanadiy	6 110	?	2,98	
5	Volfram	19 300	19,2	?	2
6	Temir	7 874	2,53	?	
7	Indiy	7 310	190	?	
8	Iridiy	22 400	430	?	
9	Magniy	1 738	0,063	10	?
10	Mis	8 960	3,69		?
11	Molibden	10 200	2,4		?
12	Nikel	8 900	4,6		?
13	Niobiy	8 570	?	6,1	1,5
14	Qo'rg'oshin	7 298	?	18,26	
15	Osmiy	22 570	?	0,39	
16	Platina	21 450	?	0,76	
17	Plutoniya	19 860	1 025	?	50
18	Simob	13 546	38	?	
19	Kumush	10 500	62	?	
20	Tantal	16 600	21,3	?	
21	Titan	4 500	5,8	6	?
22	Xrom	7 190	2,09		?
23	Rux	7 140	1,07		?
24	Sinniy	6 510	0,18		?
25	Uran	18 950	?	1,88	2
26	Grafit	2 265	?	1 357	
27	Oltinugurt	2 000	?	37,67	
28	Kaliy(suyuq)	800	?	28,56	

24.9 - masala. Yadro reaksiyasining to'liq tenglamasini yozing. Noma'lum elementni yoki zarrachani toping. Yadro reaksiyasi natijasida ajraladigan energiyani toping.

Topshiriq raqami	Yadro reaksiyasining qisqacha yozilishi
1	${}^7\text{N}^{14} (? , p) {}^8\text{O}^{17}$
2	${}^1\text{H}^2 (d, n) ?$
3	${}^4\text{Be}^9 (d, 2\alpha) ?$
4	${}^3\text{Li}^6 (? , p) {}^3\text{Li}^7$
5	${}^4\text{Be}^9 (\alpha, ?) {}^6\text{C}^{12}$
6	${}^1\text{H}^2 (d, ?) {}^1\text{H}^3$
7	${}^{17}\text{Cl}^{35} (n, ?) {}^{16}\text{S}^{35}$
8	$? (p, \alpha) {}^2\text{He}^4$
9	$? (\alpha, n) {}^{15}\text{P}^{30}$
10	${}^1\text{H}^3 (d, n) ?$
11	${}^{26}\text{Fe}^{56} (d, ?) {}^{25}\text{Mn}^{54}$
12	${}^3\text{Li}^7 (? , n) 2 {}^2\text{He}^4$
13	${}^5\text{B}^{10} (\alpha, n) ?$
14	${}^1\text{H}^3 (\text{H}^3, 2n) ?$
15	${}^{42}\text{Mo}^{95} (? , n) {}^{43}\text{Tc}^{96}$
16	$? (d, \alpha) {}^2\text{He}^4$
17	${}^{12}\text{Mg}^{24} (d, \alpha) ?$
18	${}^2\text{He}^3 (? , p) {}^2\text{He}^4$
19	$? (p, n) {}^{50}\text{Sn}^{113}$
20	${}^{29}\text{Cu}^{65} (d, 2n) ?$
21	${}^3\text{Li}^7 (p, ?) {}^2\text{He}^4$
22	${}^2\text{He}^3 (? , 2p) {}^2\text{He}^4$
23	${}^{26}\text{Fe}^{54} (n, p) ?$
24	${}^{16}\text{S}^{32} (? , p) {}^{15}\text{P}^{32}$
25	${}^3\text{Li}^6 (p, ?) {}^2\text{He}^3$
26	${}^3\text{Li}^6 (n, \alpha) ?$
27	$? (p, \alpha) {}^{11}\text{Na}^{22}$
28	${}^7\text{N}^{14} (n, p) ?$

24.10 - masala. Yog'och (1-4 topshiriqlar) yoki yog'och to'qimasidan (15-28 topshiriqlar) bo'lgan arxeologik topilmalar yoshini aniqlashda namunalar aktivligi C^{14} izotop bo'yicha zamonaviy natural to'qimalar aktivligining $k\%$ ni tashkil etadi. C^{14} izotopning yarim emirilish davri 5730 yilga teng.

Qadimgi yog'ochdan namuna				Qadimgi matodan namuna			
Topshiriq raqami	$\beta, \%$	Topshiriq raqami	$\beta, \%$	Topshiriq raqami	$\beta, \%$	Topshiriq raqami	$\beta, \%$
1	80	8	1	15	98	22	84
2	60	9	0,8	16	96	23	82
3	40	10	0,6	17	94	24	80
4	20	11	0,4	18	92	25	78
5	10	12	0,52	19	90	26	76
6	5	13	0,05	20	88	27	74
7	2	14	0,01	21	86	28	72

Masalalar yechishga ko'rsatmalar

1.1. A jism h_A balandlikka tekis sekunlanuvchan harakat bilan ko'tarilmoqda, B jism tekis tezlanuvchan harakat bilan yiqilayotganda h_B masofani o'tadi. t_1 vaqt momentida jismlar orasidagi masofa h ga teng. Uchta balandliklar yig'indisi H ga teng.

1.2. Koordinatalardan vaqt bo'yicha xosila olib ularni tenglashtirib va hosil bo'lgan tenglamadan vaqtni topish kerak. Nuqtalarning tezlanishini aniqlash uchun koordinatalardan vaqt bo'yicha ikkinchi xosilani olish kerak.

1.3. Berilgan radius-vektorning o'zgarish qonunidan $x = f(t)$ va $y = f(t)$ ifodalang. Birgalikda bu tenglamalarni echib, t ni qisqartiring va $y = f(t)$ ko'rinishdagi traektoriya tenglamasiga ege bo'ling.

1.4. Berilgan radius-vektorlarininh o'zgarish qonunlaridan tezlanish vektorlari yoki X o'qi bo'ylab, yoki Y o'qi bo'ylab yo'nalganligi kelib chiqadi. Har bir topshiriq tezlik vektorlari orasidagi burchakni va koordinata o'qlaridan birini aniqlashga yo'naltirilgan.

1.5. Agar tezlanish o'zgarishi qonuni berilgan bo'lsa, u holda tezlik 0 dan t_1 gacha vaqt intervalida tezlanishdan olingan integralga teng, bosib o'tilgan yo'l esa o'sha intervalda (1.5) tezlikdan olingan integralga teng bo'ladi.

1.6. (1.10) ifodadan foydalaning.

1.7. Koptok harakatini gorizonta va vertical bo'yicha bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda ko'rib chiqing. Havo qarshiligi hisobga olinmaganligi uchun, koptok harakati gorizonta bo'yicha tekis harakat, vertical bo'yicha tekis tezlanuvchan bo'ladi. Ikkita tashkil etuvchilari uchun tezlik va bosib o'tilgan masofa tenglamalari yozilsin va birgalikda echilsin.

1.8. Tangensial tezlanish o'zgarmasligi hisobga olinsin, shuning uchun vaqt bo'yicha tezlikdan olingan hosila tezlikni vaqtga nisbatiga teng deb hisoblansin.

1.9. To'la tezlanish moduli uchun ikkita ifodadan foydalanish tavsiya etiladi: (1.4) koordinatalar o'qiga proeksiyalari orqali va (1.9) tangensial va normal tashkil etuvchilari orqali.

1.10. 1.7 masalaning echimi uchun ko'rsatmadan foydalanish tavsiya etiladi.

2.1. Nyutonning ikkinchi qonunidan (2.1) foydalanish tavsiya etiladi.

2.2. Tezlikdan vaqt bo'yicha (1.3) hosila olish kerak. massaga ko'paytirish, olingan ifodalarni tenglashtirish va bu tenglamalardan vaqtni toppish tavsiya etiladi.

2.3. Aerostat pastga tushayotganda, havoning qarshilik kuchi ko'tarish kuchi tarafga yo'nalgan, ko'tarilayotganda esa qarama-qarshi yo'nalgan.

2.4. Tekis sekunlanuvchan harakatda yo'l va tezlik tenglamalarini birga echish va tormozlash kuchi uchun (Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan) tezlanishni tomozlash boshlangandagi avtomobil tezligi orqali ifodalash.

2.5. Liftning yuqoriga harakatida tezlanish taranglik kuchi yo'nalishiga o'xshash tarafga yo'nalgan, pastga tushayotganda og'irlik kuchi tarafga yo'nalgan.

2.6. Tizimning har bir jisimi uchun Nyutonning ikkinchi qonunini

(2.1)
 $m\vec{a} = F_2 + \dots + F_n$ ko'rinishda yozish, jism harakati yo'nalishiga har bir tenglamalarni proeksiyalash va tenglamalar tizimini echish.

2.7. Impulsning saqlanish qonunidan (2.8) foydalanish, bu holda ajralib chiqqan jismning birinchi qismi massasi βm , ikkinchi qisminiki $(1 - \beta)m$ ga tenligi hisobga olinsin.

2.8. $s = s_1 + s_2$ tenglamada quyidagilar inobatga olinsin, s_1 - konki uchayotganning tekis sekunlanuvchan harakatida to'xtash joyigacha bosib o'tgan masofasi; s_2 - tosh otilgan joydan tushgan joygacha bo'lgan masofa. s_2 ni aniqlash uchun 1.7 masala ko'rsatmasidan foydalaning.

2.9. Vektor ko'rinishdagi impulsning saqlanish qonuni tenglamasini (2.8) yozing, uni platforma harakati yo'nalishiga mos ravishda o'qqa proeksiyalashtiring.

2.10. Rasm chizing, undan $\Delta\vec{v}$ ni toping, $F\Delta t = m\Delta v$ ni inobatga oling.

3.1. Ko'chish va tezlik yo'nalishini kuch proeksiyasiga ko'paytmasidan t_1 dan t_2 gacha integral olishda o'zgaruvchan kuch bajargan ish ifodasidan foydalaning. Oniy quvvat ishdan vaqt bo'yicha hosilaga (3.2) tengligini inobatga oling.

3.2. Konservativ kuchning ishi traektoriyaning shakliga bog'liq emas, shuning uchun siz (3.1) ifodadan foydalanib, o'zgaruvchan kuchni harakat yo'nalishiga qarab proektsiyaning x_1 dan x_2 oralig'ida integrallab aniqlashingiz mumkin.

3.3. (3,5) kinetik energiyani o'zgarishi to'g'risidagi teoremdan foydalaning.

3.4. Vertikal ravishda yuqoriga qarab otilgan jism tekis sekinlanuvchan harakatlanishini hisobga oling.

3.5. Potentsial energiyaning o'zgarishi zarrachaga ta'sir qiluvchi konservativ kuchning ishiga teng (3.6). Konservativ kuch maydonida zarrachaga ta'sir etuvchi kuch "-" belgisi bilan potentsial energiya gradientiga teng (3.7).

3.6. Gravitasion maydonning potentsiali - bu tortishish maydonidagi moddiy nuqtaning potentsial energiyasining uning massasiga nisbatiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi. Gravitasion maydon kuchlanganligi deb, tortishish maydonida harakat qiluvchi moddiy nuqtaga ta'sir qilayotgan kuchning uning massasiga nisbatiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi. Gravitasion maydonning kuchlanganligi "-" ishora belgisi bilan potentsialning gradientiga tengdir.

3.7. Yopiq tizimda jismlarning noelastik to'qnashishida impulsning saqlanish qonuni bajariladi, ammo to'liq mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi. -

3.8. Mutlaq elastik to'qnashuvda, Yopiq tizimlarda jismlarning impulsning saqlanish qonuni ham, to'liq mexanik energiyaning saqlanish qonuni ham bajariladi.

3.9. O'qning kinetik energiyasi qisman mayatnik - o'q tizimining kinetik energiyasiga, qolgan qismi esa ushbu tizimning ichki energiyasiga aylanadi.

3.10. Tizimning to'liq mexanik energiyasining o'zgarishi konservativ bo'lmagan kuchlarning ishiga teng ekanligini hisobga oling (3.8). Mexanikada faqat ishqalanish kuchi (muhitning qarshilik kuchi) konservativ emas.

4.1. Agar burchak tezlanishining o'zgaruvchanlik qonuni berilgan bo'lsa, u holda burchak tezligi 0 dan t_1 gacha bo'lgan burchak tezlanishining integraliga va burchak siljishi shu vaqt - oralig'ida burchak tezligining integraliga tengdir.

4.2. $f = 2\pi n$ va $\omega = 2\pi\nu$ ekanligini hisobga olinsin

4.3. Burchak tezligi (4.3) bilan chiziqli tezli ifodalardan foydalaning, burchak tezlashishi bilan tezlashishni va burchak tezligi bilan normal bog'lang.

4.4. Tizimning inersiya momenti tizimni tashkil etuvchi jismlarning inersiya momentlarining yig'indisiga teng. Ayrim jismlarning inersiya momentini aniqlash uchun Shteyner teoremasini qo'llash kerak (4.19).

4.5. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanadigan jism uchun dinamikaning asosiy qonunini qo'llang (4.20). Burchak tezlashishi burchakli ko'chishdan vaqt bo'yicha ikkinchi tartibli hosilaga teng ekanligini hisobga oling (4.2).

4.6. Nyutonning ikkinchi qonunini (2.1) ilgarilanma harakatlanuvchi tizimning har bir jismi uchun $ma = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ shaklida, qo'zg'almas o'q atrofida aylanadigan har bir jism uchun (4.20) aylanma harakati dinamikasining asosiy qonunini yozing. Ilgarilanma va aylanma harakatdagi kinematik kattaliklarning o'zaro bog'liqligini hisobga olgan holda o'zgartirib (4.4) tenglama tizimini eching.

4.7. $\varphi_2 - \varphi_1$ burchakka burilgan, aylanma harakat qilayotgan jismga ta'sir qiladigan kuch momenti bajargan ish ifodasidan (4.23) foydalaning. Burchak burilishdan vaqt bo'yicha hosilani olish, $d\varphi$ ni ifodalash va integral chegaralarini mos ravishda o'zgartirish orqali o'zgaruvchilarni o'zgartiring. Qattiq jismning aylanma harakatiga kinetik energiyaning o'zgarishi haqidagi teoremani qo'llash orqali masalani boshqa yo'l bilan echish mumkin.

4.8. Tepalikka inersiya bilan dumalayotgan jismning (4.22) kinetik energiyasi to'liq potentsial energiyaga aylangan paytda to'xtashini hisobga oling.

4.9. (4.8.) ifodadan, qattiq jismning o'qqa nisbatan impuls momenti moduli radius vektorning impulsiga ($\sin 90^\circ = 1$) ko'paytmasiga tengligi kelib chiqadi. Boshqa tomondan, u inersiya momenti va burchak tezligining ko'paytmasiga teng (4.10).

4.10. Tizimning impuls momenti, tizimga kiritilgan jismlarning impuls momentlarining yig'indisiga teng ekanligini hisobga olib, impuls momentining saqlanish qonunini qo'llang.

5.1. Chizma chizing. Inersiya kuchi (5.1) modul bo'yicha teng ta'sir etuvchi og'irlik kuchi va ipning tarangligiga teng ekanligini hisobga oling.

5.2. Inersiyaning markazg intilma kuchi (5.2) modul bo'yicha markazdan qochma kuchiga teng.

5.3. Shuni yodda tutingki, joylashuv kengligi Yerning markazidan Yerning joylashish nuqtalari va xuddi shu meridianda joylashgan ekvator orasidagi chiziq bilan aniqlanadi.

5.4. Hisoblangan tezlik belgilangan yo'nalishda bo'lishi uchun ikkita tezlik vektorini qo'shing.

5.5. Maxsus nisbiylik nazariyasida tezlikni qo'shish uchun (5.7) ifodadan foydalaning.

5.6. Lorents o'zgarishlarini (5.8) qo'llab, jismning chiziqli o'lchami harakat yo'nalishi bo'yicha kamayishini kuzating.

5.7. Harakatlanuvchi sanoq tizimida ikkita hodisa orasidagi vaqt oralig'ini va kuzatuvchi sanoq tizimida, yani tinch turgan tizimda, xuddi shu hodisalar orasidagi vaqt oralig'ini bog'lovchi (5.9) ifodadan foydalaning.

5.8. Ikkita hodisa orasidagi vaqt oralig'ini ifodalovchi (5.10) ifodadan foydalaning

$$\Delta s = \sqrt{c^2 t^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2}$$

5.9. Zarrachaning relyativistik impulse uchun (5.11) ifodani qo'llang.

5.10. Zarrachaning relyativistik massa uchun (5.12) ifodani qo'llang.

6.1. Ideal gaz holatining (6.2) tenglamasidan foydalaning (Mendeleev - klaypeyron).

6.2. Gaz aralashmasining bosimi har bir alohida gazlarning bosimi yig'indisiga teng ekanligini hisobga oling (6.3), gaz aralashmasining egallagan hajmi umumiydir.

6.3. Birinchi gazning massasi $m_1 = (1 - g / 100) m$, ikkinchi gazning massasi esa $m_2 = (g / 100) m$ ekanligini inobatga oling.

6.4. Gazlarning molekulyar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasidan foydalaning (6.1).

6.5. Bir atomli, ikki atomli va uch atomli gaz molekularining erkinlik darajalari soni har xil, ammo barcha holatlarda molekularlarning ilgarilanma harakat erkinlik darajasi bir xil ekanligini unutmang.

6.6. Gazlar aralashmasining ichki energiyasi har bir alohida gazlarning ichki energiyalari yig'indisiga teng (6.5).

6.7. Agar gaz yopiq idishda bo'lsa, u holda uning hajmi boshqa parametrlarning har qanday o'zgarishlari uchun o'zgarmas bo'lib qoladi.

6.8. O'zgarimas hajmdagi (6.10) va o'zgarimas bosimdagi (6.11) gazlarning molyar issiqlik sig'imi har xil ekanligini hisobga oling.

6.9. Gazning molyar massasini hisoblab, qaysi gaz ekanligini aniqlashingiz mumkin.

6.10. Gazlar aralashmasini ΔT ga qizdirish uchun talab qilinadigan issiqlik miqdori aralashmaning har bir gazini alohida ΔT ga isitish uchun talab qilinadigan issiqlik miqdorlariga teng.

7.1. 6.7. masalani echish uchun ko'rsatmalardan foydalaning.

7.2. Izobarik jarayonning tenglamasidan gazning oxirgi haroratini boshlang'ich haroratga nisbatini toping va bu ifodani gazga beriladigan issiqlik miqdorini, uning kengayish paytida bajargan ishini va ichki energiyasini o'zgarishini aniqlash uchun ifodalarga qo'ying.

7.3. Izotermik jarayon tenglamasidan gazning boshlang'ich hajmining keyingi hajmga nisbatini toping va ushbu qiymatni gazning kengayishida bajarilgan ish ifodasiga qo'ying.

7.4. Gazning ichki energiyasi (6.5) uning holat funksiyasi ekanligini hisobga olib, termodinamikaning birinchi qonunini (7.1) qo'llang.

7.5. Gazning boshlang'ich va oxirgi holatlari uchun (6.2) tenglamadan foydalangan holda, birinchi tenglamani ikkinchisiga bo'lib Puasson tenglamasidan (7.3), adiyabatik jarayonda T va V parametrlar nisbatini keltirib chiqarish mumkin:

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1}$$

7.6. Oldingi masala uchun ko'rsatmalardan foydalaning. Berilgan gaz uchun adiabatik ko'rsatkichi darajasini niqlang. Gaz kengayganda, ish musbat, siqilganda manfiy bo'lishini hisobga oling.

7.7. Molekulalarning o'rtacha kvadratik tezligi (7.4) va izotermik kengayishda gazning bajargan ishi ifodalarida butun guruh bir xil kattaliklar mavjudligiga e'tibor bering.

7.8. Ideal gaz holati tenglamasidan (6.2) uning zichligini ifodalang, undan - o'rtacha kvadratik (7.4), o'rtacha arifmetik (7.5) va ehtimoligi kata bo'lgan tezlik (7.6) ifodalariga kiritilgan butun guruh kattaliklarni aniqlang.

7.9. Gaz molekulalarining effektiv diametrining qiymati 4 ilovadan oling.

7.10. Barometrik ifodadan foydalaning (7.10).

8.1. Tsiklni tashkil etuvchi barcha jarayonlarning tenglamalarini yozing va ushbu tenglamalar tizimini echib, Karno tsiklining FIK aniqlash uchun zarur bo'lgan maksimal va minimal tsikl haroratini aniqlang (8.3). Berilgan tsiklning FIKni aniqlash uchun bajarilgan ishni, har bir jarayondagi ishlarning yig'indisi sifatida hisoblang.

8.2. Har qanday tsiklda (8.2) va Karno tsiklida (8.3) ishlaydigan issiqlik mashinalarining FIKni hisoblash ifodalaridan foydalaning.

8.3. Bir tsikl uchun sarflangan ishning qiymati va qizigan jismga berilgan issiqlik miqdori moduli, masala sharti bo'yicha manfiy ekanligini hisobga oling.

8.4. Termodinamikaning birinchi qonuniga binoan berilgan jarayon uchun dQ ning ifodasini yozing va olingan ifodani entropiyaning o'zgarishi ifodasiga qo'yng (8.6).

8.5. $\Delta S = \int_{(1)}^{(2)} \frac{dQ}{T}$, $\int_{(1)}^{(2)} dQ = m\lambda$ (T_{erish} harorati doimiy va integraldan tashqariga chiqarish mumkin) keyin moddaning erishi paytida entropiyaning o'zgarishi $\Delta S = m\lambda / T_{erish}$, bu erda m - moddaning massasi; λ , T_{erish} - mos ravishda o'ziga xos issiqlik va erish nuqtasi. Xuddi shunday, bug'lanish paytida entropiyaning o'zgarishi $\Delta S = \frac{q_{par}}{T_{par}}$ bilan ifodalanadi, bu erda q_{par} , T_{par} bug'lanishning mos ravishda issiqligi va haroratidir. Ushbu miqdorlarning qiymatlari 6 va 8 ilovalardan olingan.

8.6. S entropiyni Ω holatning termodinamik ehtimoli bilan bog'lovchi Bolsmann ifodasidan (8.10) foydalaning.

8.7. Van der Waals (8.11) tenglamasidan qo'shimcha bosimning ulushini va molekularning harakati uchun idish hajmining mumkin bo'lmagan qismini aniqlang. Van der Waals doimiylarini 5 ilovadan oling.

8.8. Mendeleev - klapeyron (6.2) tenglamasidan T_{ideal} , T_{real} - Van der Waals tenglamasidan (8.11) toping.

8.9. Gazning bo'shliqqa kengayishida, tashqi kuchlar ustidan ish bajarilmasligini hisobga oling. Bu holda real gazning ichki energiyasining kamayishi (8.12) molekularning o'zaro ta'sir kuchlariga qarshi bajarilgan ishga teng.

8.10. Van-der-Waals gazining kritik parametrlari uchun (8.13) ifodalaridan foydalaning.

9.1. Chizmani chizing, q_1 ga ta'sir qiladigan barcha kuch vektorlarini va ularning teng ta'sir etuvchisini ko'rsating. Kulon qonuniga binoan kuchlarning kattaligini toping (9.1).

9.2. Muvozanat holatidan chqarilgan jism (zaryadlangan zarracha) yana o'z holatiga qaytgan holat barqaror muvozanat bo'ladi.

9.3. Zaryadlangan halqalar, yarim halqalar va iplar uchun biror elementni tanlab, uni nuqtaviy zaryad deb hisoblab, ushbu element tomonidan hosil bo'lgan maydon kuchlanganligini topish kerak (9.5); bu erda zaryadlangan jismning butun uzunligi bo'ylab integrallash zarur bo'lgan F - Kulon kuchi (9.1). Keng halqani, diskni va yarim sharni hayolan kichik halqalarga ajrating. Tor zaryadlangan halqa tomonidan hosil qilingan maydon kuchlanganligini ma'lum hisoblang. Tor halqa tomonidan hosil bo'lgan maydon kuchlanganligini yozib oling va keng halqaning, diskning yoki yarim sharning butun yuzasiga bo'yicha integrallang.

9.4. Zaryadlangan zarracha, atom yadrosiga yaqinlashganda, uning kinetik energiyasi zarrachaning yadro bilan o'zaro ta'sirining potentsial energiyasiga aylanganida to'xtaydi.

9.5. Zaryadlangan zarrachani harakatga keltiradigan maydon kuchlarining bajargan ishi uning kinetik energiyasini oshirish uchun sarf bo'ladi. Ikkata cheksiz uzun plastinalar tomonidan hosil qilingan elektrostatik maydoni birtekis ekanligi hisobga olinsin.

9.6. Elektrostatik maydon kuchlanganligi "-" ishorali potentsial gradiyantiga teng (9.19).

9.7. Turli jismlar tomonidan hosil qilingan maydon kuchlanganliklari har xil bo'lishini hisobga olgan holda elektrostatik maydon kuchlanganlik vektori oqimi (9.7) ifodadan foydalaning (ifodalar (9.9) - (9.14)).

9.8. 9.6 masalani echish uchun ko'rsatmadan foydalaning. Turli xil jismlar tomonidan hosil qilingan maydon kuchlanganliklari har xil ekanligini hisobga oling ((9.9) - (9.14) ifodalar).

9.9. Elektrostatik maydon konservativdir, shuning uchun elektr zaryadini maydon bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish (9.20), potentsial energiyaning "-" (3.6) ishorasi bilan o'zgarishiga tengdir. Potentsiallar farqni maydon kuchlanganligi va uning ma'lum bir nuqtadagi potentsiali o'rtasidagi bog'liqlik ifodasidan topish mumkin (9.19).

9.10. Chizmani chizing, sharchaga ta'sir qiladigan barcha kuchlarni ko'rsating. Tortishish kuchi va ipning tarangligi

zaryadlangan sharga ta'sir qiladigan elektrostatik maydon kuchi bilan muvozanatlanganida shar muvozanat holatida bo'lishini hisobga oling. Ushbu kuchning kattaligini maydon kuchlanganligi (9.5) va turli jismlar tomonidan hosil qilingan maydon kuchlanganliklari (9.9) - (9.14) ifodalari bilan bog'liqligini bilib, aniqlash mumkin.

10.1. Qutibsiz molekulaning (10.2) qutblanuvchanligi, moddaning dielektrik qabulqiluvchanlik (10.4) va dielektriklarning dielektrik singdiruvchanligi va dielektrik qabulqiluvchanligi o'rtasidagi bog'lanish ifodalaridan (10.6) foydalaning. Bosimni aniqlash uchun gazlarning molekulyar kinetik nazariyasining (6.1) asosiy tenglamasidan foydalaning.

10.2. Moddaning dielektrik singdiruvchanligini (10.5) ifoda, elektr siljishi (10.9) yoki (10.11) ifodalar bilan, dielektriklarning dielektrik singdiruvchanligi va dielektrik qabulqiluvchanligi o'rtasidagi bog'lanishni (10.6) ifodadan aniqlanadi. Dielektrikning chegaralarida bog'langan zaryadlarning sirt zichligi σ dielektrikning qutblanishi P ga teng ekanligini, uni (10.7) ifoda yordamida aniqlash mumkin.

10.3. Elektr siljishini aniqlash uchun dielektrikda elektrostatik maydon uchun Ostrogradskiy - Gauss teoremasini (10.10) qo'llang, so'ngra (10.11) ifodadan foydalanib, har bir dielektrikning dielektrik singdiruvchanligini aniqlang.

10.4. Ikkita dielektrik chegarasida elektr siljishini va maydon kuchlanganlik vektorinig normal va tangensial tashkil etuvchilari uchun o'zaro bog'liqlik ifodalarini (10.12) ishlatting.

10.5. Oynali tasvirlar usulidan foydalaning, bu fizikaviy jismning yerga o'rnatilgan cheksiz metall tekisligi bilan o'zaro ta'siri kuchi sirtning oynaga o'xshashligini faraz qilib, uning tasviri joylashgan joyda bir xil jism bilan o'zaro ta'sir kuchiga tengligini anglatadi.

10.6. Zaryadlangan sirt tomonidan hosil qilingan maydon kuchlanganligini bilgan holda sharning potentsialini (9.19) ifoda bilan, yakkalangan sharsimon o'tkazgichning sig'imini - (10.14) yoki (10.15) ifodalar bilan aniqlash mumkin. O'tkazgichning sirtiy zaryad zichligi uning yuzasiga yaqin elektr silg'ishiga teng (10.17). Vakuumba joylashgan bir tekis zaryadlangan sfera tomonidan, sfera tashqarisida hosil qilgan maydonning kuchlanganligi (9.11) ifoda bilan, kondensator elektr maydonining energiyasi (10.21) ifodasi bilan aniqlanadi.

10.7. Zaryadlangan metall sharlar o'tkazgich orqali ulanganda, ularning potentsiallari bir xil bo'ladi, umumiy zaryad o'zgarmaydi ammo zaryadning bir qismi bir shardan ikkinchisiga o'tishi mumkin.

10.8. Kondensator razryadlanishi paytida ajraladigan issiqlik miqdori (10.21) ifoda bilan aniqlanadigan kondensator elektr maydonining energiyasiga teng. Yassi kondensatorning sig'imi (10.20) ifoda bilan aniqlanadi.

10.9. Bajarilgan ishni hisoblash uchun (3.6) ifodadan, kondensatorning elektr maydon energiyasini (10.21) ifodadan, yassi kondensatorning sig'imini - (10.19) yoki (10.20) ifodalardan foydalanish mumkin. Kondensator qoplamalaridagi zaryad o'zgarmas bo'lib qolishini hisobga oling.

10.10. (10.23) va (10.24) ifodalar yordamida bosqichma-bosqich faqat parallel yoki faqat ketma-ket ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imini hisoblang,

11.1. Zaryadlangan zarrachaning harakatini gorizontal va vertical bo'yicha bir-biriga bog'liq bo'lmagan, ravishda gorizontal bo'ylab harakat bir tekis, vertikal bo'ylab - bir tekizlanuvchan deb ko'rib chiqing. Zarrachga ta'sir etuvchi elektrostatik maydonning kuchi tortishish kuchidan 10 yoki undan kattaroq bo'lganligi sababli ikkinchisini e'tiboga olmaslik mumkin.

11.2. 11.1 masalani echish uchun ko'rsatmalaridan foydalaning

11.3. t_1 dan t_2 vaqt ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan o'tgan zaryadni, (11.1) tok kuchi ifodasini integrallash orqali aniqlang.

11.4. Ampermetrning o'lchov chegarasini kengaytirish uchun unga parallel ravishda qarshiligi kichik bo'lgan qarshilikni ulash kerak. Voltmetrning o'lchov chegarasini kengaytirish uchun unga qarshiligi katta bo'lgan qarshilik ketma-ket ulanadi. Qurilmaning aniqligi maksimal ruxsat etilgan tok kuchi yoki kuchlanishlarni qurilma shkalasi bo'linmalari soniga nisbatiga tengdir.

11.5. Kuchlanish bir xil bo'lgan va kuchlanishlari jamlanadigan, shuningdek, toklar yig'indisi manbadan keladigan tokka teng bo'lgan qismlarni aniqlang. Om qonunini (11.8) - (11.10) qo'llang. Elektr zanjirlariga Kirxof qonunlarini qo'llash mumkin.

11.6. Elektr isitgichning FIK suvni qaynatishga sarf qilinadigan issiqlik miqdorini foizlarda ko'rsatilgan elektr energiyasiga nisbatiga tengdir.

11.7. Zanjirdagi elektr toki qisqa tutashuv paytida maksimal, kuchlanish esa zanjirdagi tashqi qarshilik manbaning ichki qarshiligiga teng bo'lganda maksimal qiymatga erishadi.

11.8. Manbaning qarshiligini e'tiborga oimagan hold, metallarning qarshiligini haroratga bog'liqligi va berk zanjir uchun Om qonuni ifodasidan (11.14) foydalaning.

11.9. Ikkita ishorali zaryad tashuvchilarning tok zichligi $j = qn(u_+ + u_-)E$ ga tenglini hisobga olgan holda, tok zichlikning qiymatini aniqlash uchun (11.2) ifodadan foydalaning.

11.10. 11.9 masalani echish ko'rsatmalairdan foydalaning.

12.1. (12.3) ifodadan foydalanib, magnit maydonda tokli o'tkazgichga ta'sir qilayotgan kuch momentining moduli uchun ifodani yozing.

12.2. Chizma chizing. Har bir cheksiz uzun to'g'ri chiziqli o'tkazgichlar hosil qilgan magnit maydonning induksiya vektorlarini qo'shing va (12.6) ifodani hisobga olgan holda hosil bo'lgan induksiya vektorining modulini toping.

12.3. Ma'lum bir burchakka egilgan o'tkazgichni, bir tomoni chegaralangan ikkita o'tkazgich deb hisoblab (12.5) ifodadan foydalaning.

12.4. 12.2 masala ko'rsatmalaridan foydalaning, ammo (12.7) ifodadan foydalaning.

12.5. 12.2 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning, ammo (12.8) ifodani ishlatib.

12.6. Berilgan konturni fikran elementlari tekis va aylanma tokli o'tkazgichlardan iborat bo'lgan o'tkazgichlarga ajrating va maydon superpozitsiyasi printsipini qo'llang.

12.7. Vazifa raqamiga mos keladigan kontur chizmasini chizing. Vakuumdagi magnit maydon uchun to'liq tok qonunini (12.9) (induksiya vektorining sirkulatsiyasi haqidagi teorema) qo'llang.

12.8. Uzun solenoid ichidagi magnit maydon induksiyasi uchun (12.10) ifodadan foydalaning. Shuni e'tiborga olingki, o'ramlar qatlamlarining soni zarur bo'lgan o'ram zichligining haqiqiy mumkin bo'lganiga nisbati bilan aniqlanadi, ikkinchisi sim diametriga teskari proportsionaldir.

2.9. 12.8 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalanib, silindr yuzasi va qobiqning sirtidan o'tayotgan toklarni tok zichligi ifodasi orqali (11.3) ifodalang.

12.10. Lentani shunday ensiz halqalarga ajratib chiqingki, ularning har birini aylana tokli o'tkazgich deb hisoblash mumkin bo'lsin va lentaning butun uzunligi bo'ylab integrallang (5-8, 17-20 - vazifalar). Qolgan vazifalarni echishda, lentani shunday ensiz tasmalarga ajratigki, ularni har biri to'g'ri chiziqli tokli o'tkazgich deb hisoblanishi mumkin bo'lsin va lentaning butun kengligi bo'ylab integrallang.

13.1. Bir jinsli magnit maydonidagi zaryadlangan zarrachaning traektoriyasi radiusi (13.4) va aylanish davri (13.5) ifodalaridan foydalaning. Zarrachning impuls momenti modulini (4.8) ifodadan, moddiy nuqtaing tangensial va normal tezlanishlarini - mos ravishda (1.6) va (1.7) ifodalar orqali aniqlanadi. Agar zarracha elektrostatik maydonda tezlansa bu maydon kuchlarining bajargan ishi uning kinetik energiyasini oshirish uchun sarflanadi deb hisoblang.

13.2. 13.1. masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning. (13.6) ifodadan foydalanib, magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadlangan zarrachnig vint chizig'i qadamini aniqlang.

13.3. Bu holda Lorentz kuchi (13.3) markazga intilma kuch ekanligini hisobga oling.

Использовать формулу (13.7) для напряжения, возникающего в результате эффекта Холла между параллельными гранями пластины.

13.4. Plastaning parallel qirralari orasidagi Xoll effekti ta'sirida kelib chiqadigan kuchlanishni aniqlashda (13.7) ifodadan foydalaning.

13.5. 13.4 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning, n-turdagi yarimo'tkazgichda asosiy zaryad tashuvchisi elektronlar ekanligini hisobga oling. Tok zichligini (11.11) ifoda bilan aniqlash mumkin, bu erda yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi (o'tkazuvchanligi) koeffitsienti $\sigma = enu = 1 / \rho$ ga teng.

13.6. Amper kuchining modulini (13.2) ifodadan toping, tok kuchi o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan o'tgan zaryaddan vaqt bo'yucha olingan hosilasiga (11.1) tengligini hisobga oling.

13.7. Magnit maydonida tokli konturga ta'sir qilayotgan kuch momentining modulini (12.3) ifoda orqali ifodalang. O'tkazgich uzunligi va kontur shakli berilganda o'tkazgichning yuzasi topilsin.

13.8. Chizmani chizing. Chizmadan, dt vaqt ichida diskning radiusi bilan kesishgan dS elementar yuzasini aniqlang. Magnit maydoni induksiya vektorining oqimi uchun $\Phi_s = \int B_n dS$

ifodadan foydalaning, dS uchun olingan ifodani qo'ying, va 0 dan t gacha bo'lgan vaqt oraliqda integrallang.

13.9. O'zgaruvchan tok kuchinig bajargan ishi uchun (3.1) ifodadan foydalaning, unga parallel cheksiz uzun o'tkazgichlar uchun Amper kuchi ifodasini (13.1) qo'ying.

13.10. (13.10) ifodadan magnit maydonida tokli kontur ko'chirishda bajarilgan elementar ish ifodasini keltirib chiqazing va uni φ_1 dan φ_2 oralig'iga integrallang.

14.1. Magnitlanish uchun (14.1), magnit singdiruvchanlik ucun (14.2), moddadagi magnit maydonning kuchlanganligi va uning induksiyasi orasidagi bog'lanish uchun (14.6) va moddaning magnit singdiruvchanligi va uning magnit qabul qiluvchanligi o'rasidagi bog'liqlik (14.7) ifodalaridan foydalaning

14.2. Moddadagi magnit maydon uchun to'liq tok qonunini (14.5) va magnit maydon kuchlanganligi va uning induksiyasi o'rtasidagi bog'liqlik ifodasini (14.6) qo'llang. Tor tirqish uchun tirqishdagi magnit induksiyasi bo'linish chegarasiga perpendikulyar deb hisoblash mumkin.

14.3. Ikkita magnetiklar bo'linish chegarasida magnit maydon kuchlanganligi, induksiyaning normal va tangensial tashkil etuvchilar orasidagi nisbatlarni (14.8) va magnit induksiya chiziqlarining sinish qonunini (14.9) qo'llang.

14.4. Elektromagnit induksiya qonunini (14.10) qo'llang. dS ni aniqlash uchun 13.8 masladagi ko'rsatmalardan foydalaning. Buriilish burchagidan vaqt bo'yicha olingan hosila burchak tezligi moduli (4.1) teng ekanligini hisobga oling.

14.5. Konturni kesib o'tuvchi magnit maydon induksiyasi oqimi aylanish o'qining magnit maydoni kuch chiziqlari yo'nalishiga qiyalik burchagi α o'zgarish bo'lganda, kontur burchak holati α o'zgarishda o'zgarishini hisobga olib elektromagnit induksiya qonunini (14.10) qo'llang.

14.6. Oldingi masalaga o'xshash, konturni kesib o'tuvchi magnit maydon induksiyasi oqimi buriilish burchagi holatining $\phi = \omega t = 2\pi\nu t$ o'zgarishida o'zgaradi. Oqim tutilishi $\psi = N\Phi$ ga teng.

14.7. Magnit maydon energiyasining xajmiy zichligi bu birlik hajmning energiyasidir. Solenoid ichidagi magnit maydonning energiyasini (14.14) ifoda bilan aniqlash mumkin, bu erda $L = \mu_0\mu n^2 l S$ uzun solenoidning induktivligidir.

14.8. Zanjirni uzishdagi, tokning kamayish qonunidan (14.16) foydalaning.

14.9. Siljish tokening zichligini (14.18) ifoda orqali aniqlash mumkin, bu erda $D = \epsilon$ Agar kondensator plastinalaridagi zaryadlar o'zgarmay qolsa, u holda zaryadining sirt zichligi va elektr siljishi o'zgarmasdan qoladi. Agar plastinalar orasidagi potentsiallar farqi o'zgarmay qolsa, u holda

$$\sigma = \frac{q}{S} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S \Delta \Phi}{(d + vt)S}$$

14.10. Integral ko'rinishdagi Maksvellning uchinchi tenglamasidan (14.19) foydalaning, bunda tok zichligi (11.11) ifoda va elektr siljishi (10.11) ifoda bo'yicha aniqlanadi. Amplituda vektorlari yordamida o'tkazuvchanlik va siljish toklari zichliklari yig'indisini toping.

15.1. Amplituda va fazaning berilgan qiymatlarini q'yygan holda (15.2) tenglamalarning birinchisini yozing. (15.9) ifodadan tsiklik chastotani, tebranayotgan nuqtaning maksimal tezligini va tezlanishini - (15.3) va (15.4) ifodalar bo'yicha aniqlang.

15.2. x_1 siljish va v_1 tezliklar tenglamalarini kvadratga oshirib, ikkinchini ω^2 ga bo'lgandan keyin qo'shing. Shu kabi amallarni x_2 siljish va v_2 tezliklar tenglamalari bilan bajaring. Olingan tengliklarning chap tomonlarini tenglashtirib, oxirgi tenglamani eching.

15.3. (15.5) ifodadan olingan elastik kuch moduli va prujinali mayatnikning tebranish davri (15.10) uchun tenglamalarni birgalikda eching.

15.4. Inersiya momentini Shteyner teoremasi (4.19) orqali aniqlashdan so'ng fizik mayatnikning tebranish davri uchun (15.12) ifodadan foydalaning

15.5. Matematik va fizik mayatniklarning tebranish davri uchun mos ravishda (15.11) va (15.12) ifodalardan foydalaning.

15.6. Garmonik tebranadigan moddiy nuqtaning to'liq energiyasi uchun (15.8) ifodadan foydalaning. (15.5) ifodadan, tebranuvchi moddiy nuqtaning maksimal tezlanishida kuchning maksimal ekanligini hisobga olgan holda, elastik kuch modulini ifodalang.

15.7. Garmonik tebranuvchi moddiy nuqtaning potentsial energiyasi (15.6), kinetik (15.7) va to'liq (15.8) energiyalari uchun ifodalardan foydalaning.

15.8. Elektromagnit tebranish konturida siklik chastotasini induktivlik va sig'im bilan bog'lanish (15.16) ifodasidan foydalaning. klhastotas $\nu = c / \lambda$ ekanligini hisobga oling, bu erda c - vakuumdagi yorug'lik tezligi.

15.9. Kondensator plastinalaridagi zaryad garmonik qonunga (15.14) muvofiq o'zgaradi. (11.1) ifoda yordamida tebranish konturidagi tok kuchini aniqlang, (10.19) ifodadan kondensator qoplamalaridagi potentsiallar farqni, (10.21) ifodadan kondensatorning elektr maydon energiyasini hisoblang va (14.14) ifodadan solenoidning magnit maydon energiyasini hisoblang.

15.10. 15.9. masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning.

16.1. Natijaviy tebranish amplitudasini (16.1) ifodadan, boshlang'ich fazasini - (16.2) ifodadan aniqlang.

16.2. Tepki mavjudligida natijaviy tebranishlar amplitudasining o'zgarish qonuni (16.4) ifoda bilan tavsiflanadi. Tepkili tebranish davri $T_b = 2\pi / \Delta\omega$.

16.3. Bir vaqtning o'zida bir xil chastotadagi ikkita o'zaro perpendikulyar tebranishlarda qatnashadigan harakatlanuvchi nuqtaning traektorya tenglamasidan (16.5) foydalaning.

16.4. So'nishning logaritmik dekrementi ifodasidan (16.10), matematik mayatnikning tebranish davri ifodasidan (15.11), va relaksatsiya vaqti bilan so'nish koeffitsienti o'rtasidagi bog'liqlik (16.9) ifodasidan foydalaning

16.5. A_1 ni A_2 ga nisbatini natural logarifmini toping. So'nishning logaritmik derementini so'nish koeffitsienti va tebranish davri bilan bog'liqligi ifodasidan (16.11) foydalaning. Tebranuvchi tizimining aslligini ifodalovch (16.13) va (16.14) ifodalardan foydalaning.

16.6. So'nishning logaritmik derementini (16.10), elektr tebranish konturining aslligi (16.19) va tebranish konturining aslligini so'nishning logaritmik derementini bilan bog'liqligi (16.14) ifodalardan foydalaning.

16.7. Energiya tebranish amplitudasi kvadratiga mutanosib ekanligini hisobga olib, t va $t + \Delta t$ vaqtlarda amplituda orqali Δt gacha bo'lgan vaqt oralig'ida energiyaning nisbiy yo'qolishini ifoda eting. Tomson ifodasini (15.15) ideal tebranish konturida garmonik

elektromagnit tebranishlar davri uchun va (16.11) ifodasini soʻnishning logaritmik derementini soʻnish koeffitsienti va tebranish davri bilan bogʻliqlik ifodasidan foydalaning.

16.8. $\omega_0 = k/m$ ni hisobga olib, majburiy tebranishlar amplitudasi (16.16) ifodasidan foydalaning.

16.9. Rezonans amplitudasini quyidagi ifodadan aniqlash mumkin

$$A = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}$$

$\beta \ll \omega_0$ boʻlganidan, β ni ahamiyatga olmasa boʻladi. Prujinaning qattqlik koeffitsientini mayatnikning muvozanat holatidan olinadi.

16.10. $\beta \ll \omega_0$ da rezonans chastotasini $\omega_{res} = \omega_0$ deb hisoblash mumkin. Unda $q_{res} = \varepsilon_m / (\omega_{res}R)$, $I_{res} = \varepsilon_m / R$ va $U_{Cres} = \varepsilon_m / (\omega_{res}CR)$. Kontur aslligini (16.19) ifodadan va $Q = U_{Cres} / \varepsilon_m$ ifodadan aniqlash mumkin.

17.1. Toʻlqinning fazaviy tezligi $c = \lambda / T = \lambda v$, tebranadigan havo zarralarining tezligi $v = d\xi / dt$.

17.2. Toʻlqin fronti fazaviy tezlik bilan siljishini hisobga oling.

17.3. Tebranish fazasi (17.4) ifodadagi kosinus belgisi ostidagi qavslar ichidagi ifoda. Toʻlqin sonini (17.6) ifodadan aniqlang.

17.4. Turgʻun toʻlqin tenglamasidan (17.7) foydalaning.

17.5. 17.4 masalaga berilgan koʻrsatmalardan foydalaning. Toʻlqin, zichligi katta muhitdan aks etganda, toʻlqin uzunligining yarmi yoʻqolishini hisobga oling.

17.6. Bir jinsli va izotropik muhitlardagi elektromagnit toʻlqinning tezligi (17.11), elektromagnit toʻlqinning elektr va magnit maydonlarining kuchlanganliklari orasidagi bogʻlanishi ifodalaridan (17.12) foydalaning.

17.7. Toʻlqin paketining tenglamasidan (17.13), quyidagilarni hisobga olgan holda foydalaning $\omega_1 = \omega_0 - \Delta\omega$, $\omega_2 = \omega_0 + \Delta\omega$, $k_1 = k_0 - \Delta k$, $k_2 = k_0 + \Delta k$.

17.8. Toʻlqin dispersiaysi $D = dv / d\lambda$ boʻlganda, toʻlqinning guruhli va fazaviy tezliklari oʻrasidagi bogʻliqlik ifodasidan (17.14) foydalaning.

17.9. Umov – Poynting ifodasi (17.17) va elektromagnit to‘lqinning elektr va magnit maydonlari kuchlanganliklari o‘rtasidagi bog‘liqlik ifodasidan (17.12) foydalaning. Kosinus kvadrati argumentining o‘rtacha davrdagi qiymati $1/2$ ga teng ekanligini hisobga oling.

17.10. Umov - Poynting vektori bilan, yuzadan o‘tgan to‘lqin energiya oqimini bog‘lash ifodasini (17.18) qo‘llang. Umov - Poynting vektorining o‘rtacha qiymatidan foydalanib, $W = \Phi_w \tau$ va $\tau \ll T$ ekanligini hisobga oling. 17.9 masalaga berilgan ko‘rsatmalardan foydalaning

18.1. Interferentsiya tasmalar kengligi uchun (18.9) ifodadan foydalaning.

18.2. 18.1. masalaga berilgan ko‘rsatmalardan foydalaning.

18.3. Chizmani chizing. Yodda tuting, φ burchak - bu ikkinchi oyna birinchisining tekisligidan og‘ish burchagi. Bunday holda, ikkita mavhum manba‘lar orasidagi burchak 2φ ga teng va ular orasidagi masofa $d = 2r \sin\varphi$.

18.4. Bitta nur havoda d masofani o‘tganligi, boshqa nur shu masofani n sindirish ko‘rsatkichli plastinadan o‘tganligi sababli, nurlarning optic yo‘llar farqi o‘zgarishini esda tuting.

18.5. Kuzatish nuqtasida yorug‘lik jadalligining interferentsiya maximumi (18.7) va minimumi (18.8) kuzatish shartlari ifodalaridan foydalaning. formulalardan foydalaning. Optik zichligi katta muhitdan aks etganda to‘lqin uzunligining yarmi yo‘qotilishini hisobga oling.

18.6. 18.5 masalaga berilgan ko‘rsatmalardan foydalaning.

18.7. Chizmani chizing. Ikkita qo‘shni maximumlar hosil bo‘lishiga olib keladigan pona shaklidagi plastinkada nurlar yo‘lini chizing. Optik zichligi katta muhitdan aks etganda to‘lqin uzunligining yarmi yo‘qotilishini hisobga olgan holda ushbu maximumlar kuzatish shartlarini yozing va hosil bo‘lgan tenglamalar tizimini yeching.

18.8. 18.7 - masalaga berilgan ko‘rsatmalardan foydalaning, bu holatda interferentsiya havo ponasida vujudga kelishini inobatga oling.

18.9. Chizmani chizing. To‘lqin uzunligining yarmini yo‘qotilishini hisobga olgan holda ikkita nurning optik yo‘l farqini toping va uni vazifa raqamiga muvofiq minimum yoki maksimum kuzatish shartiga moslashtiring. Halqa joylashgan linza va plastina orasidagi pona kengligini, egrilik markazidan plastinalar tegib turgan nuqtaga va linzaning qavariq yuzasiga nur tushayotgan nuqta, hamda

halqaning radiusiga o'tkazilgan linzaning egrilik radiusi hosil qilgan uchburchakdan Pifagor teoremasi yordamida toping.

18.10. Yorug'lik ikki marta modda joylashgan kyuvtadan o'tishini hisobga oling. Qo'shimcha yo'l farqini toping va uni $m\lambda$ ga tenglang.

19.1. Frenel sohalari radiusi uchun (19.2) ifodadan foydalaning. Tarkibida $(\lambda / 2)^2$ bo'lgan qo'shiluvchlarni e'tiborga olmag.

19.2. Chizma chizing, unda yo'llar farqini ko'rsating. Pifagor teoremasini qo'llang. 19.1 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning.

19.3. Teshikka bitta Frenel sohasi to'g'ri kelganda oxirgi maksimum, ikkita soha bo'lganda - oxirgi minimum kuzatilishini inobatga oling.

19.4. Teshikli diafragma manba'dan kuzatuv nuqtasigacha bo'lgan masofani yarmidan o'tganda, teshikka to'g'ri keladigan Frenel sohalari soni kamayadi, o'rtasidan keyin u ko'paya boshlaydi. Shu munosabat bilan, diafragma yorug'lik manbasidan a_1 masofada joylashganida, teshikka qancha Frenel sohalari to'g'ri kelishini aniqlash kerak va keyin barcha masofalarda kuzatiladigan minimumlar, va ularning a_1 dan a_2 gacha sonini hisoblang.

19.5. 19.2. masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning. Fresnel sohasi chegaralaridan nurlarning yo'llar farq $\lambda / 2$ ekanligini hisobga oling. Pifagor teoremasini qo'llang. b^2 bilan solishtirganda r^2 va $(\lambda/2)^2$ kattaliklarni hisobga olmasa ham bo'ladi.

19.6. Teshikdagi Fraungofer diffraksiyasida diffraksiya maksimumlari (19.7) va minimumlarini (19.8) kuzatish shartlaridan foydalaning.

19.7. Chizmani chizing. Teshikdagi Fraungofer diffraksiyasida minimumlar (19.8) kuzatish shartlaridan foydalaning. Rasmdan diffraksiya burchagining tangensini toping va bu tenglamalarni birgalikda yeching.

19.8. Chizmani chizing. Diffraksion panjaradagi Fraungofer diffraksiyasining asosiy maximumlar (19.9) shartidan foydalaning. Rasmdan diffraksiya burchagining tangensini toping va bu tenglamalarni birgalikda yeching.

19.9. Spektral qurilmaning burchak dispersiyasi uchun (19.12), uning aniqlash qobiliyati (19.13) va aniqlash qobiliyatini diffraksion panjara tirqishlari soni o'rtasidagi bog'liqlik (19.14) ifodalaridan foydalaning

19.10. Fazoviy panjaradagi diffraksiyada diffraksion maximumlar kuzatish shartidan (19.15) foydalaning.

20.1. Bryuster qonunidan foydalaning (20.2). Shuni e'tiborga olingki, nurni zichroq muhitdan zichligi kamroq muhitga o'tganda, nurning chegaraviy tushish burchagi tushish burchagi deb ataladi, bu holda singan nur ikki muhit chegarasida sirpanib o'tadi. Tushish burchagi chegaraviydan katta bo'lganda singan nur bo'lmaydi, yani to'la ichki qaytish kuzatiladi.

20.2. $I_p = I_0 / 2$ ekanligini ko'zda tutib, ideal polarizator va analizator uchun Malus qonunini (20.3) qo'llang.

20.3. Haqiqiy polarizator va analizatordan o'tgan yorug'likning jadalligi uchun Malus qonunidan (20.4) foydalaning.

20.4. 20.2 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning. Ko'zgudan nur aks etganda, polyarizasiya tekisligi o'zgarmaydi, faqat yorug'lik jadalligi o'zgaradi, shuning uchun yorug'lik ikkinchi nikoldan o'tganda (endi u birinchi bo'lib) polyarizasiya tekisligi bir xil bo'lib qoladi.

20.5. Bir xil chastotadagi ikki o'zaro perpendikulyar tebranishlarda bir vaqtning o'zida ishtirok etadigan harakatlanuvchi nuqta traektoriyasining (16.5) tenglamasidan foydalaning va uni elektr maydon E kuchlanish vektoriga qo'llang. E_1 va E_2 vektorlarning o'zaro perpendikulyar tebranishlari qo'shilganda (16.5) tenglama hosil bo'ladi

$$\frac{E_1^2}{A_1^2} + \frac{E_2^2}{A_2^2} - \frac{2E_1E_2}{A_1A_2} \cos\delta\varphi \equiv \sin^2\delta\varphi$$

20.6. Odatiy va noodatiy nurlar bir oqli kristalda tarqalayotganda unga yassi qutblangan yorug'lik tushsa, ular o'zaro kogerent bo'ladi. Qalinligi chorak to'lqinli plastinka, qalinligi quyidagi shartni qoniqtirsa $d(n_o - n_e) = \pm(m + 1/4)\lambda_0$, bu erda $m = 0, 1, 2, \dots$ ("+" belgisi optik manfiy kristallga, "-" belgisi esa optik musbat kristallga to'g'ri keladi) oddiy va noodatiy nur o'rtasida $\pi / 2$ ga teng fazalar farqi hosil qiladi.

20.7. 20.6 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning. $d\Delta n_1$ uchun maksimum kuzatish sharti va $d\Delta n_2$ uchun minimum kuzatish shartini yozing va ushbu tenglamalarni birgalikda eching.

20.8. Yorug'likni Kerr yacheykasidan o'tganida oddiy va noodatiy nurlar o'rtasida paydo bo'ladigan yo'llar farqi va faza farqi uchun (20.5) ifodani ishlatning.

20.9. Yorug'lik polyarizasiya tekisligining burilish burchagi α uchun l masofani optik faol eritmada $\alpha = b - k\lambda$ chiziqli qonunga muvofiq o'zgarishini hisobga olgan holda (20.6) ifodani qo'llang.

20.10. Yorug'lik polyarizasiyasi darajasi (20.1), qaytgan va singan nurlarida yorug'lik tushish tekisligiga perpendikulyar va yorug'lik tushish tekisligiga parallel ravishda, tebranayotgan yorug'lik vektorining jadalligi uchun Frenel ifodalaridan (20.7) dan foydalaning,

21.1. Nurlanish energiyasi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi va eritish pechining kuzatish oynasidagi nurlanish absolyut qora jismning nurlanishiga yaqin bo'lgani va energetic yoritilganini vaqt bo'yicha o'zgarishini hisobga olib energetic yoritilganlik (21.1) va Shtefan - Boltsman qonunini (21.10) qo'llang.

21.2. Quyoshning barcha yo'nalishlarda butun yuzasi bo'yichaa, berilgan vaqtda nurlayotgan energiyasi va shu vaqtda berilgan masofada birlik yuza oladigan energiyani toping. Keyin ma'lum vaqt oralig'ida istalgan yuza oladigan energiyani aniqlang.

21.3. Cho'g'lanma lampaning quvvati birlik vaqtiga chiqariladigan energiyaga teng ekanligini va simning nurlanishi absolyut qora jism nurlanishining $k\%$ ga teng ekanligini hisobga olib, Stefan - Bolsman qonunidan (21.10) foydalaning.

21.4. Vinning siljish qonunidan (21.11) foydalaning. Vinn doimiysini 20 ilovadan oling.

21.5. Plank ifodasidan (21.12) foydalanib $(r_{\lambda,T})_1 / (r_{\lambda,T})_2$ nisbatini toping.

21.6. $\nu = c / \lambda$ ni hisobga olgan holda, fotonning energiyasi (21.13) va massasi (21.15) ifodalaridan foydalaning.

21.7. Metalldan elektronning chiqish isi ifodasini (21.17) hisobga olgan holda tashqi fotoelektrik effekt uchun Eynshteyn tenglamasini (21.16) qo'llang.

21.8. 21.7 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning. Tormozlovchi kuchlanish uchun (21.18) ifodani qo'llang.

21.9. Tushayotgan nurlanishnig xajmiy energiya zichligi $w = En$ va foton konsentratsiyasi $n = N / \Delta V = N / (Sc\Delta t)$ ekanligini hisobga olib, sirdagi yorug'lik bosimi uchun (21.19) va foton energiyasi uchun (21.13) ifodalarni ishlatning.

21.10. Foton energiyasini $E = h\nu = hc / \lambda$ ifodadan to‘lqin uzunlikni ifodalab Kompton qonunini (21.20) qo‘llang.

22.1. Impuls momentini kvantlash qoidasidan foydalaning (22.1). Bu holda yadro va elektron o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir kuchi markazgaintilma ekanligini hisobga oling. $A_i = e\varphi_i$ ionlash ishi elektronni atomdan chiqarish uchun bajarilgan ishga tengligini hisobga oling.

22.2. De Broyl ifodasidan foydalaning (22.6). Agar zarracha elektrostatik maydonda tezlatilsa, bu maydon kuchlarining bajargan ishi uning kinetik energiyasini oshirish uchun sarflanadi, deb hisoblang.

22.3. De Broyl ifodasidan foydalaning (22.6). Elektronlar diffraksiyasida maksimumlar kuzatish shartlari fazoviy panjara yordamida rentgen nurlarining diffraksiyasida diffraksiya maksimumlarini kuzatish shartlariga (19.15) mos kelishini hisobga oling.

22.4. Geizenberg noaniqliklar nisbatini koordinata va impuls (22,7), shuningdek energiya va vaqt (22.8) uchun qo‘llang.

22.5. Geizenberg noaniqliklar nisbatini (22.7) koordinata va impuls uchun qo‘llang. Elektron nuri dastasini hosil qilish paytida elektron koordinatalarining noaniqligini yorug‘lik diametriga teng oling.

22.6. Potensial to‘siq orqali x masofaga zarrachalarning kirish ehtimolligining nisbiy zichligi uchun (22.14) ifodadan foydalaning.

22.7. Cheksiz chuqur bir o‘lchovli to‘g‘rtburchakli potensial o‘radagi zarrachning stasionar holatini tavsiflovchi to‘lqin funksiyasi uchun (22.12) ifodasidan foydalaning. To‘lqin funksiyasi modulinig kvadrati elementar hajmdagi dV zarrachani topish ehtimoli zichligining ma’nosini ifodalashini hisobga oling.

22.8. (22.13) ifodani cheksiz chuqur bir o‘lchovli to‘g‘riburchakli potensial o‘rada joylashgan zarracha energiyasining xususiy qiymatlari uchun qo‘llang.

22.9. Saralash qoidasini (22.16) hisobga olgan holda vodorod atomidagi elektronning xususiy qiymatlari (22.3), elektronning orbital magnit momenti (22.19) ifodalaridan foydalaning.

22.10. Vodorod atomining spektral seriyalari uchun Balmer ifodasidan (22.5) foydalaning. Rydberg doimiysining qiymatini 20 ilovadan oling.

23.1. Kristalning molayr issiqlik sig'imi uchun, $T \ll \theta$ shart bajarilganda, deb hisoblagan holda (23.5) ifodadan foydalaning.

23.2. $v_{\parallel} = v_{\perp} = v$ holatda panjaraning normal tebranishlarining maksimal chastotasini (23.7) ifodadan, umumiy holatda –

$$\int_0^{x_m} \frac{\omega^2 d\omega}{2\pi^2} \left(\frac{1}{v_{\parallel}^3} + \frac{2}{v_{\perp}^3} \right) = 3n$$

ifodadan, Debayning xarakterlovchi temperaturasini - $\theta = \hbar \omega_m / k$ ifodadan aniqlang.

23.3. Fermi sohasining energiyasini (23.11) ifoda bo'yicha aniqlang. Elektronning impulsini aniqlash uchun energiya va impuls o'rasidagi bog'lanish ifodasidan $E = p^2 / (2m)$ foydalaning.

23.4. $E_F - kT$ dan E_F (23.12 ifoda) gacha energetik sathlardagi kT energetic kenglikdagi elektronlar termik g'alayonlanish ta'sirida bo'ladilar. U holda energiyasi Fermi sathi energiyasidan yuqori bo'lgan sathlarga o'tgan elektronlarning ulushi (23.13) ifoda bilan aniqlash mumkin.

23.5. Xoll doimiysi $R_H = 1 / (ne)$ ga tengligini hisobga olgan holda, Fermi sathi energiyasi uchun (23.11) ifodadan foydalaning. Elektronning dreyf tezligini aniqlash uchun differentsial ko'rinishdagi Om qonunidan foydalaning (11.11), bu erda $j = env$, $\sigma = 1 / \rho$.

23.6. $J = \sigma E = en(u_n + u_p)E$ ni hisobga olgan holda yarimo'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligi uchun (23.16) ifodadan foydalaning. Elektron va teshiklarning konsentrasiyalarini teng deb faraz qiling.

23.7. Berilgan temperatura qiymatlarida yarimo'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligini inobatga olmaslik mumkinligini ko'zda tutib, yarimo'tkazgichning kirishmali o'tkazuvchanligi uchun (23.17) ifodani ishlatting.

23.8. Ichki fotoeffektning qizil chegarasini, $\nu = c / \lambda$ ekanligini hisobga olib, xususiy yarimo'tkazuvchilar uchun (23.18) ifoda, kirishmali yarimo'tkazgich uchun (23.19) ifoda orqali aniqlang.

23.9. Termoelektron emissiya to'yingan tok zichligini temperaturaga bog'liqligini aniqlashda (23.22) ifodadan foydalaning

23.10. Ikkita metalning kontaktida ichki kontakt potentsiallar farq uchun (23.24) va Fermi sathi energiyasi uchun (23.11) ifodalardan foydalaning.

24.1. Zaryad raqami yadrodagi protonlar soniga, massa soni protonlar va neytronlarning umumiy soniga qarab belgilanishini hisobga oling. Zaryad raqami yadroning berilgan kimyoviy elementga tegishlilikini aniqlaydi. Solishtirma bog'lanish energiya bu bitta nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiya ekanligini ko'zda tutib, kimyoviy element yadrosining taxminiy radiusini (24.1), solishtirma bog'lanish energiyasini (24.2) va (24.3) ifodalari orqali aniqlang.

24.2. 24.1 masalaga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning.

24.3. $m_{a1} g_1 / 100$ va $m_{a2} g_2 / 100$ yig'indisi m_a ga teng deb hisoblang.

24.4. Zaryadning saqlanish qonunlarini, nuklonlar sonini, shuningdek lepton zaryadini saqlash qonunlarini qo'llag, unga ko'ra zarrachalar soni ham, antizarrachalar soni ham saqlanishi kerak.

24.5. Radioaktiv parchalanish qonunidan (24.4) va yadrolarning yarimparchalanish davri (24.5) ifodasidan foydalaning. —

24.6. Radioaktiv preparat aktivligi uchun (24.6) ifodadan foydalaning.

24.7. α -parchalanish (24.8) va β — parchalanish (24.9) chizmalari asosida yangi hosil bo'lgan yadroning massasi va zaryad sonini hisoblang.

24.8. Yadroviiy o'zaro ta'sirining effektiv kesimi uchun (24.12) ifodani qo'llang.

24.9. 24.1 va 24.4 masalalarga berilgan ko'rsatmalardan foydalaning.

24.10. Radioaktiv preparat aktivligi uchun (24.6) ifodadan foydalaning.

Javoblar
Mexanika

№	1.1	1.2
1	12 m/s; 1,33 s	0,2 s; 2,2 m/s; -9 m/s^2 ; 1 m/s^2
2	8 m; 0,53 s	1,5 s; 20,8 m/s; $1,2 \text{ m/s}^2$; $3,2 \text{ m/s}^2$
3	0,4s; 126 s	2,5 s; 10,5 m/s; $0,6 \text{ m/s}^2$; $1,8 \text{ m/s}^2$
4	3 m; 0,25 s	1,2 s; 6,2 m/s; 3 m/s^2 ; $-1,5 \text{ m/s}^2$..
5	10 m/s; 0,7 s	3,5 s; 9,5 m/s; 1 m/s^2 ; -3 m/s^2
6	22 m; 2,93 s	4 s; 3,8 m/s; $-3,5 \text{ m/s}^2$; $0,2 \text{ m/s}^2$
7	0,6 s; 3 s	0,2 s; 14,5 m/s; $-2,5 \text{ m/s}^2$; $2,5 \text{ m/s}^2$
8	15 m; 0,92 s	5 s; 2 m/s; $-0,2 \text{ m/s}^2$; $-0,8 \text{ m/s}^2$
9	25 m/s; 0,4s	6 s; 15,2 m/s; $-0,7 \text{ m/s}^2$; $1,2 \text{ m/s}^2$
10	5 m; 0,4 s	3,5 s; 0,3 m/s; $-3,6 \text{ m/s}^2$; $-1,4 \text{ m/s}^2$
11	0,6s; 2,6s	3,5 s; 12,4 m/s; $3,2 \text{ m/s}^2$; $-1,6 \text{ m/s}^2$
12	10 m, 0,955 s	10 s; 20 m/s; 1 m/s^2 ; $0,6 \text{ m/s}^2$
13	10 m/s; 2,5 s	1,5 s; 4,9 m/s; -3 m/s^2 ; $-1,4 \text{ m/s}^2$
14	14 m; 2,8 s	1 s; 16,3 m/s; $0,3 \text{ m/s}^2$; $-3,2 \text{ m/s}^2$
15	1,5s; Z s	4s; 16,6m/s; $3,6 \text{ m/s}^2$; $0,4 \text{ m/s}^2$
16	1m; 0,96s	0,5s; 5,4m/s; $-1,6 \text{ m/s}^2$; $2,8 \text{ m/s}^2$
17	16 m/s; 0,75 s	10 s; 19 m/s; $0,9 \text{ m/s}^2$; $0,8 \text{ m/s}^2$
18	16m; 0,64s	2 s; 13 m/s; $-2,5 \text{ m/s}^2$; 3 m/s^2
19	0,5 s; 1s	20 s; 12 m/s; $-0,4 \text{ m/s}^2$; $-0,2 \text{ m/s}^2$
20	9 m; 2,375 s	2 s; 9,6 m/s; $1,3 \text{ m/s}^2$; $-1,7 \text{ m/s}^2$
21	40 m/s; 0,35 s	4,5 s; 25,5 m/s; $2,4 \text{ m/s}^2$; -1 m/s^2
22	10 m; 1s	2,5 s; 12,5 m/s; $1,4 \text{ m/s}^2$; $-1,8 \text{ m/s}^2$
23	0,8 s; 1,45 s	3 s; 15,2 m/s; 3 m/s^2 ; $0,4 \text{ m/s}^2$
24	5 m; 1,42s	1,5s; 14,4m/s $-0,4 \text{ m/s}^2$; $2,8 \text{ m/s}^2$
25	20 m/s; 1,2 s	1 s; 15,4 m/s; $3,4 \text{ m/s}^2$; $1,2 \text{ m/s}^2$
26	12 m; 0,6 s	1,5 s; 18,8 m/s; $-0,8 \text{ m/s}^2$; $3,6 \text{ m/s}^2$
27	0,4 s; 0,87 s	0,5 s; 12,3 m/s; -4 m/s^2 ; $0,6 \text{ m/s}^2$
28	4 m; 0,72 s	2,5 s; 13 m/s; $1,6 \text{ m/s}^2$; $2,4 \text{ m/s}^2$

№	1.3
1	$u = 1,5x^2; v = 2i = 12tj; a = 12j; 18,1 \text{ m/s}; 12 \text{ m/s}^2$
2	$u = 5,5x^2; v = i = 11tj; a = 11j; 33 \text{ m/s}; 11 \text{ m/s}^2$
3	$u = Zx^2; v = 4i = 96tj; a = 96j; 48,1 \text{ m/s}; 96 \text{ m/s}^2$
4	$y = 2x^2; v = 3i = 36tj; a = 36j; 36,1 \text{ m/s}; 36 \text{ m/s}^2$
5	$y = 1,67x; v = 6ti \text{ q } 10tj; a = 6i = 10j; 23,3 \text{ m/s}; 11,7 \text{ m/s}^2$
6	$y = 2x; v = 4ti = 8tj; a = 4i = 8j; 26,8 \text{ m/s}; 8,94 \text{ m/s}^2$
7	$u = 1,5x; v = 4ti = 6tj; a = 4i = 6j; 3,6 \text{ m/s}; 7,2 \text{ m/s}^2$
8	$u = 1,5x; v = 8ti = 12tj; a = 8i = 12j; 2,9 \text{ m/s}; 14,4 \text{ m/s}^2$
9	$y = -3\sqrt{x}; v = 32t i - 12j; a = 32 i; 12,4 \text{ m/s}; 32 \text{ m/s}^2$
10	$u = -3,5\sqrt{x}; v = 8ti - 7j; a = 8i; 32,76 \text{ m/s}; 8 \text{ m/s}^2$
11	$v = -5; v = 18ti - 15j; a = 18i; 39 \text{ m/s}; 18 \text{ m/s}^2$
12	$v = -1,5\sqrt{x}; v = 50t i - 7,5j; a = -50i; 21,36 \text{ m/s}; 50 \text{ m/s}^2$
13	$y = -2,2x^2; v = 1,5i - 10tj; a = -10j; 10,1 \text{ m/s}; -10 \text{ m/s}^2$
14	$y = -1,5x^2; v = 2i - 12tj; a = -12 j; 24,1 \text{ m/s}; -12 \text{ m/s}^2 -$
15	$y = -8x^2; v = 0,5i - 4tj; a = -4 j; 2,06 \text{ m/s}; -4 \text{ m/s}^2$
16	$u = -0,5x^2; v = 3i - 9tj; a = -9 j; 45,1 \text{ m/s}; -9 \text{ m/s}^2$
17	$y = 2; v = 72ti = 12j; a = 72i; 24,7 \text{ m/s}; 72 \text{ m/s}^2$
18	$u = 4\sqrt{x}; v = 32ti = 16j; a = 32i; 25 \text{ m/s}; 32 \text{ m/s}^2$
19	$u = \sqrt{x}; v = 18ti = 3j; a = 18i; 14,7 \text{ m/s}; 18 \text{ m/s}^2$
20	$u = 2,5\sqrt{x}; v = 8ti = 5j; a = 8i; 24,5 \text{ m/s}; 8 \text{ m/s}^2$
21	$y = -6x; v = 0,4ti - 2,4tj; a = 0,4i - 2,4j; 4,87 \text{ m/s}; 2,4 \text{ m/s}^2$
22	$y = -2x; v = 3ti - 6tj; a = 3i - 6j; 16,8 \text{ m/s}; 6,7 \text{ m/s}^2$
23	$y = -4x; v = ti - 4tj; a = i - 4j; 6,2 \text{ m/s}; 4,1 \text{ m/s}^2$
24	$y = -2,5x; v = 4ti - 10tj; a = 4 i - 10j; 2,15 \text{ m/s}; 10,8 \text{ m/s}^2$
25	$u = 5x; v = 0,4i = 2j; a = 0; 2,04 \text{ m/s}; 0$
26	$y = 2x; v = 2,5i = 5j; a = 0; 5,6 \text{ m/s}; 0$
27	$y = 1,5x; v = 3i = 4,5j; a = 0; 5,4 \text{ m/s}; 0$
28	$u = 2,5x; v = 8i = 20j; a = 0; 21,5 \text{ m/s}; 0$

№	1.4	
1	$tg\alpha = \frac{B}{2At}$	83°
2		76°
3		69,4°
4		63,4°
5	$tg\alpha = \frac{A}{2Bt}$	7°
6		14°
7		20,5°
8		26,6°
9	$tg\alpha = \frac{B}{2At}$	45°
10		26,6°
11		18,4°
12		14°
13	$tg\alpha = \frac{A}{2Bt}$	56,3°
14		36,8°
15		26,6°
16		20,5°
17	$tg\alpha = \frac{B}{2At}$	53,1°
18		45°
19		38,6°
20		33,7°
21	$tg\alpha = \frac{A}{2Bt}$	38,6°
22		21,8°
23		14,9°
24		11,3°
25	$tg\alpha = \frac{B}{2At}$	45°
26		63,4°
27		71,6°
28		76°

№	1.5		1.6	1.7	
1	6,67 m/s;	4,43 m	2,78 m	8 m;	58°
2	3,82 m/s;	0,71 m	3,94 m	6,64 m/s;	4 m
3	22,8 m/s;	13,25 m	19,3 m	10 m;	0,8 m
4	3,16 m/s;	1,14 m	52,14 m	9,5 m/s;	41,2°
5	8,48 m/s;	2,94 m	2,24 m	35,5°;	3,5 m
6	0 m/s;	17,3 m	8,85 m	12 m;	50,2°
7	6,56 m/s;	1,18 m	23,4 m	9,4 m/s;	4 m
8	16,5 m/s;	11,7 m	48,4 m	6 m;	0,5 m
9	0,747 m/s;	0,42 m	0,87 m	8,95 m/s;	49,4°
10	11,16 m/s;	11,9 m	3,71 m	42,5°;	6 m
11	2,08 m/s;	0,583 m	10,2 m	4 m;	70,7°
12	3,05 m/s;	0,436 m	21,94 m	14,09 m/s;	2 m
13	28,9 m/s;	15,2 m	0,196 m	4,5 m;	0,2 m
14	26 m/s;	25,3 m	0,28 m	6,3 m/s;	42°
15	9,47 m/s;	2,94 m	0,673 m	83°;	0,5 m
16	2,1 m/s;	0,24 m	2,27 m	9 m;	80°
17	12,74 m/s;	5,63 m	23 m	31,3 m/s;	0,5 m
18	28,17 m/s;	12,4 m	72,7 m	5 m;	1 m
19	14,1 m/s;	5,16 m	167,8 m	13,28 m/s;	56,3°
20	36 m/s;	23,1 m	323,3 m	47,7°;	2,5 m
21	3,27 m/s;	1,1 m	15,6 m	13 m;	41°
22	3,3 m/s;	0,76 m	158,8 m	20,35 m/s;	0,5 m
23	22,9 m/s;	8,67 m	583,1 m	7 m;	3 m
24	7,57 m/s;	0,94 m	1440 m	8,85 m/s;	63,4°
25	17,4 m/s;	3,7 m	0,25 m	84°;	0,4 m
26	13,9 m/s;	10,4 m	0,617 m	11 m;	79,7°
27	5,76 m/s;	1,75 m	1,1 m	8,97 m/s;	5,5 m
28	15 m/s;	7,7 m	1,65 m	13 m;	2 m

№	1.8	1.9			
1	3,675 m	4,56 m/s ² ;	0,28 m/s ² ;	4,55 m/s ² ;	86,7 sm
2	3 m/s ²	7,21 m/s ² ;	3,58 m/s ² ;	6,26 m/s ² ;	86,4 sm
3	1,5 s	9,88 m/s ² ;	7,92 m/s ² ;	5,9 m/s ² ;	2 m
4	2	12,554 m/s ² ;	11,53 m/s ² ;	4,97 m/s ² ;	5,95 m
5	1,8 m	6,46 m/s ² ;	6 m/s ² ;	2,4 m/s ² ;	2,82 m
6	0,5 m/s ²	9,37 m/s ² ;	7,74 m/s ² ;	5,28 m/s ² ;	2,95 m
7	0,4 s	20,116 m/s ² ;	18,35 m/s ² ;	8,24 m/s ² ;	12,77 m
8	4	24,74 m/s ² ;	23,3 m/s ² ;	8,3 m/s ² ;	25 m
9	0,7 m	7,473 m/s ² ;	0,19 m/s ² ;	7,470 m/s ² ;	2,11 m
10	2 m/s ²	9,81 m/s ² ;	4,62 m/s ² ;	8,65 m/s ² ;	2,24 m
11	1 s	12,166 m/s ² ;	9,26 m/s ² ;	7,9 m/s ² ;	4,31 m
12	0,75	14,54 m/s ² ;	13 m/s ² ;	6,5 m/s ² ;	9,96 m
13	54,86 sm	10,85 m/s ² ;	6,35 m/s ² ;	8,79 m/s ² ;	2,7 m
14	0,4 m/s ²	11,74 m/s ² ;	8,3 m/s ² ;	8,3 m/s ² ;	3,78 m
15	2 s	12,64 m/s ² ;	9,98 m/s ² ;	7,76 m/s ² ;	5,49 m
16	0,35	13,54 m/s ² ;	11,5 m/s ² ;	7,19 m/s ² ;	8,03 m
17	9,6 sm	3,31 m/s ² ;	3,035 m/s ² ;	1,32 m/s ² ;	15,6 sm
18	1 m/s ²	4,63 m/s ² ;	4,33 m/s ² ;	1,64 m/s ² ;	40,8 sm
19	1,2 s	6,05 m/s ² ;	5,78 m/s ² ;	1,8 m/s ² ;	97,3 sm
20	0,2	7,52 m/s ² ;	7,28 m/s ² ;	1,9 m/s ² ;	2,06 m
21	1,63 m	5 m/s ² ;	4,715 m/s ² ;	1,66 m/s ² ;	48,9 m
22	1,5 m/s ²	3,69 m/s ² ;	3,16 m/s ² ;	1,9 m/s ² ;	13,47 m
23	0,5 s	2,41 m/s ² ;	1,41 m/s ² ;	1,95 m/s ² ;	3,92 m
24	1	1,265 m/s ² ;	0,4 m/s ² ;	1,2 m/s ² ;	3,33 m
25	4,05 m	3,354 m/s ² ;	3,19 m/s ² ;	1,04 m/s ² ;	24,6 m
26	3,5 m/s ²	3,424 m/s ² ;	3,23 m/s ² ;	1,12 m/s ² ;	25,8 m
27	1,6 s	3,5 m/s ² ;	3,29 m/s ² ;	1,2 m/s ² ;	27,1 m
28	2,5	3,58 m/s ² ;	3,34 m/s ² ;	1,28 m/s ² ;	28,3 m

№	1.10		
1	3,06 s;	11,48 m;	79,4 m
2	4,33 s;	22,96 m;	91,74 m
3	5,30 s;	34,4 m;	79,45 m
4	5,9 s;	42,8 m;	45,9 m
5	$y = 0,577x - 7,27 \cdot 10^{-3}x^2;$	11,48 m;	79,4 m
6	$y = x - 1,09 \cdot 10^{-2}x^2;$	22,96 m;	91,74 m
7	$y = 1,73x - 2,18 \cdot 10^{-2}x^2;$	34,4 m;	79,45 m
8	$y = 3,73x - 8,136 \cdot 10^{-2}x^2;$	42,8 m;	45,9 m
9	106 m;	68,8 m	
10	129,8 m;	45,87 m	
11	183,5 m;	22,94 m	
12	354,5 m;	6,15 m	-
13	0,51 s;	0,32 m;	2,2 m
14	1,02 s;	1,27 m;	8,83 m
15	1,53 s;	2,87 m;	19,86 m
16	2,04 s;	5,1 m;	35,31 m
17	2,94 m;	1,91 m	
18	11,77 m;	7,645 m	
19	26,48 m;	17,2 m	
20	47,1 m;	30,58 m	
21	24,08 m/s;	28,26 ⁰ gorizontga nisbatan	
22	21,27 m/s;	4,3 ⁰ gorizontga nisbatan	
23	22,75 m/s;	-21,2 ⁰ gorizontga nisbatan	
24	27,85 m/s;	-40,4 ⁰ gorizontga nisbatan	
25	8,64 m/s ² ;	4,64 m/s ²	
26	9,78 m/s ² ;	0,735 m/s ²	
27	9,14 m/s ² ;	3,55 m/s ²	
28	7,47 m/s ² ;	6,36 m/s ²	

№	2.1	2.2	2.3	2.4		2.5	
1	1,5 kg	4 s	100 kg	3,65 s;	35,5 m	3,92 m/s ² ;	27,44 N
2	6,5 N	4 s	74,3 m ³	4,86 s;	47,25 m	5,88 m/s ² ;	31,36 N
3	1,25 s	1 s	20 kg	6,08 s;	59,1 m	7,84 m/s ² ;	35,28 N
4	0,25 N	2 s	1100 N	7,29 s;	70,9 m	9,8 m/s ² ;	39,2 N
5	2 kg	6 s	0,9 kg/m ³	6670 N;	41,67 m	3,92 m/s ² ;	11,76 N
6	1,5 s	3 s	150 kg	8890 N;	55,55 m	5,88 m/s ² ;	7,84 N
7	0,2 kg	5 s	99 m ³	11 111 N;	69,44 m	7,84 m/s ² ;	3,92 N
8	9,1 N	1 s	15,3 kg	13 333 N;	83,33 m	9,8 m/s ² ;	0
9	2 N	2 s	1250 N	8,33 s;	69,4 m	2,45 m/s ² ;	12,25 N
10	2 s	5 s	1 kg/m ³	11,11 s;	123,4 m	4,9 m/s ² ;	14,7 N
11	4 s	7 s	120 kg	13,89 s;	193 m	7,35 m/s ² ;	17,15 N
12	1 kg	3 s	76,8 m ³	16,67 s;	278 m	9,8 m/s ² ;	19,6 N
13	1,4 N	1 s	10 kg	6670 N;	44,45 m	2,45 m/s ² ;	7,35 N
14	3 s	5 s	1400 N	7780 N;	44,45 m	4,9 m/s ² ;	4,9 N
15	7,6 N	2 s	1,1 kg/m ³	8890 N;	44,45 m	7,35 m/s ² ;	2,45 N
16	0,3 kg	6 s	200 kg	10 000 N;	44,45 m	9,8 m/s ² ;	0
17	2,5 s	4 s	123,75 m ³	18 817 N;	3,1 s	6,86 m/s ² ;	8,33 N
18	1,75 N	1 s	10,3 kg	31 250 N;	2,4 s	7,84 m/s ² ;	8,82 N
19	1,5 kg	7 s	1600 N	46 770 N;	1,96 s	8,82 m/s ² ;	9,31 N
20	0,1 kg	3 s	0,8 kg/m ³	65 261 N;	1,66 s	9,8 m/s ² ;	9,8 N
21	1,5 s	2 s; 6 s	80 kg	14 814 N;	2,25 s	6,86 m/s ² ;	1,47 N
22	4 s	2 s	118,64 m ³	7407 N;	4,5 s	7,84 m/s ² ;	0,98 N
23	4 kg	1 s; 5 s	16,3 kg	4938 N;	6,75 s	8,82 m/s ² ;	0,49 N
24	4,81 N	1 s; 4 s	1300 N	3704 N;	9 s	9,8 m/s ² ;	0
25	0,4 kg	2 s	1,2 kg/m ³	5 s;	62,5 m	1,96 m/s ² ;	47,04 N
26	1 N	4 s	125 kg	7,5 s;	93,75 m	2,94 m/s ² ;	50,96 N
27	3,18 N	3 s	180 m ³	10 s;	125 m	3,92 m/s ² ;	54,88 N
28	2,2 s	1 s; 7 s	4,9 kg	12,5 s;	156,25 m	4,9 m/s ² ;	58,8 N

№	2.6			
1	$a = g \frac{m_1(\sin\alpha_1 - k_1\cos\alpha_1) - m_2k_2}{m_1 + m_2}$	2,1 m/s ² ;	3,56 N	
2		3,1 m/s ² ;	4,6 N	
3		4,0 m/s ² ;	5,5 N	
4		4,8 m/s ² ;	6,2 N	
5	$a = g \frac{m_1(\sin\alpha_1 - k_1\cos\alpha_1) - m_2(\sin\alpha_2 + k_2\cos\alpha_2)}{m_1 + m_2}$	1,05 m/s ²	0,9 N	
6		1,65 m/s ² ;	0,96 N	
7		2,05 m/s ² ;	1 N	
8		2,33 m/s ² ;	1,03 N	
9	$a = g \frac{m_1(\sin\alpha_1 - k_1\cos\alpha_1) - m_2}{m_1 + m_2}$	2,2 m/s ² ;	12,1 N	
10		1,7 m/s ² ;	11,5 N	
11		1,2 m/s ² ;	10,95 N	
12		0,67 m/s ² ;	10,46 N	
13	$a = g \frac{m_3 - 2m_1(\sin\alpha_1 - k\cos\alpha)}{m_1 + m_2 + m_3}$	1,6 m/s ² ;	0,82 N;	0,82 N
14		3,24 m/s ² ;	0,98 N;	0,98 N
15		4,33 m/s ² ;	1,1 N;	1,1 N
16		5,1 m/s ² ;	1,175 N;	1,175 N
17	$a = g \frac{m_3 - k(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2 + m_3}$	5,76 m/s ² ;	2 N;	0,67 N
18		5,4 m/s ² ;	2,2 N;	0,74 N
19		5 m/s ² ;	2,4 N;	0,8 N
20		4,65 m/s ² ;	2,575 N;	0,86 N
21	$a = g \frac{m_3 - k(m_1 + m_2)}{m_1 + m_2 + m_3}$	4,165 m/s ²	0,56 N	0,56 N
22		6,05 m/s ² ;	0,75 N	0,75 N
23		6,99 m/s ² ;	0,85 N	0,85 N
24		7,55 m/s ² ;	0,9 N	0,9 N
25	$a = g \frac{m_1(\sin\alpha_1 - k_1\cos\alpha_1) - m_2}{m_1 + m_2}$	1,28 m/s ² ;	5,54 N	
26		0,94 m/s ² ;	5,37 N	
27		0,6 m/s ² ;	5,2 N	
28		0,26 m/s ² ;	5,03 N	

№	2.7	2.8	2.9	2.10
1	13 m/s	75 kg	18,1 t	75g
2	40%	3,25 kg	18 km/s	18 m/s
3	24 m/s	1,4 m/s	60 ⁰	60 ⁰
4	9,56 m/s	0,6 s	89,4 kg	0,64 N · s
5	11 m/s	10,2 m	-457 m/s	40g
6	80%	1,3 m/s	19,8 km/s	5 m/s
7	18 m/s	65 kg	21,1 t	60 ⁰
8	-10,83 m/s	6 kg	36 km/s	0,78 N · s
9	16 m/s	1,3 m/s	30 ⁰	60g
10	50%	0,55 s	104,5 kg	8 m/s
11	22 m/s	15,24 m	-436 m/s	45 ⁰
12	-21 m/s	4,2 kg	21,2 km/s	2,12 N · s
13	14 m/s	60 kg	25,1 t	100g
14	20%	2,5 kg	24 km/s	20 m/s
15	20 m/s	1,5 m/s	45 ⁰	45 ⁰
16	-4,86 m/s	0,58 s	80 kg	1,82 N · s
17	10 m/s	10,83 m	497 m/s	15g
18	70%	1,45 m/s	48,2 km/s	10 m/s
19	-10 m/s	70 kg	13,1 t	30 ⁰
20	16,125 m/s	4,5 kg	30 km/s	0,15 N · s
21	12 m/s	2 m/s	60 ⁰	50g
22	30%	0,65 s	99,4 kg	15 m/s
23	-14 m/s	16,48 m	472 m/s	60 ⁰
24	19,3 m/s	4 kg	15,8 km/s	2,2 N · s
25	15 m/s	55 kg	15,1 t	80g
26	60%	8,5 kg	24 km/s	12 m/s
27	-15 m/s	1,2 m/s	30 ⁰	45 ⁰
28	-45 m/s	0,58 s	94,5 kg	0,49 N · s

№	3.1		3.2
1	60 J;	8 W	0,9 J
2	320 J;	24 W	0,567 J
3	780 J;	40 W	0,483 J
4	1440 J;	56 W	0,45 J
5	120 J;	120 W	0,59 J
6	288 J;	144 W	0,65 J
7	504 J;	168 W	0,71 J
8	768 J;	192 W	0,77 J
9	270 J;	135 W	1,886 J
10	1140 J;	285 W	1,31 J
11	2610 J;	435 W	1,075 J
12	4680 J;	585 W	0,946 J
13	200 J;	50 W	0,8 J
14	650 J;	70 W	1,6 J -
15	1350 J;	90 W	2,4 J
16	2300 J;	110 W	3,2 J
17	-6 J;	12 W	-0,015 J
18	4,5 J;	30 W	-0,065 J
19	24 J;	48 W	-0,115 J
20	52,5 J;	66 W	-0,165 J
21	40 J;	0,8 W	3 J
22	208 J;	7,2 W	3 J
23	504 J;	13,6 W	3,75 J
24	928 J;	20 W	4,65 J
25	400 J;	40 W	0,266 J
26	2400 J;	120 W	0,359 J
27	6000 J;	200 W	0,547 J
28	11 200 J;	280 W	0,828 J

№	3.3	3.4		
1	2 kg	3,84 J;	2,16 J	6 J
2	10 sm	2,16 J;	3,84 J	
3	9,2 N	0,96 J;	5,04 J	
4	0,2	0,24 J;	5,76 J	
5	3 kg	24,58 J;	13,83 J	38,41 J
6	40 sm	13,83 J;	24,58 J	
7	2,5 N	6,14 J;	32,27 J	
8	0,15	1,53 J;	36,88 J	
9	2,5 kg	19,2 J;	10,8 J	30 J
10	30 sm	10,8 J;	19,2 J	
11	3,75 N	4,8 J;	25,2 J	
12	0,25	1,2 J;	28,8 J	
13	1,5 kg	1,15 J;	0,65 J	1,8 J
14	15 sm	0,65 J;	1,15 J	
15	1,25 N	0,29 J;	1,51 J	
16	0,05	0,07 J;	1,73 J	
17	1 kg	20,74 J;	11,66 J	32,4 J
18	12 sm	11,66 J;	20,74 J	
19	4,8 N	5,18 J;	27,23 J	
20	0,3	1,3 J;	31,1 J	
21	3 kg	7,68 J;	4,32 J	12 J
22	25,4 sm	4,32 J;	7,68 J	
23	1,2 N	1,92 J;	10,08 J	
24	0,12	0,48 J;	11,52 J	
25	1 kg	19,2 J;	10,8 J	30 J
26	20 sm	10,8 J;	19,2 J	
27	5,46 N	4,8 J;	25,2 J	
28	0,28	1,2 J;	28,8 J	

№	3.5			
1	1,8425 J;	$F = -(4x i + 6y j + 0,5k)$	6,34 N;	4,545 N
2	4,2 J;	$F = -((4/x^2) i - 6k)$	6,08 N;	17,09 N
3	-15,5 J;	$F = -[5xi + 5yj + (3/z^2)k]$	9,53 N;	16,5 N
4	65,8 J;	$F = -(i + 4y j + 4zk);$	27,2 N;	15,65 N
5	1,64 J;	$F = 2yj + 3,5k;$	3,64 N;	3,77 N
6	-29,34 J;	$F = (2/x^2)i - 10y j - 4zk;$	25,46 N;	35,23 N
7	$5,5 \cdot 10^{-2}$ J;	$F = -(2x + 1,2j + (2/z^2); i$	2,83 N;	2,546 N
8	4 J;	$F = -(3i + (1,5/y^2) j + 1,1k);$	6,8 N;	9,9 N
9	-2,8 J;	$F = i + 2[(1/y^2) j + (1/z^2) k$ $] j$	1,54 N;	6,2 N
10	0,4675 J;	$F = -(2xi + 4j);$	4,04 N;	4,01 N
11	0,841 J;	$F = (1/x^2)i - 12y j + 4,8k;$	12,93 N;	10,75 N
12	-0,66 J;	$F = j + 2zk;$	2,236 N;	1,89 N
13	-3,167 J;	$F = (6/x^2) i + (4/y^2) j + (2/z^2)k$	1,55 N;	3,83 N
14	0,65 J;	$F = -(10xi + j + 10z)k;$	8,66 N;	7,87 N
15	-15,5 J;	$F = 2xi - 4y j;$	15,62 N;	11,3 N
16	-0,24 J;	$F = -(1,5i + j + (1,4/z^2)k);$	2,05 N;	2,28 N
17	-14,4 J;	$F = (3,8/y^2) j + 4zk$	16,02 N;	12,06 N
18	-0,68 J;	$F = -(2i + 3,2y j + (1/z^2)k);$	4,09 N;	2,75 N
19	0,524 J;	$F = (5/x^2)i - (4/z^2)k;$	1,14 N;	2,19 N
20	-1,7625 J;	$F = -(2xi - 4j - 4k)$	6,18 N;	6,0 N
21	12,475 J;	$F = -(4x - 0,4)i - (5/z^2)j$ $)k;$	125 N;	31,27 N
22	1,8 J;	$F = (8/x^2)i - 2,5zk;$	4 N;	2,5 N
23	-2,75 J;	$F = -(2i - 2y j);$	8,25 N;	7,28 N
24	-4,418 J;	$F = (6/y^2) j - 4,4zk;$	7,19 N;	17,24 N
25	1,95 J;	$F = -(4i + (1/y^2) j);$	4 N;	4 N
26	2,34 J;	$F = (3,5/x^2)i - 2j - k;$	2,237 N;	2,240 N
27	-0,814 J;	$F = -(4,4x i + 2,2 j);$	2,37 N;	2,82 N
28	0,46 J;	$F = -(4y j + 8zk);$	12,185 N;	11,32 N

№	3.6		3.7	
1	$6,24 \cdot 10^7$ J/kg	$1,21 \cdot 10^8$ m	0 m/s;	2 m/s
2		$2,48 \cdot 10^8$ m	-0,75 m/s;	0,5 m/s
3		$3,76 \cdot 10^8$ m	-1,1 m/s	
4		$5 \cdot 10^8$ m	1,08	
5	$5,4 \cdot 10^7$ J/kg	$1,2 \cdot 10^9$ m	-0,27 m/s;	0,6 m/s
6		$1,8 \cdot 10^9$ m	0,175 m/s;	-1,4 m/s
7		$2,4 \cdot 10^9$ m	2 m/s	
8		$3 \cdot 10^9$ m	10,457	
9	$1,287 \cdot 10^7$ J/kg	$1,7 \cdot 10^6$ m	-12,74 m/s;	1,5 m/s
10		$3,4 \cdot 10^6$ m	6,1 m/s;	3,2 m/s
11		$5,1 \cdot 10^6$ m	-0,1 m/s	
12		$6,8 \cdot 10^6$ m	0,422	
13	$1,785 \cdot 10^9$ J/kg	$1,065 \cdot 10^8$ m	-42 m/s;	2,8 m/s
14		$2,84 \cdot 10^8$ m	-0,107 m/s;	-1,5 m/s
15		$4,6 \cdot 10^8$ m	2,5 m/s	
16		$6,39 \cdot 10^8$ m	41,85	
17	$6,3 \cdot 10^8$ J/kg	$5,4 \cdot 10^8$ m	0,257 m/s;	0,9 m/s
18		$1,14 \cdot 10^9$ m	0,462 m/s;	-1,2 m/s
19		$1,74 \cdot 10^9$ m	1,8 m/s	
20		$2,34 \cdot 10^9$ m	1,21	
21	$2,3 \cdot 10^8$ J/kg	$1,225 \cdot 10^9$ m	4,8 m/s;	2,4 m/s
22		$2,475 \cdot 10^9$ m	-0,49 m/s;	-2 m/s
23		$3,725 \cdot 10^9$ m	-0,3 m/s	
24		$4,975 \cdot 10^9$ m	1,125	
25	$5,67 \cdot 10^6$ J/kg	$1,4 \cdot 10^6$ m	-20,27 m/s;	3,2 m/s
26		$2,66 \cdot 10^7$ m	-4 m/s;	0,8 m/s
27		$2,786 \cdot 10^8$ m	0,5 m/s	
28		$2,8 \cdot 10^9$ m	0,3125	

№	3.8	3.9	3.10
1	0,5 cm;	8 cm	87,4%
2	5 cm;	0,3 cm	88,5%
3	9,8 cm;	12,8 cm	90,2%
4	0,5 kg;	22 cm	92,3%
5	0,04 cm;	13,45 cm	92,5%
6	8 cm;	0,5 cm	86,3%
7	17 cm;	24,48 cm	81%
8	0,02 kg;	26 cm	76,5%
9	1,63 cm;	33 cm	91,5%
10	28 cm;	1,12 cm	95,5%
11	7 cm;	15,75 cm	97%
12	0,05 kg;	13 cm	97,7%
13	0,286 cm;	18,3 cm	89%
14	18 cm;	0,15 cm	91%
15	9 cm;	13,6 cm	94%
16	0,1 kg;	30 cm	97%
17	0,31 cm;	30,86 cm	96%
18	6 cm;	0,67 cm	92,5%
19	21 cm;	30,24 cm	89,2%
20	0,08 kg;	10 cm	86%
21	2,4 cm;	29,4 cm	93,2%
22	24 cm;	2,67 cm	96,4%
23	4 cm;	8,6 cm	97,6%
24	0,2 kg;	27 cm	98,2%
25	0,92 cm;	33,12 cm	90,4%
26	16 cm;	0,095 cm	91,5%
27	11 cm;	28,16 cm	94,3%
28	0,06 kg;	15 cm	97,6%

№	4.1		4.2	
1	4,5 rad/s;	0,81 rad	2,513 rad/s ² ;	20
2	10,5 rad/s;	4,23 rad	14 s ⁻¹ ;	455
3	4,275 rad/s;	1,94 rad	10 s ⁻¹ ;	2,1 rad/s ²
4	6,8 rad/s;	4,4 rad	25 s;	100
5	0,4 rad/s;	0,026 rad	4 s;	2 s ⁻¹
6	1,7 rad/s;	0,21 rad	50 s;	1,88 rad/s ²
7	4,84 rad/s;	0,83 rad	0,94 rad/s ² ;	120
8	4,53 rad/s;	1,085 rad	5 s ⁻¹ ;	62,5
9	8,44 rad/s;	4,62 rad	3 s ⁻¹ ;	1,257 rad/s ²
10	7,52 rad/s;	4,46 rad	60 s;	510
11	8,44 rad/ s;	4,24 rad	5 s;	3,5 s ⁻¹
12	4,95 rad/s;	2,75 rad	80 s;	1,57 rad/s ²
13	16,87 rad/s;	2,36 rad	1,57 rad/s ²	312,5
14	52 rad/s;	4,8 rad	6 s ⁻¹ ;	60
15	75,16 rad/s;	30 rad	13 s ⁻¹ ;	1,09 rad/s ²
16	33,75 rad/s;	1,35 rad	15 s;	18,75
17	6 rad/s;	3,6 rad	45 s;	10 s ⁻¹ ;
18	8 rad/s;	6,93 rad	20 s;	1,73 rad/s ²
19	5 rad/s;	5 rad	1,257 rad/s ² ;	360
20	4,08 rad/s;	4,68 rad	12 s ⁻¹ ;	210
21	12,2 rad/s;	2,73 rad	7,3 s ⁻¹ ;	0,834 rad/s ²
22	6,55 rad/s;	1,44 rad	65 s;	211,25
23	9,9 rad/s;	2,1 rad	10 s;	4 s ⁻¹
24	18,4 rad/s;	3,2 rad	30 s;	1,885 rad/s ²
25	16,5 rad/s;	2,43 rad	2,6 rad/s ² ;	7,5
26	15,6 rad/s;	1,69 rad	3,5 s ⁻¹ ;	122,5
27	10,4 rad/s;	0,49 rad	8 s ⁻¹ ;	1,117 rad/s ²
28	9,9 rad/s;	0,94 rad	40 s;	170

№	4.3				
1	0,32 m/s ² ;	0,11 m/s ² ;	0,3 m/s ² ;	0,75 rad/s;	0,15 m/s
2	0,4 m;	0,7 m/s ² ;	0,576 m/s ² ;	1,2 rad/s;	0,48 m/s
3	0,75 m;	10,53 rad/s ² ;	0,456 s;	17,28 m/s ² ;	7,9 m/s ²
4	5,5 m;	0,22 rad/s ² ;	1,8 s;	1,49 m/s ² ;	0,88 m/s ²
5	0,27 s;	10,6 m/s ² ;	1,96 m/s ² ;	10,4 m/s ² ;	0,7 rad/s
6	1,5 m;	11 m/s ² ;	9,83 m/s ² ;	4,8 m/s ² ;	2,56 rad/s
7	0,156 m;	48,4 rad/s ² ;	0,05 s;	7,55 m/s ² ;	0,375 m/s ²
8	9 m;	0,6 rad/s ² ;	6,3 m/s ² ;	3,24 m/s ² ;	5,4 m/s
9	0,34 rad/s ² ;	2,87 m/s ² ;	2,312 m/s ² ;	1,7 m/s ² ;	3,4 m/s
10	0,2 m;	7,24 m/s ² ;	0,8 m/s ² ;	6 rad/s;	1,2 m/s
11	0,8 m;	6,92 rad/s ² ;	0,246 s;	2,312 m/s ² ;	5,54 m/s ²
12	4,5 rad/s ² ;	0,263 s;	4,71 m/s ² ;	1,18 rad/s;	1,18 m/s
13	0,93 rad/s ² ;	1,6 s;	7,3 m/s ² ;	6,75 m/s ² ;	4,5 m/s
14	3,75 m;	1,5 s;	6,18 m/s ² ;	5,4 m/s ² ;	1,2 rad/s
15	0,35 rad/s ² ;	0,694 m/s ² ;	0,66 m/s ² ;	0,21 m/s ² ;	1,05 rad/s
16	1,2 m;	0,64 rad/s ² ;	3,167 m/s ² ;	3,1 m/s ² ;	0,77 m/s ²
17	0,75 rad/s ² ;	1,3 m/s ² ;	0,6 m/s ² ;	1,2 rad/s;	0,96 m/s
18	1,316 s;	4,33 m/s ² ;	2,5 m/s ² ;	1,316 rad/s;	3,29 m/s
19	0,5 m;	11 rad/s ² ;	0,18 s;	5,85 m/s ² ;	1 m/s
20	1,6 rad/s ² ;	0,6 s;	4,62 m/s ² ;	2,3 m/s ² ;	0,96 rad/s
21	0,4 s;	3,15 m/s ² ;	0,96 m/s ² ;	3 m/s ² ;	1,2 m/s
22	1 rad/s ² ;	0,334 m/s ² ;	0,15 m/s ² ;	0,3 m/s ² ;	0,7 rad/s
23	1,29 s;	3,8 m/s ² ;	1,26 m/s ² ;	2,33 m/s ² ;	1,63 m/s
24	1,39 m;	2,4 s;	2,12 m/s ² ;	0,7 m/s ² ;	1,67 m/s
25	1,73 rad/s ² ;	1,156 s;	6,54 m/s ² ;	6 m/s ² ;	2 rad/s
26	0,6 m;	2,25 rad/s ² ;	1,43 m/s ² ;	1,35 m/s ² ;	0,54 m/s
27	2,5 rad/s ² ;	0,7 s;	6,25 m/s ² ;	1,77 rad/s;	3,53 m/s
28	0,833 m;	2,64 m/s ² ;	1,73 m/s ² ;	1,44 m/s ² ;	1,2 m/s

№	4.4	4.5
1	$9,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,144 N · m
2	$1,72 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,23 N · m
3	$2,53 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,27 N · m
4	$3,34 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,441 N · m
5	$6,81 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	3,2 N · m
6	$1,45 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	6,144 N · m
7	$2,53 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	2,49 N · m
8	$3,92 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,94 N · m
9	$1,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,256 N · m
10	$4,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,391 N · m
11	$1,08 \cdot 10^{-1} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,362 N · m
12	$1,92 \cdot 10^{-1} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,537 N · m
13	$6,76 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$1,72 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$
14	$1,26 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$5,94 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$
15	$1,85 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,125 N · m
16	$2,43 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$7,68 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$
17	$3,49 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$2,1 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$
18	$8,72 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$9,35 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$
19	$1,64 \cdot 10^{-1} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,21 N · m
20	$2,66 \cdot 10^{-1} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,5 N · m
21	$6 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$5,48 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$
22	$1,35 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$2,156 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$
23	$2,4 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	$3,08 \cdot 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}$
24	$3,75 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,1486 N · m
25	$2,77 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,218 N · m
26	$4,27 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	0,523 N · m
27	$6,13 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	2,34 N · m
28	$8,35 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	3,01 N · m

№	4.6					4.7
1	2,675 m/s ² ;	2,14 N;	1,87 N;	1,6 N		2,24 J
2	2,07 m/s ² ;	2,3 N;	2,1 N;	1,9 N		3,24 J
3	1,52 m/s ² ;	2,5 N;	2,34 N;	2,18 N		3,57 J
4	1 m/s ² ;	2,64 N;	2,54 N;	2,44 N		6,81 J
5	5,4 m/s ² ;	3 N;	3 N;	4,35 N;	4,35 N	5,42 · 10 ⁻² J
6	3,56 m/s ² ;	5,35 N;	5,35 N;	6,24 N;	6,24 N	7,96 · 10 ⁻² J
7	2,12 m/s ² ;	7,16 N;	7,16 N;	7,7 N;	7,7 N	5,2 · 10 ⁻² J
8	0,96 m/s ² ;	8,6 N;	8,6 N;	8,84 N;	8,84 N	6 · 10 ⁻² J
9	0,65 m/s ² ;	3,14 N;	3,2 N;	0,92 N		0,6 J
10	1,73 m/s ² ;	3,46 N;	3,64 N;	1,62 N		4 · 10 ⁻³ J
11	2,58 m/s ² ;	3,72 N;	3,98 N;	2,17 N		0,113 J
12	3,27 m/s ² ;	3,93 N;	4,25 N;	2,62 N		1,44 J
13	2,98 m/s ² ;	2,97 N;	2,97 N;	3,42 N;	3,42 N	5,55 · 10 ⁻³ J
14	4,1 m/s ² ;	3,65 N;	3,65 N;	4,26 N;	4,26 N	1,5 · 10 ⁻² J
15	4,93 m/s ² ;	4,14 N;	4,14 N;	4,88 N;	4,88 N	3 · 10 ⁻² J
16	5,54 m/s ² ;	4,5 N;	4,5 N;	5,33 N;	5,33 N	3,1 · 10 ⁻² J
17	1,12 m/s ² ;	2,37 N;	2,15 N			0,9 J
18	0,74 m/s ² ;	2,9 N;	2,75 N			0,84 J
19	0,4 m/s ² ;	3,38 N;	3,3 N			3,2 J
20	0,1 m/s ² ;	3,79 N;	3,77 N			0,42 J
21	1,51 m/s ² ;	8,3 N;	8,15 N			0,268 J
22	1,436 m/s;	8,38 N;	8,1 N			0,65 J
23	1,368 m/s;	8,45 N;	8,04 N			0,476 J
24	1,3 m/s ² ;	8,5 N;	7,98 N			0,23 J
25	2,31 m/s ² ;	3,75 N;	3,29 N;	1,32 N		0,164 J
26	1,73 m/s ² ;	4,04 N;	3,69 N;	1,48 N		1,134 J
27	1,15 m/s ² ;	4,33 N;	4,1 N;	1,64 N		1,436 J
28	0,58 m/s ² ;	4,61 N;	4,49 N;	1,8 N		5 · 10 ⁻² J

№	4.8	4.9	4.10
1	83,5 cm	60g; 15 cm; 13,33 rad/s	1198 kg
2	1,19 m	140g; 20 rad/s; $2,19 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	2,5 m
3	89,5 cm	30 cm; 10 rad/s; $0,216 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	79,1 kg
4	89,5 cm	50g; 50 cm; $8,75 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	2,4 m
5	2,03 m/s	80g; 25 cm; 7,2 rad/s	4,9 cm
6	2,43 m/s	200g; 20 rad/s; $0,1156 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1,863
7	2,35 m/s	19 cm; $3,61 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $7,22 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1000 kg
8	2,35 m/s	70g; 2,4 m/s; $6,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	3,2 m
9	27,3°	120g; 16 cm; $3,072 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	69,5 kg
10	20,1°	400g; 8 rad/s; $0,392 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1,2 m
11	20,1°	3 m/s; 25 rad/s; $2,16 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	18,2 cm
12	18,7°	240g; 9,5 rad/s; $9,12 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1,1176
13	Shar	150g; 20 cm; $6,6 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	705,5 kg
14	Disk(to'liqsilindr)	45 cm; 3,6 m/s; 8 rad/s	4,1 m
15	Shar	9 rad/s; $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $0,1166 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	55,1 kg
16	Halqa(ichi bo'sh silindr)	10 cm; 35 rad/s; $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1,45 m
17	99,1 cm	250g; 3 m/s; 20 rad/s	27 cm
18	99,1 cm	24 cm; 1,8 m/s; $3,456 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	1,868
19	92,5 cm	2,4 m/s; $3,52 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $0,2112 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1809 kg
20	1,32 m	35 cm; $9,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $0,1176 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	2,8 m
21	2,68 m/s	160 kg; 1,98 m/s; $7,744 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	69,6 kg
22	2,59 m/s	26 cm; 2,6 m/s; $1,69 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	3,98 m
23	2,24 m/s	12 rad/s; $1,26 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $0,1512 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	32 cm
24	2,59 m/s	18 cm; 14 rad/s; $2,27 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1,2
25	30°	100g; 4 m/s; $0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	929 kg
26	22°	14 cm; 13 rad/s; $2,35 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$	1,5 m
27	22°	220g; 24 cm; 11 rad/s	73,1 kg
28	20,5°	2,4 m/s; $1,79 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; $2,69 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$	1,05 m

№	5.1		5.2	5.3
1	1 N;	11,5°	$1,46 \cdot 10^{-2}$ N	0,73 mm sharqqa
2	1,06 N;	22,2°	$5,83 \cdot 10^{-2}$ N	1,03 mm sharqqa
3	1,15 N;	31,5°	0,13 N	1,26 mm sharqqa
4	1,265 N;	39,2°	0,23 N	1,43 mm sharqqa
5	3,57 m/s ² ;	4,17 N	1,58 N	1,36 mm g'arbga
6	5,66 m/s ² ;	3,4 N	3,164 N	1,93 mm g'arbga
7	8,23 m/s ² ;	2,56 N	4,746 N	2,36 mm g'arbga
8	11,69 m/s ² ;	1,526 N	6,328 N	2,68 mm g'arbga
9	0,15 kg;	8,23 m/s ²	$2,05 \cdot 10^{-2}$ N	2,42 mm g'arbga
10	0,25 kg;	6,87 m/s ²	$4,1 \cdot 10^{-2}$ N	3,43 mm g'arbga
11	0,4 kg;	5,66 m/s ²	$6,15 \cdot 10^{-2}$ N	4,2 mm g'arbga
12	0,5 kg;	4,57 m/s ²	$8,2 \cdot 10^{-2}$ N	4,77mma g'arbga
13	1,73 m/s ² ;	4,98 N	0,304 N	2,94 mm sharqqa
14	2,63 m/s ² ;	3,55 N	0,563 N	4,16 mm sharqqa
15	3,57 m/s ² ;	2,09 N	0,96 N	5,1 mm sharqqa
16	4,57 m/s ² ;	1,73 N	1,54 N	5,8 mm sharqqa
17	0,3 kg;	30°	0,05 N	18,96 mm sharqqa
18	0,25 kg;	35°	0,1 N	15,48 mm sharqqa
19	0,4 kg;	5°	0,15 N	10,94 mm sharqqa
20	0,12 kg;	40°	0,2 N	3,8 mm sharqqa
21	3 m/s ² ;	17°	$1,32 \cdot 10^{-2}$ N	53,62 mm sharqqa
22	5 m/s ² ;	27°	$2,64 \cdot 10^{-2}$ N	43,78 mm sharqqa
23	6,1 m/s ² ;	32°	$3,96 \cdot 10^{-2}$ N	30,96 mm sharqqa
24	7,1 m/s ² ;	36°	$5,27 \cdot 10^{-2}$ N	10,75 mm sharqqa
25	1,1 N;	27°	0,17 N	7,74 mm sharqqa
26	2,2 N;	27°	2,76 N	0 mm
27	3,3 N;	27°	13,95 N	0 mm
28	4,4 N;	27°	44,1 N	2,65 mm sharqqa

№	5.4	
1	837,3 km/soat;	kurs 2°44' janubiy yo'nalishdan sharqqa
2	768,9 km/soat;	kurs 2°11' janubiy yo'nalishdan g'arbga
3	763,6 km/soat;	kurs 2°33' janubiy yo'nalishdan g'arbga
4	839,7 km/soat;	kurs 2°55' janubiy yo'nalishdan g'arbga
5	724,1 km/soat;	kurs 43°03' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
6	710,8 km/soat;	kurs 47°55' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
7	787,2 km/soat;	kurs 47°54' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
8	775 km/soat;	kurs 43°0b' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
9	994,7 km/soat;	kurs 2°45' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
10	913,7 km/soat;	kurs 2°09' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
11	908,4 km/soat;	kurs 2°28' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
12	980 km/soat;	kurs 1 ° 51' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
13	720,1 km/soat;	kurs 46°45' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
14	725,0 km/soat;	kurs 42°54' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
15	668,8 km/soat;	kurs 47°32' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
16	679,3 km/soat;	kurs 43°20' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
17	794,15 km/soat,	kurs 91°47' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
18	851,2 km/soat;	kurs 92° 13' shimoliy yo'nalishdan g'arbga
19	857,3 km/soat;	kurs 87°20' shimoliy yo'nalishdan

		g'arbga
20	774,2 km/soat;	kurs 86° 53' shimoliy yo'nalishdan g'arbgaya
21	858,35 km/soat;	kurs 47°36' janubiy yo'nalishdan
22	939,8 km/soat;	kurs 47°36' janubiy yo'nalishdan
23	930,0 km/soat;	kurs 43°04' janubiy yo'nalishdan
24	868,9 km/soat;	kurs 43°04' janubiy yo'nalishdan
25	827,2 km/soat;	kurs 89°02' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
26	814,16 km/soat;	kurs 91°44' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
27	877,3 km/soat;	kurs 92°35' shimoliy yo'nalishdan sharqqa
28	889,4 km/soat;	kurs 86° 29' shimoliy yo'nalishdan sharqqa

№	5.5	5.6	5.7
1	$-7,063 \cdot 10^7$ m/s	-1,51%	39,8 s
2	$-7,143 \cdot 10^7$ m/s	-6,19%	39,19 s
3	$-5,294 \cdot 10^7$ m/s	-14,56%	38,16 s
4	$1,6875 \cdot 10^8$ m/s	-27,89%	36,66 s
5	$9,5 \cdot 10^6$ m/s	20°	0,5
6	$1,001 \cdot 10^6$ m/s	40°	0,35
7	10^7 m/s	80°	0,2
8	$5 \cdot 10^7$ m/s	60°	0,1
9	10^8 m/s	0,3	17 sutka 7s 41 min
10	$8 \cdot 10^7$ m/s	0,45	34 sutka 15s 23 min
11	$4 \cdot 10^7$ m/s	0,15	51 sutka 23s 4,6 min
12	$7 \cdot 10^7$ m/s	0,6	69 sutka 6s 46 min
13	$1,845 \cdot 10^8$ m/s	-3,175%	12,5 Hafta
14	$1,97 \cdot 10^8$ m/s	-2,6%	25 Hafta
15	$2,1 \cdot 10^8$ m/s	-1,3%	37,5 Hafta
16	$2,25 \cdot 10^8$ m/s	-0,2%	50 Hafta
17	$-1,2 \cdot 10^8$ m/s	60°	0,25
18	$-1,3 \cdot 10^8$ m/s	10°	0,75
19	$-1,5 \cdot 10^8$ m/s	85°	0,6
20	$-1,4 \cdot 10^8$ m/s	35°	0,4
21	$1,1 \cdot 10^8$ m/s	0,2	2 oy 28(29) kun. 3,5 s
22	$1,8 \cdot 10^8$ m/s	0,4	5,5 oy
23	$9,5 \cdot 10^7$ m/s	0,1	7 oy 6 kun.
24	$1,25 \cdot 10^8$ m/s	0,3	7 oy 6 kun.
25	$1,95 \cdot 10^8$ m/s	-0,564%	5 yil1 oy 29 (30) kun.
26	$1,3 \cdot 10^7$ m/s	-2,276%	5 yil9 oy 8(9) kun.
27	$-7,82 \cdot 10^7$ m/s	-5,198%	7 yil6 oy 21 (22) kun.
28	$-1,1446 \cdot 10^8$ m/s	-9,446%	11 yil5 oy 18(19) kun.

№	5.8	5.9	5.10
1	5 s	1,00755	$1,276 \cdot 10^{-30}$ kg; $1,148 \cdot 10^{-13}$ J; 0,286
2	$5 \cdot 10^7$ m	1,0799	$1,518 \cdot 10^{-30}$ kg; $1,3665 \cdot 10^{-13}$ J; 0,4
3	$6 \cdot 10^5$ m	1,22	$2,09 \cdot 10^{-30}$ kg; $1,881 \cdot 10^{-13}$ J; 0,564
4	$3 \cdot 10^6$ m	1,512	$6,458 \cdot 10^{-30}$ kg; $5,812 \cdot 10^{-13}$ J; 0,859
5	0,1 s	5,024	$2,342 \cdot 10^{-27}$ kg; $2,108 \cdot 10^{-10}$ J; 0,286
6	30 km	2,064	$2,788 \cdot 10^{-27}$ kg; $2,51 \cdot 10^{-10}$ J; 0,4
7	400 km	1,698	$3,837 \cdot 10^{-27}$ kg; $3,4536 \cdot 10^{-10}$ J; 0,564
8	3000 km	1,549	$1,186 \cdot 10^{-26}$ kg; $1,067 \cdot 10^{-9}$ J; 0,859
9	0,02 s	0,6	$1,237 \cdot 10^{-27}$ kg; $1,1136 \cdot 10^{-10}$ J; 0,286
10	$2 \cdot 10^8$ m	0,7	$1,473 \cdot 10^{-27}$ kg; $1,3255 \cdot 10^{-10}$ J; 0,4
11	$7,984 \cdot 10^8$ m	0,8	$2,027 \cdot 10^{-27}$ kg; $1,8245 \cdot 10^{-10}$ J; 0,564
12	$2,4 \cdot 10^6$ m	0,95	$6,264 \cdot 10^{-27}$ kg; $5,638 \cdot 10^{-10}$ J; 0,859
13	2 m	1,18	$3,368 \cdot 10^{-28}$ kg; $3,031 \cdot 10^{-11}$ J; 0,286
14	9 m	1,2726	$4,008 \cdot 10^{-28}$ kg; $3,607 \cdot 10^{-11}$ J; 0,4
15	50 m	1,3227	$5,5175 \cdot 10^{-28}$ kg; $4,966 \cdot 10^{-11}$ J; 0,564
16	400 m	1,3525	$1,705 \cdot 10^{-27}$ kg; $1,534 \cdot 10^{-10}$ J; 0,859
17	$8 \cdot 10^{-11}$ s	1,16	$2,345 \cdot 10^{-27}$ kg; $2,111 \cdot 10^{-10}$ J; 0,286
18	$5,2 \cdot 10^{-10}$ s	1,39	$2,792 \cdot 10^{-27}$ kg; $2,512 \cdot 10^{-10}$ J; 0,4
19	$1,3 \cdot 10^{-8}$ s	1,76	$3,8426 \cdot 10^{-27}$ kg; $3,458 \cdot 10^{-10}$ J; 0,564
20	$1,5 \cdot 10^{-7}$ s	2,57	$1,187 \cdot 10^{-26}$ kg; $1,0686 \cdot 10^{-9}$ J; 0,859
21	$9 \cdot 10^6$ m	0,76	$3,4825 \cdot 10^{-28}$ kg; $3,134 \cdot 10^{-11}$ J; 0,286

22	$1,2 \cdot 10^8 \text{ m}$	0,65	$4,145 \cdot 10^{-28} \text{ kg}; 3,73 \cdot 10^{-11} \text{ J}; 0,4$
23	$1,73 \cdot 10^8 \text{ m}$	0,55	$5,706 \cdot 10^{-28} \text{ kg}; 5,135 \cdot 10^{-11} \text{ J}; 0,564$
24	$5,995 \cdot 10^9 \text{ m}$	0,7	$1,763 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; 1,587 \cdot 10^{-10} \text{ J}; 0,859$
25	$7 \cdot 10^{-7} \text{ s}$	1,25	$2,641 \cdot 10^{-28} \text{ kg}; 2,377 \cdot 10^{-11} \text{ J}; 0,286$
26	$9 \cdot 10^{-6} \text{ s}$	1,2	$3,143 \cdot 10^{-28} \text{ kg}; 2,829 \cdot 10^{-11} \text{ J}; 0,4 \dots$
27	$5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$	1,15	$4,326 \cdot 10^{-28} \text{ kg}; 3,894 \cdot 10^{-11} \text{ J}; 0,564$
28	$6 \cdot 10^{-4} \text{ s}$	1,1	$1,337 \cdot 10^{-27} \text{ kg}; 1,203 \cdot 10^{-10} \text{ J}; 0,859$

Molekulyar fizika va termodinamika

№	6.1	6.2	6.3
1	$\mu = 28 \cdot 10^{-3}$ kg/m; azot	38,8g	5,94 kg/m ³
2	0,12 kg/m ³	1,953 m ³	5,39 kg/m ³
3	10 ⁵ Pa	2,1 · 10 ⁵ Pa	4,93 kg/m ³
4	585,6 K	300 K	4,54 kg/m ³
5	$\mu = 83,8 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; kripton	37,65g	0,186 kg/m ³
6	1,685 kg/m ³	1,25 · 10 ⁻² m ³	0,243 kg/m ³
7	10 ³ Pa	1,3 · 10 ⁴ Pa	0,35 kg/m ³
8	300 K	280 K	0,627 kg/m ³
9	$\mu = 40 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; argon	10g	0,648 kg/m ³
10	0,051 kg/m ³	5,2 · 10 ⁻³ m ³	0,823 kg/m ³
11	2,5 · 10 ⁵ Pa	2,2 · 10 ⁵ Pa	1,126 kg/m ³
12	250 K	250 K	1,783 kg/m ³
13	$\mu = 4 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; geliy	11g	1,47 kg/m ³
14	1,685 kg/m ³	4,36 m ³	1,23 kg/m ³
15	10 ⁴ Pa	4,35 · 10 ⁵ Pa	1,06 kg/m ³
16	500 K	350 K	0,93 kg/m ³
17	$\mu = 2 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; vodorod	22,5g	1,73 kg/m ³
18	0,091 kg/m ³	0,277 m ³	1,77 kg/m ³
19	5 · 10 ⁵ Pa	2,51 · 10 ⁵ Pa	1,82 kg/m ³
20	200 K	451 K	1,87 kg/m ³
21	$\mu = 32 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; kislород	44,74g	3,49 kg/m ³
22	0,028 kg/m ³	4,15 · 10 ⁻³ m ³	3,7 kg/m ³
23	5 · 10 ⁴ Pa	8,9 · 10 ⁴ Pa	3,95 kg/m ³
24	450 K	400 K	4,22 kg/m ³
25	$\mu = 20 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; neon	8g	2,45 kg/m ³
26	0,24 kg/m ³	8,31 · 10 ⁻³ m ³	2,16 kg/m ³
27	1,9 · 10 ⁵ Pa	2,3 · 10 ⁴ Pa	1,93 kg/m ³
28	350 K	501 K	1,74 kg/m ³

№	6.4		6.5		
1	$2,635 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}; 4,55 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		545,3 J;	545,3 J;	0
2	350 K; $5,18 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$		5453,4 J;	5453,4 J;	0
3	$4 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 450 \text{ K}$		18 178 J;	10906 J;	7272 J
4	$5 \cdot 10^3 \text{ Pa}; 5,175 \cdot 10^{21} \text{ J}$		991,52 J;	495,76 J;	495,76 J
5	$3,62 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}; 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		2597 J;	1558 J;	1039 J
6	250 K; $2,9 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$		5540 J;	2770 J;	2770 J
7	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 400 \text{ K}$		2968 J;	1781 J;	1187 J
8	$8 \cdot 10^4 \text{ Pa}; 5,59 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		2493 J;	2493 J;	0
9	$3,15 \cdot 10^{23} \text{ m}^{-3}; 4,76 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		3439 J;	2063 J;	1376 J
10	380 K; $5,7 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$		714 J;	714 J;	0
11	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 400 \text{ K}$		2720 J;	1360 J;	1360 J
12	$10^4 \text{ Pa}; 5,4 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		1496 J;	1496 J;	0
13	$1,3 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}; 5,8 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		390 J;	234 J;	156 J
14	520 K; $1,4 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$		374 J;	374 J;	0
15	$10^3 \text{ Pa}; 220 \text{ K}$		6232 J;	3739 J;	2493 J
16	$2 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 7,45 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		831 J;	415,5 J;	415,5 J
17	$4,26 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}; 7 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		2550 J;	1275 J;	1275 J
18	250 K; $2,3 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$		3339 J;	2003 J;	1336 J
19	$5 \cdot 10^4 \text{ Pa}; 270 \text{ K}$		3224 J;	1934 J;	1290 J
20	$4 \cdot 10^5 \text{ Pa}; 10^{-20} \text{ J}$		14 023 J;	14 023 J;	0
21	$1,5 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}; 4,97 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		566,6 J;	283,3 J;	283,3 J
22	370 K; $5,5 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$		742 J;	445 J;	297 J
23	$10^5 \text{ Pa}; 300 \text{ K}$		649,2 J;	389,5 J;	259,7 J
24	$3 \cdot 10^4 \text{ Pa}; 6,2 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		311,6 J;	311,6 J;	0
25	$3 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}; 1,24 \cdot 10^{-20} \text{ J}$		10 284 J;	10 284 J;	0
26	330 K; $2,2 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$		2364 J;	1418 J;	946 J
27	$3 \cdot 10^3 \text{ Pa}; 250 \text{ K}$		34 279 J;	20 567 J;	13 712 J
28	$5 \cdot 10^4 \text{ Pa}; 8 \cdot 10^{-21} \text{ J}$		1870 J;	935 J;	935 J

№	6.6	6.7		6.8
1	8g	$5 \cdot 10^{-3}$ Pa;	18,75 J	5
2	9,53g	$2 \cdot 10^{-3}$;	549 K	80 K
3	57,7 K	300 K;	200 J	200 K
4	891,2 J	$4 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	$4 \cdot 10^5$ Pa	11,2 J
5	9,73g	$3 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	$2 \cdot 10^5$ Pa	30 J
6	1g	350 K;	7,2 J	6
7	-60 K	$2,4 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	359,4 K	60 K
8	-130,9 J	$4,5 \cdot 10^5$ Pa;	210 J	150 K
9	10g	$8 \cdot 10^3$ Pa;	6 J	15,4 J
10	4g	471 K;	1014 J	35 J
11	40 K	$3,5 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	262,5 K	3
12	798 J	$2,8 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	10^5 Pa	30 K
13	4g	$9 \cdot 10^4$ Pa;	180 J	120 K
14	9g	$4 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	560 K	4,17 J
15	-20 K	$1,5 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	250 K	32 J
16	-1271 J	$3 \cdot 10^5$ Pa;	220 J	3
17	1,166g	$3,5 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	$3 \cdot 10^5$ Pa	100 K
18	5,34g	10^{-3} m ³ ;	320 K	100 K
19	31,35 K	420 K;	288 J	6 J
20	-282,5 J	$4,2 \cdot 10^5$ Pa;	189 J	24 J
21	5g	$3 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	$5 \cdot 10^4$ Pa	5
22	6g	560 K;	540 J	40 K
23	70 K	350 K;	850 J	160 K
24	-3621 J	$2,6 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	$7,5 \cdot 10^3$ Pa	10,7 J
25	7g	$3,5 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	10^4 Pa	10 J
26	22g	555 K;	882 J	6
27	-50 K	$2 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	320 K	50 K
28	264,7 J	$2,52 \cdot 10^5$ Pa;	540 J	140 K

№	6.9
1	3116 J/(kg·K); 5194J/(kg·K); 3; geliy
2	1385 J/(kg·K); $18 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 6; suv bug'i
3	909 J/(kg·K); 1,4; $32 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; kislorod
4	623 J/(kg·K); 1039 J/(kg·K); 1,667; neon
5	755,5 J/(kg·K); $44 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 6; is gazi
6	1385 J/(kg·K); 1,333; 6; suv bug'i
7	742 J/(kg·K); 1,4; $28 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; azot
8	623 J/(kg·K); $20 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 3; neon
9	1,667; $83,8 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 3; kripton
10	14542 J/(kg·K); $2 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 5; vodorod
11	755.5 J/(kg·K); 1,333; 6; is gazi
12	519,4 J/(kg·K); 1,667; $40 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; argon
13	566.6 J/(kg·K); $44 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 6; is gazi
14	742 J/(kg·K): 1,4; 5; azot
15	623 J/(kg·K); 1,667; 3; neon
16	10388 J/(kg·K); 1,4; $2 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; vodorod
17	649,2 J/(kg·K); 908,9 J/(kg·K); 5; kislorod
18	5194 J/(kg·K); $4 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 3; geliy
19	566,6 J/(kg·K); 755,5 J/(kg·K); 1,333; is gazi
20	14542 J/(kg·K); 1,4; $2 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; vodorod
21	1385 J/(kg·K); 1847 J/(kg·K); 6; suv bug'i
22	649,2 J/(kg·K); $32 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 5; kislorod
23	755.5 J/(kg·K); 1333; $44 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; is gazi
24	311.6 J/(kg·K); 519,4 J/(kg·K); 1,667; argon
25	1,4; $28 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; 5; azot
26	1847 J/(kg·K); 1,333; $18 \cdot 10^{-3}$ kg/mol; suv bug'i
27	10388 J/(kg·K); 14542 J/(kg·K); 1,4; vodorod
28	3116 J/(kg·K); 1,667; 3; geliy

№	6.10	
1	2576 J/(kg · K);	3739,5 J/(kg · K)
2	4529 J/(kg · K);	6440 J/(kg · K)
3	6482 J/(kg · K);	9141 J/(kg · K)
4	8435 J/(kg · K);	11 842 J/(kg · K)
5	379,1 J/(kg · K);	597,3 J/(kg · K)
6	446,7 J/(kg · K);	675,2 J/(kg · K)
7	514,2 J/(kg · K);	753,1 J/(kg · K)
8	581,7 J/(kg · K);	831 J/(kg · K)
9	2622,8 J/(kg · K);	4336,8 J/(kg · K)
10	2129,4 J/(kg · K);	3479,8 J/(kg · K)
11	1636 J/(kg · K);	2622,8 J/(kg · K)
12	1142 J/(kg · K);	1765,9 J/(kg · K)
13	2671 J/(kg · K);	3739,5 J/(kg · K)
14	4600 J/(kg · K);	6440 J/(kg · K)
15	6529 J/(kg · K);	9141 J/(kg · K)
16	8458,4 J/(kg · K);	11842 J/(kg · K)
17	628,4 J/(kg · K);	1012,8 J/(kg · K)
18	633,6 J/(kg · K);	986,8 J/(kg · K)
19	638,8 J/(kg · K);	960 J/(kg · K)
20	644 J/(kg · K);	934,9 J/(kg · K)
21	2522,7 J/(kg · K);	4204,5 J/(kg · K)
22	1929 J/(kg · K);	3215 J/(kg · K)
23	1335,5 J/(kg · K);	2226 J/(kg · K)
24	742 J/(kg · K);	1237 J/(kg · K)
25	397,7 J/kg · K);	623,2 J/(kg · K)
26	483,8 J/kg · K);	727 J/(kg · K)
27	569,8 J/kg · K);	831 J/(kg · K)
28	656 J/kg · K);	935 J/(kg · K)

№	7.1		7.2		
1	20,775 J/mol · K;	720 J	4g;	2326,8 J;	1662 J
2	$6 \cdot 10^5$ Pa;	13 500 J	340 K;	1456,8 J;	416,2 J
3	$5 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	1237,5 J	8g;	712,3 J;	1780,7 J
4	1,3;	945 J	1,4;	2576 J;	736 J
5	24 J;	24 J	2,5g;	3490,2 J;	8725,5 J
6	24,93 J/mol · K;	900 J	290 K;	3163 J;	2259,3 J
7	10^3 Pa;	45 J	2,8;	9162 J;	6544,3 J
8	10^{-3} m ³ ;	175 J	360 K;	5385 J;	13462 J
9	14,4 J;	14,4 J	50g;	12 842,7 J;	3210,7 J
10	750 J;	1,2	320 K;	241,7 J;	725,2 J
11	12,465 J/mol · K;	472,5 J	2,5;	2493 J;	1869,75 J
12	$2 \cdot 10^4$ Pa;	360 J	380 K;	7105 J;	1776,2 J
13	$2 \cdot 10^{-2}$ m ³ ;	18 J	300 K;	1246,5 J;	747,9 J
14	1,5;	3000 J	3,5;	1662 J;	2493 J
15	900 J;	900 J	20g;	519,4 J;	779,1 J
16	12,465 J/mol · K;	1039,5 J	240 K;	2393,3 J;	1436 J
17	$5 \cdot 10^4$ Pa;	75 J	16g;	6980,4 J;	1994,4 J
18	$5 \cdot 10^{-2}$ m ³ ;	5625 J	1,32;	2094 J;	598,3 J
19	1440 J;	1,6	200 K;	2036 J;	1454,25 J
20	468,75 J;	468,75 J	32g;	964 J;	2410 J
21	24,93 J/mol · K;	576 J	280 K;	15357 J;	23 035 J
22	$3 \cdot 10^5$ Pa;	4500 J	1,2;	1371 J;	822,7 J
23	$4 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	840 J	310 K;	8243,5 J;	12 365,3 J
24	210 J;	210 J	3,6g;	10377 J;	4150,8 J
25	1,4;	192 J	1,25;	623,2 J;	467,4 J
26	20,775 J/mol · K;	5687,5 J	5,5g;	2991,6 J;	747,9 J
27	$4 \cdot 10^5$ Pa;	1080 J	1,86;	622,55 J;	1867,65 J
28	$6 \cdot 10^{-3}$ m ³ ;	3510 J	370 K;	738 J;	184,5 J

№	7.3		7.4		
1	340 K;	1,6	2;	6,7 kJ;	0,2 kJ
2	$4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	138 J	10^{-2} m^3 ;	27,6 kJ;	25,2 kJ
3	$8 \cdot 10^3 \text{ Pa}$;	2,4	$8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	570 J;	120 J
4	5,15g;	1605,6 J	$5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	$8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	1,2 kJ
5	660 K;	2,5	$1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$;	19,05 kJ;	2,4k J
6	$8,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	1,85	1;	$2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	630 J
7	$3,82 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	44,94 J	$4,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$;	862,5 J;	75 J
8	36,3g;	535,5 J	$6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	10^5 Pa ;	1290 J
9	300 K;	279,8 J	10^5 Pa ;	3450 J;	300 J
10	$2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$;	1,3	$3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	$6 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	585 J
11	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	630,9 J	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	12 kJ;	3 kJ
12	0,248g;	2,2	3;	$8 \cdot 10^3 \text{ Pa}$;	126 J
13	230 K;	39 J	$4,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$;	10,8 kJ;	1,8 kJ
14	$2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	96,6 J	2;	10^4 Pa ;	240 J
15	10^5 Pa ;	1,2	132 J;	114 J;	18 J
16	24,65g;	1,75	$2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	1750 J
17	250 K;	1,5	$4,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	5,44 kJ;	1,5 kJ
18	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	78,8 J	$3 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$;	$9 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	7,8 kJ
19	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	1,25	2;	2146,5 J;	99 J
20	0,167g;	78,9 J	1;	$7,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$;	22,5 kJ
21	280 K;	2	12,4 kJ;	11,4 kJ;	1 kJ
22	$2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	1,45	10^{-3} m^3 ;	3625 J;	3125 J
23	$2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	65,7 J	$6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	384 J;	24 J
24	4,6g;	159,2 J	$5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	10^5 Pa ;	9 kJ
25	310 K;	176,25 J	3;	2,01 kJ;	90 J
26	$1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$;	1,35	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	13,875 kJ
27	$2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	126 J	$2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$;	4,52 kJ;	140 J
28	25g;	1,55	$9 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	630 J;	120 J

№	7.5	7.6		7.7
1	5	10g;	397,4 K	30g
2	1,5	1,25;	1,1	2,4
3	481 K	290 K;	497,3 J	618,4 J
4	98 K	357,1 K;	2,2	520 m/s
5	3	2,6;	294 J	15g
6	2,5	40g;	315 K	1,5
7	508 K	356 K;	-234 J	1519 J
8	95 K	20g;	1,2	450 m/s
9	6	280 K;	1,5	26g
10	2	11g;	328 K	3
11	308 K	2,2;	2	64,8 J
12	35,4 K	310 K;	-65,1 J	420 m/s
13	3	310,4 K;	2,5	10g
14	1,25	2,5;	60,126 J	2
15	383 K	16g;	269,8 K	1399 J
16	110,4 K	362 K;	69,3 J	500 m/s
17	5	8g;	3	20g
18	1,3	280 K;	1,2	1,2
19	417 K	4g;	480 K	339,3 J
20	62 K	2;	2,7	350 m/s
21	6	300 K;	-4,85 J	25g
22	1,5	296 K;	2,4	2,5
23	302 K	1,5;	-47,02 J	1486 J
24	149 K	44g;	242,2 K	400 m/s
25	5	375 K;	23,8 J	35g
26	1,2	14g;	1,4	2,2
27	390 K	200 K;	2,3	78,7 J
28	194,2 K	7g;	366,5 K	380 m/s

№	7.8		
1	$2 \cdot 10^5 \text{ Pa};$	582,7 m/s;	516,4 m/s
2	$0,02 \text{ kg/m}^3;$	948,7 m/s;	774,6 m/s
3	$10^4 \text{ Pa};$	612,4 m/s;	564,2 m/s
4	$1,4 \text{ kg/m}^3;$	522 m/s;	463 m/s
5	$1,2 \cdot 10^5 \text{ Pa};$	526 m/s;	430 m/s
6	$0,04 \text{ kg/m}^3;$	612.4 m/s;	564,2 m/s
7	$8 \cdot 10^4 \text{ Pa};$	696.4 m/s;	617,2 m/s
8	$0,9 \text{ kg/m}^3;$	547.7 m/s;	447,2 m/s
9	$2,5 \cdot 10^5 \text{ Pa};$	584 m/s;	538 m/s
10	$0,2 \text{ kg/m}^3;$	798 m/s;	707 m/s
11	$8 \cdot 10^3 \text{ Pa};$	894 m/s;	730 m/s
12	$1,5 \text{ kg/m}^3;$	447 m/s;	412 m/s
13	$5 \cdot 10^4 \text{ Pa};$	412 m/s;	365 m/s
14	$0,5 \text{ kg/m}^3;$	693 m/s;	565,7 m/s
15	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa};$	567 m/s;	522,3 m/s
16	$0,01 \text{ kg/m}^3;$	1009 m/s;	894,4 m/s
17	$10^5 \text{ Pa};$	433 m/s;	353,5 m/s
18	$3 \text{ kg/m}^3;$	500 m/s;	460,6 m/s
19	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa};$	522 m/s;	463 m/s
20	$0,04 \text{ kg/m}^3;$	774,6 m/s;	632,5 m/s
21	$4 \cdot 10^3 \text{ Pa};$	1225 m/s;	1128 m/s
22	$2,4 \text{ kg/m}^3;$	460,7 m/s;	408 m/s
23	$5 \cdot 10^3 \text{ Pa};$	522 m/s;	426,4 m/s
24	$0,14 \text{ kg/m}^3;$	463 m/s;	426,5 m/s
25	$8 \cdot 10^4 \text{ Pa};$	583 m/s;	516,4 m/s
26	$2,5 \text{ kg/m}^3;$	600 m/s;	490 m/s
27	$2 \cdot 10^5 \text{ Pa};$	577 m/s;	532 m/s
28	$0,4 \text{ kg/m}^3;$	357 m/s;	316 m/s

№	7.9		7.10
1	$5,3844 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	80,8 nm	4460 m
2	$4,9 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	97 nm	4825 m
3	$4,55 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	113 nm	5193 m
4	$4,25 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	129,3 nm	5560 m
5	10^5 Pa ;	72 nm	78,5%
6	$2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	36 nm	61,6%
7	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	24 nm	48,4%
8	$4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	18 Nm	38%
9	320 K;	$9,8 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$	34,3%
10	340 K;	$9,5 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$	37,25%
11	360 K;	$9,2 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$	40%
12	380 K;	$9,0 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$	42,4%
13	$8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$;	$3,8 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$	N_2 ($\mu = 28 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$)
14	10^5 Pa ;	$4,76 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$	O_2 ($\mu = 32 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$)
15	$2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	$9,5 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$	N_2O ($\mu = 44 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$)
16	$4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	$1,9 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$	SO_2 ($\mu = 64 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$)
17	300 K;	86 nm	5,5 km
18	500 K;	143,4 nm	4 km
19	200 K;	57,4 nm	88 km
20	400 K;	114,7 nm	6,3 km
21	$2 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	221,6 nm	1,76 km
22	$4 \cdot 10^8 \text{ s}^{-1}$;	1108 nm	4 km
23	$4 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	110,8 nm	7,23 km
24	$2 \cdot 10^{10} \text{ s}^{-1}$;	22,16 nm	12,7 km
25	$9 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	51,8 nm	-30 °C
26	$7,83 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	69 nm	0 °C
27	$7 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	86,3 nm	+40 °C
28	$6,4 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$;	103,5 nm	+20 °C

№	8.1				8.2	
1	10,3%;	411,55 K;	320 K;	22,2%	600 J;	450 K
2	9,6%;	411,5 K;	365,8 K;	11%	400 J;	400 K
3	3,16%;	320 K;	257 K;	19,6%	200 J;	350 K
4	13%;	535 K;	411,55 K;	23%	800 J;	500 K
5	28,4%;	440,13 K;	310 K;	29,57%	2475 J;	225 K
6	15%;	411,55 K;	313,7 K;	23,8%	3025 J;	275 K
7	24,1%;	391 K;	271 K;	30,7%	3300 J;	300 K
8	26,7%;	512,15 K;	363,9 K;	29%	2750 J;	250 K
9	7,6%;	273,7 K;	228,4K;	16,5%	1800 J;	500 K
10	22,2%;	457,3 K;	355,6 K;	22,3%	1440 J;	400 K
11	13,8%;	457,3 K;	378,9 K;	17,14%	2160 J;	600 K
12	18,7%;	480,14 K;	386,9 K;	19,4%	1080 J;	300 K
13	34,1%;	365 K;	224 K;	38,7%	360 J;	260 K
14	23,4%;	446 K;	292,66 K;	34,36%	200 J;	300 K
15	36,7%;	402,4 K;	240,1 K;	40,34%	280 J;	280 K
16	27,5%;	411,5 K;	267,5 K;	35%	440 J;	240 K
17	21%;	411,55 K;	265,2 K;	35,5%	1309 J;	275 K
18	37,8%;	457,3 K;	263,4 K;	42,4%	1107,7 J;	325 K
19	15,3%;	411,55 K;	288,5 K;	29,9%	1200 J;	300 K
20	8,8%;	365,8 K;	280,8 K;	23,25%	1028,6 J;	350 K
21	12%;	376 K;	320,1 K;	14,9%	1046 J;	260 K
22	11,1%;	474 K;	411,55 K;	13,2%	971,4 J;	280 K
23	12,2%;	528,8 K;	457,28 K;	13,5%	1007,4 J;	270 K
24	11,8%;	463 K;	400 K;	13,6%	1088 J;	250 K
25	24%;	411,55 K;	278,35 K;	32,4%	2500 J;	500 K
26	19%;	503 K;	375 K;	25,45%	1750 J;	350 K
27	20%;	439 K;	287,9 K;	34,4%	2250 J;	450 K
28	16,8%;	514,44 K;	366 K;	28,8%	2000 J;	400 K

№	8.3				8.4
1	25 kJ;	50 °C;	0,0847;	10,8	100g .
2	1,5 kJ;	1 °C;	19,5 kJ;	0,077	200 K
3	15 °C;	172,6 kJ;	184,6 kJ;	14,38	750 K
4	26 °C;	140 kJ;	153,33 kJ;	0,087	4,04 J/K
5	3,6 kJ;	-7,7 °C;	176,4 kJ;	49	8g
6	3 kJ;	11,6 °C;	78 kJ;	0,0385	0,05 m ³
7	15,3 °C;	120 kJ;	0,032;	30	0,6 m ³
8	87 °C;	30 kJ;	40 kJ;	3	33,4 J/K
9	47 °C;	340 kJ;	0,059;	16	22g
10	16,8 kJ;	156,8 kJ;	0,107;	8,33	265 K
11	9,6 kJ;	-16,5 °C;	86,4 kJ;	9	315K
12	20,5 °C;	86 kJ;	0,07;	13,33	1,16 J/K
13	8 kJ;	30,2 °C;	0,0666;	14	16g
14	235,84 kJ;	258 kJ;	0,085;	10,72	0,2 m ³
15	5,76 kJ;	25,9 °C;	66,24 kJ;	11,5	0,8 m ³
16	71,5 °C;	240 kJ;	255 kJ;	0,059	3,27 J/K
17	38,4 kJ;	- 9 °C;	281,6 kJ;	7,33	66g
18	4,5 kJ;	42 °C;	40,5 kJ;	0,11	0,75 m ³
19	18,2 °C;	250 kJ;	0,107;	8,33	0,4 m ³
20	6 kJ;	98,4 °C;	0,125;	7	8,64 J/K
21	20 kJ;	-7,5 °C;	200 kJ;	0,1	28g
22	55,75 °C;	32 kJ;	40 kJ;	4	280 K
23	68,7 °C;	116 kJ;	0,2;	3,83	390 K
24	18 kJ;	218 kJ;	0,0825;	11,1	4,32 J/K
25	37,7 °C;	392 kJ;	420 kJ;	0,066	20g
26	-3 °C;	85 kJ;	0,12;	7,5	369 K
27	4 kJ;	29,8 °C;	0,059;	16	420 K
28	360,4 kJ;	397,4 kJ;	0,093;	9,74	2,225 J/K

№	8.5	8.6	8.7	
1	1880 J/K	200	0,026%	0,44%
2	842 J/K	1,5	0,019%	
3	4612 J/K	$3 \cdot 10^{99}$	0,015%	
4	2639 J/K	1,1	0,013%	
5	2,65 J/K	1,5	0,27%	0,158%
6	5,7 J/K	$6,835 \cdot 10^{97}$	0,2%	
7	0,59 J/K	0,5	0,16%	
8	10,34 J/K	500	0,14%	
9	-12,8 J/K	150	0,93%	0,127%
10	-29,3 J/K	1,8	0,7%	
11	-8,7 J/K	1,6	0,56%	
12	-68,4 J/K	$1,23 \cdot 10^{95}$	0,46%	
13	-735,4 J/K	2,5	0,068%	0,04%
14	-1446,35 J/K	1,25	0,051%	
15	-3357,5 J/K	$3,34 \cdot 10^{84}$	0,041%	
16	-6666,8 J/K	170	0,034%	
17	24,12 J/K	0,4	0,098%	0,263%
18	51,5 J/K	100	0,073%	
19	92,86 J/K	$2 \cdot 10^{90}$	0,058%	
20	131,1 J/K	1,4	0,049%	
21	159,6 J/K	$3,1 \cdot 10^{92}$	0,386%	0,113%
22	301,56 J/K	150	0,29%	
23	28,5 J/K	2	0,23%	
24	539,14 J/K	1,45	0,19%	
25	-243,18 J/K	$1,52 \cdot 10^{79}$	0,28%	0,196%
26	-328,83 J/K	350	0,21%	
27	-266,5 J/K	$1,7 \cdot 10^{61}$	0,17%	
28	-101,1 J/K	1,3	0,14%	

№	8.8	8.9	8.10
1	0,065%;	27,8 °C	2 kg
2	0,08%;	178,3 °C	0,05 m ³
3	0,085%;	328,7 °C	0,25 m ³
4	0,09%;	629,5 °C	1,83 K
5	0,09%;	15,8 °C	6 kg
6	0,096%;	160 °C	0,01 m ³
7	0,097%;	304 °C	0,75 m ³
8	0,098%;	593 °C	0,2 K
9	0,03%;	64 °C	1,5 kg
10	0,02%;	232,4 °C	0,31 m ³
11	0,05%;	401 °C	0,75 m ³
12	0,08%;	7,38 °C	0,22 K
13	0,08%;	35 °C	0,8 kg
14	0,013%;	189 °C	0,1 m ³
15	0,021%;	343 °C	0,5 m ³
16	0,056%;	651 °C	0,23 K
17	0,55%;	-8,25 °C	5 kg
18	0,3%;	124 °C	0,026 m ³
19	0,175%;	256,5 °C	5 m ³
20	0,05%;	521 °C	0,32 K
21	0,088%;	27,8 °C	0,4 kg
22	0,016%;	178 °C	0,1 m ³
23	0,02%;	328,7 °C	1 m ³
24	0,056%;	629,5 °C	3,13 K
25	0,47%;	102,5 °C	0,1 kg
26	0,28%;	290 °C	0,08 m ³
27	0,18%;	478 °C	0,45 m ³
28	0,09%;	853 °C	1,24 K

Elektr va magnetizm

№	9.1	9.2	9.3	9.4
1	$1,72 \cdot 10^{-4}$ N	10^{-9} C	322 V/m	$6,9 \cdot 10^{-12}$ m
2	$8,23 \cdot 10^{-5}$ N	$2 \cdot 10^{-9}$ C	318,2 V/m	$4 \cdot 10^{-11}$ m
3	$1,35 \cdot 10^{-4}$ N	0,6 m	230,4 V/m	$8 \cdot 10^{-12}$ m
4	$3,375 \cdot 10^{-5}$ N	0,33 m	161 V/m	$1,4 \cdot 10^{-13}$ m
5	$9,49 \cdot 10^{-5}$ N	$2 \cdot 10^{-9}$ C	360 V/m	$7,2 \cdot 10^{-12}$ m
6	$2 \cdot 10^{-5}$ N	$9 \cdot 10^{-8}$ C	150 V/m	$4 \cdot 10^{-12}$ m
7	10^{-5} N	1,207 m	85,7 V/m	$2,75 \cdot 10^{-11}$ m
8	$1,38 \cdot 10^{-5}$ N	0,775 m	56,25 V/m	$1,65 \cdot 10^{-11}$ m
9	$3,77 \cdot 10^{-4}$ N	$2,4 \cdot 10^{-8}$ C	229 V/m	$5,5 \cdot 10^{-10}$ m
10	$1,33 \cdot 10^{-4}$ N	$1,875 \cdot 10^{-10}$ C	57,3 V/m	$1,2 \cdot 10^{-10}$ m
11	$1,89 \cdot 10^{-4}$ N	0,724 m	25,46 V/m	$5,74 \cdot 10^{-11}$ m
12	$7,78 \cdot 10^{-5}$ N	0,414 m	14,3 V/m	$1,84 \cdot 10^{-11}$ m
13	$7,64 \cdot 10^{-5}$ N	$3,11 \cdot 10^{-9}$ C	805 V/m	$1,1 \cdot 10^{-10}$ m
14	$5,1 \cdot 10^{-5}$ N	$1,6 \cdot 10^{-9}$ C	318,2 V/m	$7,75 \cdot 10^{-10}$ m
15	$4 \cdot 10^{-5}$ N	0,383 m	166,4 V/m	$3,37 \cdot 10^{-9}$ m
16	$1,8 \cdot 10^{-5}$ N	0,667 m	100,6 V/m	$1,17 \cdot 10^{-8}$ m
17	$3,375 \cdot 10^{-4}$ N	$1,2 \cdot 10^{-10}$ C	995 V/m	$4,76 \cdot 10^{-12}$ m
18	$3,375 \cdot 10^{-4}$ N	$5 \cdot 10^{-8}$ C	527,2 V/m	$6 \cdot 10^{-12}$ m
19	$5,06 \cdot 10^{-4}$ N	0,324 m	302,3 V/m	$1,32 \cdot 10^{-11}$ m
20	$1,69 \cdot 10^{-4}$ N	0,333 m	190 V/m	$1,34 \cdot 10^{-12}$ m
21	$3,15 \cdot 10^{-5}$ N	10^{-8} C	3742,5 V/m	$4 \cdot 10^{-13}$ m
22	$3,18 \cdot 10^{-5}$ N	$1,6 \cdot 10^{-9}$ C	1348,7 V/m	$4,3 \cdot 10^{-12}$ m
23	$4,65 \cdot 10^{-5}$ N	0,516 m	559,8 V/m	$2,75 \cdot 10^{-12}$ m
24	$2,7 \cdot 10^{-5}$ N	0,29 m	272,6 V/m	$9,5 \cdot 10^{-12}$ m
25	$4,82 \cdot 10^{-6}$ N	$9 \cdot 10^{-9}$ C	1800 V/m	$1,14 \cdot 10^{-12}$ m
26	$1,14 \cdot 10^{-5}$ N	$5,4 \cdot 10^{-8}$ C	450 V/m	$1,3 \cdot 10^{-9}$ m
27	$1,52 \cdot 10^{-5}$ N	1,2 m	200 V/m	$8,82 \cdot 10^{-12}$ m
28	$1,22 \cdot 10^{-5}$ N	0,618	112,5 V/m	$1,53 \cdot 10^{-11}$ m

№	9.5	9.6	
1	6 cm	0,534 V/m	Ekvipotensial sirtlar yarim o'qlari $\sqrt{a\varphi}$, $\sqrt{b\varphi}$ $\sqrt{b\varphi}$, aylanish ellipsoidlar
2	20,92 V	1,068 V/m	
3	6 cm	0,8 V/m	
4	$7,57 \cdot 10^4$ m/s	0,5 V/m	
5	10 cm	7 V/m	Ekvipotensial sirtlar- yoz tekistigiga parallel bo'lgan tekisliklar
6	1252 V	7 V/m	
7	36 cm	7 V/m	
8	$8 \cdot 10^4$ m/s	7 V/m	
9	11 cm	1,73 V/m	Ekvipotensial sirtlar-radiusi bo'lgan $\sqrt{a\varphi}$ sferalar
10	36,4 V	0,87 V/m	
11	6 cm	0,5 V/m	
12	$9 \cdot 10^6$ m/s	0,71 V/m	
13	7 cm	5 V/m	Ekvipotensial sirtlar- xoytekisligiga parallel bo'lgan tekisliklar
14	470,7 V	5 V/m	
15	2 cm	5 V/m	
16	$5 \cdot 10^4$ m/s	5 V/m	
17	4 cm	45,65 V/m	Ekvipotensial sirtlar- yarim o'qlari $\sqrt{\varphi/a}$, $\sqrt{\varphi/a}$ $\sqrt{\varphi/b}$ bo'lgan ellipsoidlar
18	174 V	25,6 V/m	
19	9 cm	23,4 V/m	
20	10^5 m/s	12,8 V/m	
21	17 cm	28 V/m	Ekvipotensial sirtlar-aylanish giperboloidlari
22	256 V	34,2 V/m	
23	48 cm	17,4 V/m	
24	$2 \cdot 10^7$ m/s	29,4 V/m	
25	7 cm	9 V/m	Ekvipotensial sirtlar- xoy tekisligiga parallel bo'lgan tekisliklar
26	2092 V	9 V/m	
27	0,6 cm	9 V/m	
28	$1.5 \cdot 10^4$ m/s	9 V/m	

№	9.7	9.8	9.9	9.10
1	$5,1 \cdot 10^{-2} \text{ V}\cdot\text{m}$	56,5 V	$-1,3 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	5g
2	$4 \cdot 10^{-2} \text{ V}\cdot\text{m}$	56,5 V	$-3,8 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	$1,43 \cdot 10^{-5} \text{ C}$
3	$5,4 \cdot 10^{-2} \text{ V}\cdot\text{m}$	56,5 V	$2,2 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	20 cm
4	0,1 V·m	56,5 V	$3,5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	8 cm
5	0,257 V·m	49,9 V	$1,25 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	19,8g
6	0,223 V·m	29,2 V	$3,126 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	$3,8 \cdot 10^{-7} \text{ C}$
7	0,182 V·m	20,7 V	$5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	54 cm
8	0,129 V·m	16,1 V	$6,25 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	35,7 cm
9	0,2 V·m	34,9 V	$-9,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$	$1,55 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^3$
10	0,176 V·m	19,4 V	$-5,2 \cdot 10^{-5} \text{ J}$	$1,82 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^3$
11	0,144 V·m	12,3 V	$7,3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$	$4,1 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^3$
12	0,1 V·m	8,5 V	$2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$	$2,5 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^3$
13	$3,83 \cdot 10^{-3} \text{ V}\cdot\text{m}$	28,9 V	$-3,9 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	20°
14	$7,66 \cdot 10^{-3} \text{ V}\cdot\text{m}$	19 V	$-1,6 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	20°
15	$1,15 \cdot 10^{-2} \text{ V}\cdot\text{m}$	14,2 V	$1,26 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	5,2°
16	$1,53 \cdot 10^{-2} \text{ V}\cdot\text{m}$	11,3 V	$3,16 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	42,3°
17	1,3 V·m	21,64 V	$5,4 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	$6,9 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
18	0,96 V·m	14,26 V	$4 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	$2,84 \cdot 10^{-7} \text{ C}$
19	0,9 V·m	10,65 V	$1,8 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	11,8g
20	0,88 V·m	8,5 V	$-2,7 \cdot 10^{-6} \text{ J}$	19g
21	0,071 V·m	113 V	$1,57 \cdot 10^{-4} \text{ J}$	$6,5 \cdot 10^{-7} \text{ C}$
22	0,1 V·m	113 V	$7,83 \cdot 10^{-4} \text{ J}$	39,3g
23	0,123 V·m	113 V	$1,57 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	$7,3 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
24	0,142 V·m	113 V	$7,83 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	30,25g
25	0,35 V·m	4,4 V	$1,13 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	4,3g
26	0,53 V·m	2,2 V	$3,39 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	$2,4 \cdot 10^{-7} \text{ C}$
27	0,7 V·m	1,32 V	$5,65 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	42 cm
28	0,875 V·m	0,87 V	$7,91 \cdot 10^{-3} \text{ J}$	1,2 cm

№	10.1	
1	$2,23 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	$1,97 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
2	$3,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	$2,37 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
3	1,04;	$1,83 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
4	$4,73 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	7 kV/m
5	1,03;	$2,07 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
6	$2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$;	$1,65 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
7	$3,1 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	$3,3 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
8	$2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	$1,66 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
9	$6,21 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	24 kV/m
10	$1,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$;	6 kV/m
11	1,008;	14 kV/m
12	1,01;	$3,66 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
13	$1,24 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	12 kV/m
14	$3 \cdot 10^6 \text{ Pa}$;	$2,76 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
15	1,015;	$7,76 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
16	$5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	20 kV/m
17	1,02;	10 kV/m
18	$1,45 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	$2,82 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
19	$4 \cdot 10^6 \text{ Pa}$;	$3,67 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
20	1,02;	$9,2 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
21	1,035;	15 kV/m
22	1,05;	$3,66 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
23	$3,31 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	8 kV/m
24	$6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	13 kV/m
25	1,05;	$5,175 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
26	$3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$;	$1,38 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$
27	$4,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$;	$1,95 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$
28	$3,73 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$;	$6,6 \cdot 10^{-36} \text{ C} \cdot \text{m}$

№		10.2		
1	50 V/m; m ²	$8,85 \cdot 10^{-10}$ C/m ² ;	$4,425 \cdot 10^{-10}$ C/m ²	$4,425 \cdot 10^{-10}$ C/
2	312 V/m;	$2,76 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,7 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,7 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
3	140 V/m;	3,5;	40 V/m;	$8,85 \cdot 10^{-10}$ C/m ²
4	328,8 V/m;	4,11;	$2,91 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$2,2 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
5	135 V/m;	45 V/m;	$1,195 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$7,965 \cdot 10^{-10}$ C/ m ²
6	2,8;	$1,11 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$7,17 \cdot 10^{-10}$ C/m ² ;	$7,17 \cdot 10^{-10}$ C/m ²
7	176,3 V/m;	80,1 V/m;	$8,5 \cdot 10^{-10}$ C/m ² ;	$8,5 \cdot 10^{-10}$ C/m ²
8	3,44;	59,3 V/m;	$1,8 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,275 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
9	153,7 V/m;	4,39;	$1,05 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,05 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
10	100 V/m;	25 V/m;	$8,85 \cdot 10^{-10}$ C/m ² ;	$6,64 \cdot 10^{-10}$ C/m ²
11	270 V/m;	75 V/m;	$1,73 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,73 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
12	140 V/m;	2,33;	$1,24 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$7,08 \cdot 10^{-10}$ C/m ²
13	120 V/m;	2,4;	50 V/m;	$6,195 \cdot 10^{-10}$ C/ m ²
14	4,32;	99,4 V/m;	$3,8 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$2,92 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
15	30 V/m;	$1,59 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,33 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,33 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
16	272 V/m;	$2,41 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,7 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,7 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
17	84 V/m;	2,8;	30 V/m;	$4,78 \cdot 10^{-10}$ C/m ²
18	159,8 V/m;	4;	$1,414 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,06 \cdot 10^{-9}$ C/m ²
19	147 V/m;	42 V/m;	$1,3 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$9,29 \cdot 10^{-10}$ C/m ²
20	3,8;	$2,354 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,735 \cdot 10^{-9}$ C/m ² ;	$1,735 \cdot 10^{-9}$ C/m ²

21	147 V/m;	35 V/m;	$9,9 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$;	$9,9 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$
22	2,7;	110 V/m;	$2,63 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$1,655 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$
23	288 V/m;	3,2;	$1,75 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$1,75 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$
24	175 V/m;	70 V/m;	$1,55 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$9,3 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$
25	126 V/m;	$1,115 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$8,5 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$;	$8,5 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$
26	130 V/m;	2,6;	$1,15 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$7,08 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$
27	132 V/m;	3,3;	40 V/m;	$8,14 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$
28	4,5;	119,8 V/m;	$4,78 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$3,72 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$

№	10.3		10.4		10.5
1	400 V/m;	126 V/m	$1,76 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$10,8^\circ$	$2,25 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
2	720 V/m;	138,5 V/m	$2,65 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	$40,9^\circ$	$5,625 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
3	180 V/m;	42,6 V/m	$6,07 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	2,98	$2,5 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
4	1,44 kV/m;	213 V/m	$2,64 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$28,86^\circ$	$1,4 \cdot 10^{-6} \text{ N}$
5	39,2 V/m;	84,75 V/m	$1,83 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	$28,2^\circ$	$3 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}$
6	31 V/m;	104,6 V/m	$3,65 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	2,77	10^{-8} C/m
7	31 V/m;	235,4 V/m	$1,07 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	65°	$8 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}$
8	17,4 V/m;	26,15 V/m	$2,27 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$46,84^\circ$	$6 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}$
9	113 V/m;	18,8 V/m	$1,53 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	6	$10^{-7} \text{ C} \cdot \text{m}$
10	1,4 V/m;	25,1 V/m	$2,04 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	48°	$2 \cdot 10^{-8} \text{ C} \cdot \text{m}$
11	43,46 V/m;	16,14 V/m	$1,13 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$24,6^\circ$	$1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot \text{m}$
12	43,46 V/m;	1,4 V/m	$1,53 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	1,64	$7 \cdot 10^{-9} \text{ C} \cdot \text{m}$
13	904 V/m.;	75,3 V/m	$3,44 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$29,6^\circ$	0,1 m
14	1059 V/m;	113 V/m	$1,16 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$40,37^\circ$	0,25 m
15	904 V/m;	113 V/m	$1,18 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	3,78	0,7 m
16	41,6 V/m;	125,5 V/m	$9,41 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	23°	0,5 m
17	678 V/m;	169,5 V/m	$1,17 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	4°	$2,7 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
18	113 V/m;	8,4 V/m	$3 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	6,9	$1,62 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
19	261 V/m;	113 V/m	$5,13 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$7,12^\circ$	$2 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
20	678 V/m;	261 V/m	$4,37 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	$7,65^\circ$	$4 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
21	0;	201 V/m	$2,51 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	0,26	0,25 m
22	0;	266 V/m	$1,37 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$10,52^\circ$	0,15 m
23	0;	92,25 V/m	$9,2 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$21,8^\circ$	0,4 m
24	0;	84,75 V/m	$3 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	3	0,3 m
25	0;	968, 5 V/m	$1,085 \cdot 10^{-8} \text{ C/m}^2$;	$35,2^\circ$	$6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
26	0;	434,6 V/m	$1,54 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	$23,5^\circ$	10^{-8} C
27	0;	226 V/m	$4,52 \cdot 10^{-9} \text{ C/m}^2$;	7,6	$5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
28	0;	301,3 V/m	$3,83 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$;	58°	$2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

№	10.6			
1	$6,2 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$;	2163 V;	23 pF;	$5,4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
2	0,1 m;	$1,89 \cdot 10^{-7} \text{ C}$;	4189 V;	$3,95 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
3	8,6 cm;	$8,67 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	13,3 kV;	$5,3 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
4	7,8 cm;	$1,125 \cdot 10^{-6} \text{ C}$;	$1,47 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$;	703 pF
5	$8,8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	2262 V;	38,9 pF;	$9,95 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
6	3;	$9,55 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$;	16,7 pF;	$2,7 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
7	2,63 cm;	3,88;	$2,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	11,34 pF
8	10,5;	$4,42 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	2857 V;	$2,86 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
9	4,5;	$4,9 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	$2,4 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	2449 V
10	2,3;	$2,7 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	$4,3 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$;	17,8 pF
11	6,8 cm;	$7,14 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	$1,23 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	$7,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
12	3 cm;	2,43;	11 kV;	8,1 pF
13	6,25 cm;	$2 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	6 kV;	16,7 pF
14	1,8;	$8 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$;	10 kV;	40 pF
15	9,8;	$7,6 \cdot 10^{-7} \text{ C}$;	6338 V;	$2,4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
16	5 cm;	$2,54 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	36,36 pF;	$8,8 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
17	6,13 cm;	3,67;	$4,25 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	$3,6 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
18	5,18;	$2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$;	3861 V;	51,8 pF
19	5,6;	$1,2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$;	$1,5 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	$1,44 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
20	7,5 cm;	5,1;	1667 V;	$5,83 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
21	10 cm;	4,05;	45 pF;	$9 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
22	4,5 cm;	$6,93 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	$2,72 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	2309 V
23	5,8;	$1,1 \cdot 10^{-7} \text{ C}$;	77,5 pF;	$7,6 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
24	4,95;	$4 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}^2$;	908 V;	$2,27 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
25	5 cm;	7714 V;	38,9 pF;	$1,16 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
26	3,86 cm;	9,3;	$7,5 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	1871 V
27	$1,83 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	$1,62 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$;	7,33 pF;	$2,3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
28	7,15 cm;	$5,13 \cdot 10^{-8} \text{ C}$;	27 pF;	$4,87 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

№	10.7	10.8	10.9	10.10
1	3 kV	10 cm ²	50 cm ²	20 pF
2	2,25 kV	0,8 mm	5,52	15 pF
3	4,5 kV	140 V	120 V	13,33 pF
4	2,7 kV	2,3 · 10 ⁻⁷ J	1,6 cm	18 pF
5	2 · 10 ⁻⁸ C	2,67 cm ²	2,55 · 10 ⁻⁷ J	91,9 pF
6	4 · 10 ⁻⁹ C	1,7 mm	129,5 cm ²	18,9 pF
7	10 ⁻⁸ C	259,5 V	4	73 pF
8	4 · 10 ⁻⁸ C	1,42 · 10 ⁻⁷ J	180,4 V	43,24 pF
9	1,8 · 10 ⁻⁸ C; 5,4 kV	38,4 cm ²	2,49 cm	26,66 pF
10	6 · 10 ⁻⁹ C; 2,7 kV	2 mm	1,38 · 10 ⁻⁴ J	30 pF
11	2 · 10 ⁻⁸ C; 4,5 kV	60 V	100 cm ²	20 pF
12	1,3 · 10 ⁻⁸ C; 5,9 kV	1,32 · 10 ⁻⁷ J	6	22,22 pF
13	1,2 · 10 ⁻⁸ C; 5,4 kV	25 cm ²	80,35 V	6,66 pF
14	3 · 10 ⁻⁹ C; 2,7 kV	1,2 mm	3 cm	6 pF
15	10 ⁻⁸ C; 4,5 kV	270 V	2,06 · 10 ⁻⁵ J	8,33 pF
16	3,3 · 10 ⁻⁸ C; 5,9 kV	2,52 · 10 ⁻⁷ J	81 cm ²	11,1 pF
17	1,5 · 10 ⁻⁵ J; 9 · 10 ⁻⁵ J;	15 cm ²	2	15,9 pF
18	5,625 · 10 ⁻⁶ J; 7,2 · 10 ⁻⁶ J	2,5 mm	139 V	8,1 pF
19	4,5 · 10 ⁻⁵ J; 2,25 · 10 ⁻⁵ J	150 V	1,9 cm	23,45 pF
20	8,1 · 10 ⁻⁵ J; 1,44 · 10 ⁻⁴ J	9,52 · 10 ⁻⁸ J	1,77 · 10 ⁻⁶ J	14,15 pF
21	8,1 · 10 ⁻⁵ J;	9 cm ²	199,25 cm ²	55 pF
22	1,215 · 10 ⁻⁵ J	3 mm	2,8	44 pF
23	6,75 · 10 ⁻⁵ J	110 V	220 V	60 pF
24	1,357 · 10 ⁻⁴ J	2,68 · 10 ⁻⁷ J	2,6 cm	36 pF
25	2,4 · 10 ⁻⁵ J	12 cm ²	2,5 · 10 ⁻⁴ J	26,9 pF
26	6,75 · 10 ⁻⁷ J	1,5 mm	150,6 cm ²	55,7 pF
27	0	90 V	3,6	20,53 pF
28	8,93 · 10 ⁻⁵ J	1,43 · 10 ⁻⁷ J	99 V	45,88 pF

№	11.1		11.2	11.3	
1	$1,33 \cdot 10^7$ m/s;	41°	400 V	7 C;	7 A
2	3,3 cm;	$1,55 \cdot 10^7$ m/s	2 cm	16 C;	8 A
3	$7,07 \cdot 10^5$ m/s;	0,3 cm	5 cm	27 C;	9 A
4	$5 \cdot 10^5$ m/s;	24,65 V/m	28 V	40 C;	10 A
5	$1,1 \cdot 10^6$ m/s;	$25,5^\circ$	3,5 cm	10 C;	5 A
6	36,2 cm;	$2 \cdot 10^6$ m/s	2,5 cm	30 C;	10 A
7	$8,66 \cdot 10^4$ m/s;	0,45 cm	205 V	68 C;	17 A
8	$7,07 \cdot 10^4$ m/s;	522 V/m	100 V	130 C;	26 A
9	$1,33 \cdot 10^7$ m/s;	41°	8 cm	21,5 C;	21,5 A
10	5,58 cm;	$1,4 \cdot 10^7$ m/s	72,7 V	62 C;	31 A
11	$5 \cdot 10^5$ m/s;	2,46 cm	500 V	127,5 C;	42,5 A
12	$8,66 \cdot 10^6$ m/s;	2465 V/m	1 cm	224 C;	56 A
13	$8,84 \cdot 10^6$ m/s;	$83,5^\circ$	320 V	11 C;	11 A
14	1,1 cm;	$1,4 \cdot 10^6$ m/s	2 cm	28 C;	14 A
15	$5 \cdot 10^5$ m/s;	2,5 cm	2,8 cm	51 C;	17 A
16	$8,66 \cdot 10^5$ m/s;	24,65 V/m	13,3 V	80 C;	20 A
17	$4,9 \cdot 10^5$ m/s;	$78,2^\circ$	4 cm	12 C;	6 A
18	6 cm;	$1,155 \cdot 10^5$ m/s	2 cm	19,5 C;	6,5 A
19	$7,07 \cdot 10^4$ m/s;	5,2 cm	240 V	28 C;	7 A
20	$5 \cdot 10^5$ m/s;	$4,52 \cdot 10^4$ V/m	36 V	37,5 C;	7,5 A
21	$8,84 \cdot 10^6$ m/s;	$83,5^\circ$	6 cm	10 C;	10 A
22	1,97 cm;	$2 \cdot 10^6$ m/s	40 V	34 C;	17 A
23	$8,66 \cdot 10^5$ m/s;	2,46 cm	600 V	78 C;	26 A
24	$7,07 \cdot 10^5$ m/s;	28,47 V/m	2,4 cm	148 C;	37 A
25	$4,89 \cdot 10^5$ m/s;	$78,2^\circ$	600 V	13 C;	13 A
26	1,2 cm;	$1,155 \cdot 10^5$ m/s	2 cm	30 C;	15 A
27	$7,07 \cdot 10^4$ m/s;	1 cm	10 cm	51 C;	17 A
28	$5 \cdot 10^4$ m/s;	906 V/m	36 V	76 C;	19 A

№	11.4		11.5	11.6	11.7	
1	0,02 Ω;	1 mA/del.	0,2 A	3,43 kg	20 m;	4,5 W
2	0,0353 Ω;	1,33 mA/del.	146 mA	42°	2 A;	2 W
3	0,0176 Ω;	0,66 mA/del.	0,2 A	10 ³ kJ	8 V;	8 W
4	0,011 Ω;	2 mA/del.	149 mA	80%	20 m;	2A
5	3 kΩ;	0,5 V/del.	273 mA	2 kg	8 V;	4 A
6	4 kΩ;	1 V/del.	511 mA	33°	5 Ω;	5 W
7	1,5 kΩ;	0,75 V/del.	822 mA	1,5 · 10 ³	6 V;	1,5 Ω
8	6 kΩ;	1,5 V/del.	216 mA	kJ 60%	0,4 A;	0,2 W
9	120 kΩ;	2 V/del.	625 mA	3,5 kg	2 Ω;	2 A
10	60 kΩ;	10 V/del.	1,67 A	17°	4 V;	4 W
11	150 kΩ;	6 V/del.	208 mA	1,5 · 10 ³	2 A;	3 W
12	200 kΩ;	4 V/del.	0,2 A	kJ 70%	6 V;	3 Ω
13	0,77 Ω;	2 mA/del.	454,5 mA	4 kg	3 A;	4,5 W
14	2 Ω;	3 mA/del.	303 mA	34°	3 V;	0,5 Ω
15	3 Ω;	6 mA/del.	126 mA	1,2 · 10 ³	2 Ω;	8 W
16	0,07 Ω;	1,5 mA/del.	491 mA	kJ 75%	6 V;	3 A
17	0,0143 Ω;	3 mA/del.	6 A	3 kg	4 Ω;	1 W
18	0,0154 Ω;	1,5 mA/del.	3,33 A	19°	2 A;	4 W
19	0,0033 Ω;	1 mA/del.	1 A	980 kJ	36 V;	108 W
20	0,0364 Ω;	5 mA/del.	0,5 A	60%	0,75 Ω;	8 A
21	9 kΩ;	20 V/del.	0,1 A	1,2 kg	6 V;	2 A
22	2 kΩ;	10 V/del.	0,29 A	21°	2 Ω;	4,5 W
23	57 kΩ;	40 V/del.	0,13 A	830 kJ	2 V;	0,5 Ω
24	156 kΩ;	6,67 V/del.	147,5 mA	45%	5 A;	12,5 W
25	30 kΩ;	5 V/del.	322,6 mA	1,7 kg	4 V;	1 A
26	75 kΩ;	2 V/del.	238,5 mA	16°	6 V;	2 Ω
27	150 kΩ;	10 V/del.	526 mA	900 kJ	16 V;	32 W
28	10 kΩ;	3 V/del.	0,2 A	44%	10 m;	6 A

№	11.8	11.9	11.10	
1	1,05 Ω	1,6 m	2,4 μA/m ² ;	0,01%
2	17,3 Ω	6,25 mm ²	1,28 μA/m ² ;	0,05%
3	25,14 mA	6,25 · 10 ¹² m ⁻³	1,44 μA/m ² ;	0,2%
4	11 K	3,38 · 10 ¹⁴ Ω	2,3 μA/m ² ;	0,1%
5	19,5 mA	0,24 m	64 μA/m ² ;	0,02%
6	6 · 10 ⁻³ K ₁ ⁻	6,25 mm ²	68,3 μA/m ² ;	0,025%
7	2,85 Ω	6,25 · 10 ¹² m ⁻³	144 μA/m ² ;	0,015%
8	26,4 Ω	3,125 · 10 ¹⁴ Ω	1,54 μA/m ² ;	0,1%
9	152 mA	0,8 m	0,56 μA/m ² ;	0,12%
10	64,5 K	6,25 mm ²	5,1 μA/m ² ;	0,1%
11	17,5 mA	9,4 · 10 ¹³ m ⁻³	57,65 μA/m ² ;	0,08%
12	4 · 10 ⁻³ K ₁ ⁻	2,1 · 10 ¹⁴ Ω	560 μA/m ² ;	0,036%
13	5,7 Ω	0,4 m	1,44 mA/m ² ;	0,003%
14	0,87 Ω	6,25 mm ²	2,88 mA/m ² ;	0,002%
15	84,9 mA	3,125 · 10 ¹⁵ m ⁻³	0,32 mA/m ² ;	0,05%
16	29 K	1,25 · 10 ¹⁴ Ω	0,8 mA/m ² ;	0,002%
17	104,5 mA	0,24 m	0,8 mA/m ² ;	0,2%
18	6 · 10 ⁻³ K ₁ ⁻	6,25 mm ²	2,56 mA/m ² ;	0,1%
19	30 Ω	6,25 · 10 ¹⁵ m ⁻³	5,77 mA/m ² ;	0,15%
20	16,5 Ω	6,25 · 10 ¹⁴ Ω	12,82 mA/m ² ;	0,15%
21	43,5 mA	0,4 m	147 μA/m ² ;	2%
22	61,2 K	6,25 mm ²	325 μA/m ² ;	1,5%
23	9,1 mA	6,25 · 10 ¹³ m ⁻³	485 μA/m ² ;	1%
24	4 · 10 ⁻³ K ₁ ⁻	6,25 · 10 ¹³ Ω	1,6 mA/m ² ;	0,5%
25	65,5 Ω	0,18 m	136 μA/m ² ;	2%
26	10,1 Ω	6,25 mm ²	129 μA/m ² ;	0,8%
27	133,7 mA	1,25 · 10 ¹³ m ⁻³	125 μA/m ² ;	0,3%
28	43,9 K	1,25 · 10 ¹⁴ Ω	128 μA/m ² ;	0,05%

№	12.1	12.2	12.3	12.4
1	2 cm	10^{-5} T	2,1 A	$1,63 \cdot 10^{-5}$ T
2	9,8 A	$5 \cdot 10^{-6}$ T	2,2 cm	$1,72 \cdot 10^{-5}$ T
3	4,1 T	$2 \cdot 10^{-5}$ T	$1,3 \cdot 10^{-5}$ T	$1,79 \cdot 10^{-5}$ T
4	$4,71 \cdot 10^{-5}$ N · m	$3 \cdot 10^{-5}$ T	$\approx 90^\circ$	$1,83 \cdot 10^{-5}$ T
5	30°	$2 \cdot 10^{-5}$ T	12,2 A	$-3,8 \cdot 10^{-6}$ T
6	1 cm	10^{-5} T	8,5 cm	$-4,85 \cdot 10^{-6}$ T
7	≈ 3 A	$4 \cdot 10^{-5}$ T	$2,83 \cdot 10^{-6}$ T	$-5,77 \cdot 10^{-6}$ T
8	4,06 T	10^{-5} T	$\approx 83^\circ$	$-6,4 \cdot 10^{-6}$ T
9	$1,2 \cdot 10^{-3}$ N · m	$6 \cdot 10^{-6}$ T	7,3 A	$7,92 \cdot 10^{-6}$ T
10	$\approx 30^\circ$	$8 \cdot 10^{-6}$ T	16,1 cm	$3,38 \cdot 10^{-5}$ T
11	3 cm	$1,6 \cdot 10^{-5}$ T	$1,77 \cdot 10^{-5}$ T	$3,19 \cdot 10^{-5}$ T
12	0,4 A	$6 \cdot 10^{-6}$ T	$\approx 90^\circ$	$2,84 \cdot 10^{-5}$ T
13	3 T	10^{-5} T	3,98 A	$2,12 \cdot 10^{-5}$ T
14	$3,02 \cdot 10^{-3}$ N · m	$1,8 \cdot 10^{-5}$ T	1,15 cm	$1,36 \cdot 10^{-5}$ T
15	45°	$1,6 \cdot 10^{-6}$ T	$1,49 \cdot 10^{-5}$ T	$8,27 \cdot 10^{-6}$ T
16	4 cm	$1,4 \cdot 10^{-5}$ T	$\approx 101^\circ$	$3,28 \cdot 10^{-6}$ T
17	2 A	$8 \cdot 10^{-6}$ T	3,35 A	$7,35 \cdot 10^{-6}$ T
18	4 T	$1,2 \cdot 10^{-5}$ T	1,15 cm	$7,96 \cdot 10^{-6}$ T
19	$6,1 \cdot 10^{-3}$ N · m	$6 \cdot 10^{-5}$ T	$1,71 \cdot 10^{-6}$ T	$9 \cdot 10^{-6}$ T
20	60°	$2 \cdot 10^{-5}$ T	$\approx 83^\circ$	$9,5 \cdot 10^{-6}$ T
21	5 cm	$1,8 \cdot 10^{-5}$ T	18,3 A	$5,2 \cdot 10^{-6}$ T
22	4,5 A	$4 \cdot 10^{-5}$ T	4,5 cm	$3,5 \cdot 10^{-6}$ T
23	2 T	$1,6 \cdot 10^{-5}$ T	$1,42 \cdot 10^{-5}$ T	0
24	$2,5 \cdot 10^{-2}$ N · m	$2 \cdot 10^{-6}$ T	$\approx 101^\circ$	$-3 \cdot 10^{-6}$ T
25	60°	$1,4 \cdot 10^{-5}$ T	14,9 A	$1,3 \cdot 10^{-5}$ T
26	5 cm	$6 \cdot 10^{-5}$ T	7,1 cm	$5,69 \cdot 10^{-6}$ T
27	2 A	$1,4 \cdot 10^{-5}$ T	$1,72 \cdot 10^{-5}$ T	0
28	2 T	$2 \cdot 10^{-5}$ T	$\approx 47^\circ$	$-5,69 \cdot 10^{-6}$ T

№	12.5	12.6	12.7
1	4 cm	$1,32 \cdot 10^{-4} \text{ T}$	$-5 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
2	5 A	$3,49 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$-2,76 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
3	2 A	$6,86 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$3,77 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
4	$3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$3,46 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$1,38 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
5	1 cm	$3,57 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$-7,54 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
6	4 A	$8 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$6,28 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
7	5 A	$1,56 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$1,26 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
8	$2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$3,96 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$4 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
9	5 cm	$6,44 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$-3,77 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
10	2 A	$5,77 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$2,14 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
11	6 A	$1,73 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$1,13 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
12	$4 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$1,2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$-1,26 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
13	2 cm	$8,26 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$8 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
14	3 A	$1,6 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$-6,28 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
15	1 A	$9,5 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$1,88 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
16	$9 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$9 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$2 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
17	6 cm	$2,53 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$2,5 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
18	6 A	$4,1 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$7,54 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
19	5 A	$2,68 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$4,77 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
20	$2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$6,13 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$-1,63 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
21	12 cm	$1,66 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$-3,14 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
22	2 A	$2,2 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$3 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
23	1 A	$1,51 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$-2,26 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
24	$3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$3,3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$1,26 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
25	9 cm	$1,47 \cdot 10^{-5} \text{ T}$	$2,26 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
26	1 A	$7,35 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$-8,8 \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m}$
27	3 A	$4,9 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$1,88 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$
28	$1,2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$	$3,68 \cdot 10^{-6} \text{ T}$	$6 \cdot 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}$

№	12.8	12.9	12.10
1	2,4 mm	$8 \cdot 10^{-7}$ T	$1,3 \cdot 10^{-7}$ T
2	$6,28 \cdot 10^{-2}$ T	$1,6 \cdot 10^{-6}$ T	$2,35 \cdot 10^{-7}$ T
3	2,4 A	$2,4 \cdot 10^{-6}$ T	$3,14 \cdot 10^{-7}$ T
4	4 qatlam	$3,2 \cdot 10^{-6}$ T	$3,71 \cdot 10^{-7}$ T
5	1,4 mm	$4 \cdot 10^{-6}$ T	$4,44 \cdot 10^{-7}$ T
6	$1,88 \cdot 10^{-2}$ T	$3,33 \cdot 10^{-6}$ T	$4,83 \cdot 10^{-7}$ T
7	6,7 A	$2,86 \cdot 10^{-6}$ T	$5,41 \cdot 10^{-7}$ T
8	2 qatlam	$2,67 \cdot 10^{-6}$ T	$5,62 \cdot 10^{-7}$ T
9	0,63 mm	$2 \cdot 10^{-6}$ T	$3,64 \cdot 10^{-7}$ T
10	$2,5 \cdot 10^{-2}$ T	$1,49 \cdot 10^{-6}$ T	$3,36 \cdot 10^{-7}$ T
11	5,5 A	$9,65 \cdot 10^{-7}$ T	$2,47 \cdot 10^{-7}$ T
12	3 qatlam	0	$1,92 \cdot 10^{-7}$ T
13	1,56 mm	$8 \cdot 10^{-7}$ T	$1,26 \cdot 10^{-6}$ T
14	$7,54 \cdot 10^{-3}$ T	$1,6 \cdot 10^{-6}$ T	$9,42 \cdot 10^{-7}$ T
15	6 A	$2,4 \cdot 10^{-6}$ T	$6,28 \cdot 10^{-7}$ T
16	2 qatlam	$3,2 \cdot 10^{-6}$ T	$3,14 \cdot 10^{-7}$ T
17	3,14 mm	$4 \cdot 10^{-6}$ T	$1,12 \cdot 10^{-6}$ T
18	$1,88 \cdot 10^{-2}$ T	$2,86 \cdot 10^{-6}$ T	$8,89 \cdot 10^{-7}$ T
19	6 A	$2,22 \cdot 10^{-6}$ T	$6,97 \cdot 10^{-7}$ T
20	2 qatlam	$1,82 \cdot 10^{-6}$ T	$5,62 \cdot 10^{-7}$ T
21	1 mm	$4,43 \cdot 10^{-7}$ T	$3,14 \cdot 10^{-7}$ T
22	$5 \cdot 10^{-2}$ T	$8,6 \cdot 10^{-7}$ T	$1,85 \cdot 10^{-7}$ T
23	4 A	$1,26 \cdot 10^{-6}$ T	$1,29 \cdot 10^{-7}$ T
24	5 qatlam	$2 \cdot 10^{-6}$ T	$9,8 \cdot 10^{-8}$ T
25	0,83 mm	$1,6 \cdot 10^{-6}$ T	$2,34 \cdot 10^{-7}$ T
26	$1,5 \cdot 10^{-2}$ T	$1,33 \cdot 10^{-6}$ T	$3,8 \cdot 10^{-7}$ T
27	8 A	$1,14 \cdot 10^{-6}$ T	$3,82 \cdot 10^{-7}$ T
28	3 qatlam	10^{-6} T	$2,4 \cdot 10^{-7}$ T

№	13.1		13.2	
1	10,2 cm;	$1,1 \cdot 10^{-6}$ s	2 cm;	21,76 cm
2	$2 \cdot 10^{-2}$ T;	$7,5 \cdot 10^{-23}$ kg · m ² /s	0,43 cm;	1,57 cm
3	1296 V;	$2 \cdot 10^{12}$ m/s ²	2 cm;	12,56 cm
4	5,1 cm;	0	1 cm;	2,83 cm
5	5 cm;	$2,4 \cdot 10^{-24}$ kg · m ² /s	$3,53 \cdot 10^{-3}$ T;	9,42 cm
6	2000 V;	$1,4 \cdot 10^{16}$ m/s ²	0,1 T;	27,2 cm
7	10^{-3} T;	0	10^{-2} T;	3,14 cm
8	10 cm;	$4 \cdot 10^{-8}$ s	0,173 T;	9,1 cm
9	$3 \cdot 10^{-3}$ T;	$8,44 \cdot 10^{15}$ m/s ²	1800 V;	1 cm
10	3 cm;	0	3500 V;	0,43 cm
11	$2 \cdot 10^{-3}$ T;	$1,8 \cdot 10^{-8}$ s	900 V;	1 cm
12	2880 V;	$1,75 \cdot 10^{-24}$ kg · m ² /s	3500 V;	0,5 cm
13	20,4 cm;	$3,3 \cdot 10^{-6}$ s	7900 V;	9,42 cm
14	1600 V;	$1,3 \cdot 10^{-22}$ kg · m ² /s	900 V;	16,3 cm
15	$2 \cdot 10^{-2}$ T;	$9,6 \cdot 10^{11}$ m/s ²	7900 V;	18,8 cm
16	3600 V;	0	3200 V;	7,25 cm
17	484 V;	0	0,14 T;	2 cm
18	$5 \cdot 10^{-2}$ T;	$2,4 \cdot 10^{-22}$ kg · m ² /s	0,1 T;	1,5 cm
19	20 cm;	$1,9 \cdot 10^{11}$ m/s ²	$6,28 \cdot 10^{-2}$ T;	1 cm
20	3600 V;	$1,64 \cdot 10^{-6}$ s	$7,07 \cdot 10^{-3}$ T;	3 cm
21	$5 \cdot 10^{-3}$ T;	0	30°;	21,76 cm
22	1280 V;	$1,5 \cdot 10^{16}$ m/s ²	30°;	5,44 cm
23	20 cm;	$1,94 \cdot 10^{-24}$ kg · m ² /s	45°;	6,28 cm
24	10^{-3} T;	$3,6 \cdot 10^{-8}$ s	45°;	6,28 cm
25	3 cm;	$1,2 \cdot 10^{-8}$ s	60°;	0,87 cm
26	$3 \cdot 10^{-3}$ T;	0	45°;	1 cm
27	2 cm;	$1,4 \cdot 10^{17}$ m/s ²	30°;	2,5 cm
28	2000 V;	$7,3 \cdot 10^{-24}$ kg · m ² /s	60°;	2,5 cm

№	13.3	13.4	13.5	13.6
1	$6,2 \cdot 10^{-18} \text{ J}$	1,3 A	0,32 mm	2 cm
2	$6 \cdot 10^{-2} \text{ T}$	0,36 T	$6,6 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$	0,2 T
3	5 cm	$8 \cdot 10^{-7} \text{ V}$	0,6 T	45°
4	30°	0,54 mm	0,5 A	$2,42 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
5	$3,06 \cdot 10^{-17} \text{ J}$	2,46 A	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ V}$	2,5 cm
6	0,1 T	0,55 T	$0,65 \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	1 T
7	3 cm	$1,3 \cdot 10^{-7} \text{ V}$	0,426 mm	60°
8	30°	1,08 mm	$4 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$	$1,67 \cdot 10^{-5} \text{ N}$
9	$1,4 \cdot 10^{-16} \text{ J}$	2,15 A	0,88 T	1 cm
10	$6 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	0,76 T	0,8 A	$6,66 \cdot 10^{-3} \text{ T}$
11	1,2 cm	$7,8 \cdot 10^{-7} \text{ V}$	$8,8 \cdot 10^{-4} \text{ V}$	45°
12	60°	0,36 mm	$5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	$8,7 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
13	$2,76 \cdot 10^{-18} \text{ J}$	3A	0,33 mm	3 cm
14	$4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$	0,26 T	$6 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$	0,1 T
15	2 cm	$4 \cdot 10^{-7} \text{ V}$	1 T	30°
16	45°	0,45 mm	0,66 A	$3,65 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
17	$3,5 \cdot 10^{-17} \text{ J}$	5,25 A	$3,82 \cdot 10^{-4} \text{ V}$	2 cm
18	$4 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	0,4 T	$1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	$6,06 \cdot 10^{-2} \text{ T}$
19	8 cm	$5,4 \cdot 10^{-7} \text{ V}$	0,18 mm	45°
20	30°	0,11 mm	$1,5 \cdot 10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$	$1,86 \cdot 10^{-3} \text{ N}$
21	$2,76 \cdot 10^{-18} \text{ J}$	7,2 A	0,91 T	4 cm
22	0,7 T	0,84 T	0,2 A	0,1 T
23	4 cm	$1,8 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	$5,35 \cdot 10^{-4} \text{ V}$	60°
24	45°	0,9 mm	$5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	$7,74 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
25	$5,04 \cdot 10^{-15} \text{ J}$	6A	0,22 mm	5 cm
26	$2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	0,8 T	$10^{-5} \Omega \cdot \text{m}$	0,2 T
27	8,66 cm	$9,3 \cdot 10^{-7} \text{ V}$	1 T	60°
28	30°	0,39 mm	0,1 A	$2,23 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

N ₂	13.7	13.8	13.9	13.10
1	$2,13 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$	60°	2,5 cm	0,12 T
2	$5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	20Hz	6 cm	0,5 A
3	10 cm	4 cm	2 A	6 cm
4	45°	120 s	1 A	45°
5	0,2 A	$5,32 \cdot 10^{-2} \text{ Vb}$	$5,54 \cdot 10^{-8} \text{ J}$	60°
6	$1,7 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$	$6 \cdot 10^{-2} \text{ T}$	2 cm	$-2,3 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
7	$7,51 \cdot 10^{-2} \text{ T}$	45°	10 cm	0,2 T
8	16 cm	10Hz	2 A	0,8 A
9	60°	2 cm	1,25 A	4 cm
10	0,4 A	30 s	$4,16 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	30°
11	$3,1 \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{m}$	$1,04 \cdot 10^{-2} \text{ Vb}$	1,5 cm	0
12	$4 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	$8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	12 cm	$-1,7 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
13	8 cm	60°	0,4 A	0,6 T
14	30°	15Hz	1,33 A	0,1 A
15	0,2 A	5 cm	$4,57 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	5 cm
16	$1,1 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m}$	1 min	6 cm	180°
17	$2 \cdot 10^{-2} \text{ T}$	1,085 Vb	6 cm	90°
18	10 cm	$6 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	2,5 A	$-1,38 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
19	60°	45°	2 A	0,25 T
20	0,21 A	25Hz	$3,86 \cdot 10^{-8} \text{ J}$	1 A
21	$1,9 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$	3 cm	4 cm	2 cm
22	$9,5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	50 s	9 cm	60°
23	6 cm	0,235 Vb	1 A	90°
24	30°	0,12 T	0,5 A	$9,79 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
25	0,5 A	30°	$2 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	0,4 T
26	$4,08 \cdot 10^{-6} \text{ N} \cdot \text{m}$	10Hz	cm	0,5 A
27	$8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	6 cm	cm	3 cm
28	10 cm	45 s	1,25 A	0°

№	14.1	14.2	14.3	14.4
1	$2,8 \cdot 10^{-5} \text{ Vb} \cdot \text{m}$	1165	$20,375^\circ$; 0,98	0,02 T
2	$1,5 \cdot 10^{-4}$	683	$2,048 \cdot 10^{-3} \text{ T}$; $43,6^\circ$	30 cm
3	1 cm	517	$4,987 \cdot 10^{-4} \text{ T}$; $29,75^\circ$	40 rad/s
4	$5 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	430	$45,567^\circ$; 1,02	60°
5	$4,1 \cdot 10^{-6} \text{ Vb} \cdot \text{m}$	0,6 T	$8,186 \cdot 10^{-3} \text{ T}$; $60,75^\circ$	$8,1 \cdot 10^{-2} \text{ V}$
6	$-1,76 \cdot 10^{-4}$	0,9 T	$3,33 \cdot 10^{-3} \text{ T}$; 1,005	0,11 T
7	2 cm	1 T	$59,75^\circ$; 0,99	20 cm
8	$2 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	1,25 T	$5,008 \cdot 10^{-2} \text{ T}$; $40,113^\circ$	30 rad/s
9	$1,1 \cdot 10^{-4} \text{ Vb} \cdot \text{m}$	5,8 A	$20,11^\circ$; 1,006	45°
10	$-9 \cdot 10^{-6}$	2,4 A	$7,616 \cdot 10^{-3} \text{ T}$; $45,1436^\circ$	0,61 V
11	3 cm	3,4 A	$29,754^\circ$; 1,01	0,4 T
12	10^{-3} T	4,5 A	$3,976 \cdot 10^{-4} \text{ T}$; $59,8^\circ$	25 cm
13	$4,84 \cdot 10^{-5} \text{ Vb} \cdot \text{m}$	882 m^{-1}	$1,145 \cdot 10^{-2} \text{ T}$; $0,656^\circ$	50 rad/s
14	$1,4 \cdot 10^{-3}$	1070 m^{-1}	$85,9^\circ$; 800	60°
15	2 cm	811 m^{-1}	$88,36^\circ$; $1,432 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	0,15 V
16	$5 \cdot 10^{-2} \text{ T}$	757 m^{-1}	$0,82^\circ$; $2 \cdot 10^3$	0,2 T
17	$8,75 \cdot 10^{-8} \text{ Vb} \cdot \text{m}$	3,7 mm	$87,8^\circ$; 10^{-3}	10 cm
18	$-1,7 \cdot 10^{-5}$	4,7 mm	$1,05^\circ$; $8 \cdot 10^{-4}$	60 rad/s
19	1 cm	3,2 mm	0,1397 T; $88,36^\circ$	45°
20	$3 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	4,1 mm	$2,8 \cdot 10^{-3} \text{ T}$; $3,28^\circ$	0,215 V
21	$1,08 \cdot 10^{-5} \text{ Vb} \cdot \text{m}$	34,5 cm	87° ; $3,14 \cdot 10^{-3} \text{ T}$	0,5 T
22	$1,4 \cdot 10^{-3}$	42 cm	$2,87 \cdot 10^{-2} \text{ T}$; $0,683^\circ$	15 cm
23	1 cm	59 cm	88° ; 110	50 rad/s
24	10^{-2} T	1,35 m	$1,215^\circ$; 900	30°
25	$6,93 \cdot 10^{-8} \text{ Vb} \cdot \text{m}$	643	89° ; 750	0,68 V
26	$1,2 \cdot 10^{-3}$	1126	$1,31 \cdot 10^{-4} \text{ T}$; $3,214^\circ$	0,3 T
27	3 cm	1416	$1,26 \cdot 10^{-3} \text{ T}$; $85,45^\circ$	30 cm
28	10^{-3} T	1894	$1,312^\circ$; 10^3	20 rad/s

№	14.5	14.6	14.7	
1	$5,25 \cdot 10^{-3}$ V	0,2 T	3,43Gn;	0,6 mm
2	$9,02 \cdot 10^{-3}$ V	32,8 V	480;	0,4 A
3	$1,05 \cdot 10^{-2}$ V	600	7,359Gn;	$255,55 \text{ J/m}^3$
4	$9,09 \cdot 10^{-3}$ V	20 cm^2	380;	848
5	$8,48 \cdot 10^{-4}$ V	13,07 V	78,17Gn;	0,8 A
6	$1,697 \cdot 10^{-3}$ V	1,25 s	650;	0,3 mm
7	$2,545 \cdot 10^{-3}$ V	0,3 T	0,7 mm;	4,2 cm
8	$3,39 \cdot 10^{-3}$ V	840	4,44Gn;	1200
9	0,02 V	800	570;	$149,15 \text{ J/m}^3$
10	0,04 V	15 cm^2	0,5 mm;	0,6 A
11	0,06 V	12,4 V	3,6 cm;	2197
12	0,08 V	1,61 s	1387;	$36\ 801 \text{ J/m}^3$
13	$6,49 \cdot 10^{-4}$ V	0,7 T	2,7 cm;	0,35 A
14	$1,3 \cdot 10^{-3}$ V	65,39 V	2120Gn;	1 mm
15	$1,95 \cdot 10^{-3}$ V	1000	550;	$297,28 \text{ J/m}^3$
16	$2,6 \cdot 10^{-3}$ V	30 cm^2	0,4 mm;	2097
17	$7,68 \cdot 10^{-2}$ V	26,97 V	9,026Gn;	$68,38 \text{ J/m}^3$
18	$6,65 \cdot 10^{-2}$ V	3,01 s	0,75 A;	3907
19	$5,43 \cdot 10^{-2}$ V	0,4 T	418;	2300
20	$3,84 \cdot 10^{-2}$ V	40 cm^2	0,12 mm;	$596,6 \text{ J/m}^3$
21	$2,6 \cdot 10^{-2}$ V	500	1,3265Gn;	0,18 A
22	$5,2 \cdot 10^{-2}$ V	24 cm^2	817;	0,2 mm
23	$7,8 \cdot 10^{-2}$ V	68,04 V	2,8 cm;	1798
24	0,104 V	4 s	5,6 cm;	$8,792 \text{ J/m}^3$
25	$3,1 \cdot 10^{-3}$ V	0,5 T	250;	0,45 A
26	$6,23 \cdot 10^{-3}$ V	68,36 V	0,88 mm;	4 cm
27	$9,35 \cdot 10^{-3}$ V	800	1,462Gn;	923
28	$12,47 \cdot 10^{-3}$ V	25 cm^2	1250;	$15\ 025,5 \text{ J/m}^3$

№	14.8	14.9		14.10
1	23,1 Ω	0;	$3,3 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$2,1 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
2	0,3Gn	0;	$8,8 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$2,97 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
3	0,6 A	0;	$2,3 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$4 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
4	0,25 A	0;	$4,4 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$2,55 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
5	$4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$	0;	$3,46 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$-2 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
6	20 Ω	0;	$2 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$-2,35 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
7	0,12Gn	0;	$1,25 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$-4 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
8	1 A	0;	$8,65 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$-4,2 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
9	0,2 A	0;	$3,1 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$1,4 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
10	$5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$	0;	$6,2 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$7,1 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
11	80 Ω	0;	$9,3 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$4,7 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}$
12	0,7Gn	0;	$1,24 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}^2$	$3,54 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}$
13	0,5 A	0;	10^{-7} A/m^2	$1,28 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
14	0,1 A	0;	$5 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$2,57 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
15	$1,45 \cdot 10^{-2} \text{ s}$	0;	$3 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$3,85 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
16	80 Ω	0;	$2 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$5,14 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
17	0,126Gn	0;	$5,8 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$-3 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
18	0,2 A	0;	$1,2 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$1,77 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
19	0,02 A	0;	$5,2 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$-2 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
20	$3 \cdot 10^{-3} \text{ s}$	0;	$2,1 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}^2$	$-5 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
21	150 Ω	0;	$7,74 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$2,5 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
22	0,048Gn	0;	$9,91 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$5 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
23	0,7 A	0;	$1,03 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$7,5 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
24	0,02 A	0;	$1,01 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	10^{-5} A/m
25	$4 \cdot 10^{-3} \text{ s}$	0;	$1,1 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$	$2,5 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}$
26	60 Ω	0;	$9,1 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$-8,8 \cdot 10^{-7} \text{ A/m}$
27	0,22Gn	0;	$2,4 \cdot 10^{-8} \text{ A/m}^2$	$-2,8 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$
28	1,2 A	0;	$6,8 \cdot 10^{-10} \text{ A/m}^2$	$-2,7 \cdot 10^{-6} \text{ A/m}$

Tebranishlar va to'liqlar

№	15.1				
	$x = A \cos(\omega_0 t + \phi_0), \text{ cm}$	$T, \text{ s}$	$x_0, \text{ cm}$	$v_{\max}, \text{ m/s}$	$a_{\max}, \text{ m/s}^2$
1	$x = 0,5 \cos(5\pi t + \pi/4)$	0,4	0,35	$7,85 \cdot 10^{-2}$	1,23
2	$x = 3,2 \cos(2,5\pi t + \pi/2)$	0,8	0	0,25	1,974
3	$x = 2 \cos(10\pi t - \pi/4)$	0,2	1,4	0,628	19,74
4	$x = 1,4 \cos(12,5\pi t - \pi/2)$	0,16	0	0,55	21,6
5	$x = 1,5 \cos(6,25\pi t + \pi/4)$	0,32	1,06	0,29	5,78
6	$x = 0,3 \cos(20\pi t + \pi/2)$	0,1	0	0,19	11,84
7	$x = 2,2 \cos(5\pi t - \pi/4)$	0,4	1,55	0,345	5,43
8	$x = 2,4 \cos(25\pi t - \pi/2)$	0,08	0	1,885	148
9	$x = 1,2 \cos(10\pi t + \pi/2)$	0,2	0	0,37	11,84
10	$x = 3,3 \cos(50\pi t + \pi)$	0,04	-3,3	5,18	814,2
11	$x = 0,4 \cos(5\pi t - \pi/2)$	0,4	0	$6,28 \cdot 10^{-2}$	0,987
12	$x = 2,5 \cos(12,5\pi t - \pi)$	0,16	-2,5	0,98	38,55
13	$x = 0,2 \cos(100\pi t + \pi/4)$	0,02	0,14	0,628	197,4
14	$x = 1,3 \cos(2,5\pi t - \pi/4)$	0,8	0,92	0,102	0,8
15	$x = 2,4 \cos(12,5\pi t + \pi/2)$	0,16	0	0,942	37
16	$x = 1,5 \cos(25\pi t - \pi/2)$	0,08	0	1,178	92,5
17	$x = 1,2 \cos(5\pi t - \pi/2)$	0,4	0	0,188	2,96
18	$x = 3 \cos(50\pi t + \pi/2)$	0,04	0	4,7	740,2
19	$x = 0,4 \cos(25\pi t - \pi/4)$	0,08	0,28	0,314	24,67
20	$x = 5 \cos(6,25\pi t + \pi/4)$	0,32	3,53	0,98	19,28
21	$x = 2 \cos(12,5\pi t + \pi)$	0,16	-2	0,785	30,84
22	$x = 3,5 \cos(20\pi t - \pi)$	0,1	-3,5	2,2	138,2
23	$x = 4,2 \cos(6,25\pi t + \pi/2)$	0,32	0	0,825	16,2
24	$x = 0,5 \cos(10\pi t - \pi/2)$	0,2	0	0,157	4,93
25	$x = 2,5 \cos(20\pi t - \pi/4)$	0,1	1,77	1,57	98,6
26	$x = 0,6 \cos(25\pi t + \pi/4)$	0,08	0,42	0,47	37
27	$x = 4 \cos(100\pi t - \pi/2)$	0,02	0	12,57	3,948
28	$x = 5,2 \cos(10\pi t + \pi/2)$	0,2	0	1,63	51,32

№	15.2		15.3	15.4
1	1 cm;	1,7 cm	$2,5 \cdot 10^{-2}$ N	1,256 s
2	4 cm;	5 cm	3 cm	0,628 s
3	3 cm/s;	2,05 cm	0,4 kg	3,14 s
4	2 cm/s;	3,08 cm	0,2 s	1,885 s
5	4,7 s;	1,92 cm	0,34 N	0,565 s
6	3 cm;	4,01 cm	12 cm	1,26 s
7	0,5 cm;	0,82 cm	40g	0,628 s
8	4 cm/s;	6,05 cm	1,6 s	0,5 s
9	3 cm/s;	1,41 cm	197,4 N	0,83 s
10	4,2 s;	2,84 cm	5 cm	0,67 s
11	5 cm;	6,05 cm	1 kg	0,86 s
12	6 cm;	6,07 cm	0,08 s	0,93 s
13	2,5 cm/s;	2,1 cm	25,9 N	0,565 s
14	2 cm/s;	0,87 cm	4 cm	0,5 s
15	5,55 s;	4,19 cm	0,8 kg	0,377 s
16	0,5 cm;	1,86 cm	0,4 s	0,628 s
17	2 cm;	2,14 cm	0,11 N	0,46 s
18	2 cm/s;	0,846 cm	6 cm	0,66 s
19	1 cm/s;	2,97 cm	0,2 kg	0,96 s
20	1,8 s;	6,07 cm	0,32 s	1,13s
21	2 cm;	2,53 cm	98,7 N	0,73 s
22	0,8 cm;	0,87 cm	1 cm	1,16 s
23	6 cm/s;	6,56 cm	50g	1,465 s
24	3 cm/s;	2,42 cm	0,8 s	1,64 s
25	3,07 s;	3,06 cm	4,74 N	0,93 s
26	0,2 cm;	0,61 cm	8 cm	1,41 s
27	7 cm;	7,03 cm	0,5 kg	1,96 s
28	3 cm/s;	1,32 cm	0,2 s	2,09 s

№	15.5	15.6	
1	2,5 m	2 cm;	2 N
2	1,24 m	8 N;	133,3 N/m
3	84 cm	400 N/m;	$2 \cdot 10^{-2}$ J
4	50,5 cm	2,5 cm;	$8,75 \cdot 10^{-2}$ J
5	4 cm	4 cm;	12 N
6	8 cm	18 N;	600 N/m
7	12 cm	400 N/m;	0,5 J
8	20 cm	1,5 cm;	$1,125 \cdot 10^{-2}$ J
9	50 cm	1 cm;	14 N
10	1 m	3 N;	375 N/m
11	1,5 m	533 N/m;	0,06 J
12	2 m	2,5 cm;	$6,25 \cdot 10^{-2}$ J
13	2 cm	0,75 cm;	1,5N
14	4 cm	6 N;	240 N/m
15	6 cm	278 N/m;	$1,125 \cdot 10^{-2}$ J
16	8 cm	4 cm;	0,24 J
17	14,7%	5 cm;	5 N
18	32%	9 N;	225 N/m
19	23,5%	500 N/m;	0,9 J
20	32%	0,5 cm;	$4 \cdot 10^{-3}$ J
21	5 m	0,3 cm;	0,7 N
22	2,5 m	16 N;	800 N/m
23	1 m	200 N/m;	0,09 J
24	50,7 cm	0,8 cm;	$2,56 \cdot 10^{-2}$ J
25	1 cm	0,6 cm;	2,5 N
26	2 cm	4 N;	571,4 N/m
27	5 cm	180 N/m;	$2,25 \cdot 10^{-3}$ J
28	10 cm	3 cm;	0,27 J

№	15.7					
	W_{n1}, J	W_{n2}, J	W_{k1}, J	W_{k2}, J	W, J	T, s
1	$3,08 \cdot 10^{-3}$	$1,54 \cdot 10^{-3}$	0	$1,54 \cdot 10^{-3}$	$3,08 \cdot 10^{-3}$	1,6
2	0		$3,08 \cdot 10^{-3}$			
3	$3,08 \cdot 10^{-3}$		0			
4	0		$3,08 \cdot 10^{-3}$			
5	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$1,11 \cdot 10^{-4}$	0	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$2,22 \cdot 10^{-4}$	4
6	0		$2,22 \cdot 10^{-4}$			
7	$2,22 \cdot 10^{-4}$		0			
8	0		$2,22 \cdot 10^{-4}$			
9	$1,54 \cdot 10^{-2}$	$7,7 \cdot 10^{-3}$	0	$7,7 \cdot 10^{-3}$	$1,54 \cdot 10^{-2}$	0,16
10	0		$1,54 \cdot 10^{-2}$			
11	$1,54 \cdot 10^{-2}$		0			
12	0		$1,54 \cdot 10^{-2}$			
13	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	0	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	8
14	0		$2,3 \cdot 10^{-4}$			
15	$2,3 \cdot 10^{-4}$		0			
16	0		$2,3 \cdot 10^{-4}$			
17	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$5,55 \cdot 10^{-3}$	0	$5,55 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,4
18	0		$1,1 \cdot 10^{-2}$			
19	$1,1 \cdot 10^{-2}$		0			
20	0		$1,1 \cdot 10^{-2}$			
21	$7,4 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	0	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$7,4 \cdot 10^{-3}$	0,8
22	0		$7,4 \cdot 10^{-3}$			
23	$7,4 \cdot 10^{-3}$		0			
24	0		$7,4 \cdot 10^{-3}$			
25	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$1,35 \cdot 10^{-2}$	0	$1,35 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	0,32
26	0		$2,7 \cdot 10^{-2}$			
27	$2,7 \cdot 10^{-2}$		0			
28	0		$2,7 \cdot 10^{-2}$			

№	15.8		15.9
1	(35 – 1200) pF		$U_S = 133\cos(3,3 \cdot 10^3 t)$
2	(223 – 1798) m		$U_S = 29,4\cos(1,2 \cdot 10^3 t)$
3	$6 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	10 pF	$U_S = 666,6\cos(710t)$
4	$2 \cdot 10^{-5} \text{Гн};$	56,5 m	$U_S = 100\cos(6324,5t)$
5	(8 – 900) pF		$U_S = 6\cos(577,3t)$
6	(42 – 480,6) m		$U_S = 150\cos(1890t)$
7	$5 \cdot 10^{-5} \text{Гн};$	25 pF	$U_S = 160\cos(8165t)$
8	$3 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	206,5 cm	$U_S = 0,71\cos(1,2 \cdot 10^4 t)$
9	(15 – 750) pF		$U_S = 250\cos(790,6t)$
10	(92,3 – 923) m		$U_S = 800\cos(4,47 \cdot 10^4 t)$
11	$3,5 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	1300 pF	$U_S = 3,125\cos(884t)$
12	$7 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	1410,6 m	$U_S = 133,3\cos(1260t)$
13	$2 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	45 pF	$U_S = 500\cos(2,5 \cdot 10^4 t)$
14	$8 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	292 m	$U_S = 500\cos(2,5 \cdot 10^3 t)$
15	(20 – 1100) pF		$U_S = 28,6\cos(9759t)$
16	(73 – 1632,4) m		$U_S = 75\cos(1291t)$
17	(6 – 1000) pF		$U_S = 50\cos(9129t)$
18	(37,7 – 357,6) m		$U_S = 50\cos(913t)$
19	$5 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	700 pF	$U_S = 266,6\cos(2,58 \cdot 10^4 t)$
20	$10^{-4} \text{Гн};$	777,2 m	$U_S = 87,5\cos(3101t)$
21	(5 – 1000) pF		$U_S = 50\cos(1443t)$
22	(40 – 342,4) m		$U_S = 466,6\cos(8165t)$
23	$9 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	40 pF	$U_S = 100\cos(3727t)$
24	$4 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	261,2 m	$U_S = 333,3\cos(785,7t)$
25	(50 – 800) pF		$U_S = 100\cos(3651,5t)$
26	(163,2 – 1306) m		$U_S = 140\cos(10^4 t)$
27	$6 \cdot 10^{-5} \text{Гн};$	43,8 m	$U_S = 11,1\cos(3984t)$
28	$7 \cdot 10^{-4} \text{Гн};$	30 pF	$U_S = 6,9\cos(524t)$

15.9	
1	$i = 2,6 \cdot 10^{-2} \cos (3,3 \cdot 10^3 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = -26 \text{ mA}$
2	$i = 0,06 \cos (1,2 \cdot 10^3 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = 60 \text{ mA}$
3	$i = 0,426 \cos (710 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = -426 \text{ mA}$
4	$i = 0,016 \cos (6324,5 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = -16 \text{ mA}$
5	$i = 3,46 \cdot 10^{-3} \cos (577,3 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 0; W_{\text{м}} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
6	$i = 0,057 \cos (1890 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 0; W_{\text{м}} = 2,274 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
7	$i = 0,065 \cos (8165 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 0; W_{\text{м}} = 6,34 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
8	$i = 0,012 \cos (1,2 \cdot 10^4 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 0; W_{\text{м}} = 3,6 \cdot 10^{-7} \text{ J}$
9	$i = 0,158 \cos (790,6 t + \pi / 2); W = W_{\text{м}} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ J}$
10	$i = 0,357 \cos (4,47 \cdot 10^4 t + \pi / 2); W = W_{\text{м}} = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
11	$i = 4,4 \cdot 10^{-3} \cos (884 t + \pi / 2); W = W_{\text{м}} = 7,74 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
12	$i = 0,05 \cos (1260 t + \pi / 2); W = W_{\text{м}} = 2,625 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
13	$i = 0,25 \cos (2,5 \cdot 10^4 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ J}; W_{\text{м}} = 0$
14	$i = 0,125 \cos (2,5 \cdot 10^3 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ J}; W_{\text{м}} = 0$
15	$i = 1,95 \cdot 10^{-2} \cos (9759 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 2,86 \cdot 10^{-5} \text{ J}; W_{\text{м}} = 0$
16	$i = 0,116 \cos (1291 t + \pi / 2); W_{\text{э}} = 3,375 \cdot 10^{-3} \text{ J}; W_{\text{м}} = 0$
17	$i = 0,274 \cos (9129 t + \pi / 2); U_S = -50 \text{ B}; i_t = 0$
18	$i = 0,09 \cos (913 t + \pi / 2); U_S = -50 \text{ V}; i_t = 0$
19	$i = 0,1 \cos (2,58 \cdot 10^4 t + \pi / 2); U_S = -266,6 \text{ V}; i_t = 0$
20	$i = 0,022 \cos (3101 t + \pi / 2); U_S = -87,5 \text{ B}; i_t = 0$
21	$i = 0,029 \cos (1443 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = -29 \text{ mA}$
22	$i = 5,7 \cos (8165 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = -5,7 \text{ A}$
23	$i = 0,015 \cos (3727 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = -15 \text{ mA}$
24	$i = 0,47 \cos (785,7 t + \pi / 2); U_S = 0; i_t = -470 \text{ mA}$
25	$i = 0,011 \cos (3651,5 t + \pi / 2); W = W_{\text{э}} = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$
26	$i = 0,7 \cos (10^4 t + \pi / 2); W = W_{\text{э}} = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ J}$
27	$i = 4 \cdot 10^{-3} \cos (3984 t + \pi / 2); W = W_{\text{э}} = 5,54 \cdot 10^{-6} \text{ J}$
28	$i = 4,7 \cdot 10^{-3} \cos (524 t + \pi / 2); W = W_{\text{э}} = 3,1 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

№	15.10	
1	$i = 17,28 \cos(5,5 \cdot 10^8 \pi t + 3\pi / 4), A$	$T = 3,6 \cdot 10^{-9} s$
2		$L = 6,7 \cdot 10^{-10} Gn$
3		$qm = 10^{-8} C$
4		$\lambda = 1,08 m$
5	$i = 12,56 \cos(4 \cdot 10^8 \pi t), A$	$L = 3,17 \cdot 10^{-10} Gn$
6		$qm = 10^{-8} C$
7		$\lambda = 1,5 m$
8		$T = 5 \cdot 10^{-9} s$
9	$i = 33 \cos(5 \cdot 10^8 \pi t + 3\pi / 4), A$	$qm = 2,1 \cdot 10^{-8} C$
10		$\lambda = 1,2 m$
11		$T = 4 \cdot 10^{-9} s$
12		$L = 6,75 \cdot 10^{-10} Gn$
13	$i = 5,5 \cos(3,5 \cdot 10^8 \pi t), A$	$\lambda = 1,7 m$
14		$T = 5,7 \cdot 10^{-9} s$
15		$L = 4,135 \cdot 10^{-9} Gn$
16		$qm = 5 \cdot 10^{-9} C$
17	$i = 37,7 \cos(8 \cdot 10^8 \pi t + 3\pi / 4), A$	$T = 2,5 \cdot 10^{-9} s$
18		$L = 1,58 \cdot 10^{-10} Gn$
19		$qm = 1,5 \cdot 10^{-8} C$
20		$\lambda = 0,75 m$
21	$i = 11,3 \cos(4,5 \cdot 10^8 \pi t + \pi / 4), A$	$L = 6,25 \cdot 10^{-10} Gn$
22		$qm = 8 \cdot 10^{-9} C$
23		$T = 4,44 \cdot 10^{-9} s$
24		$\lambda = 1,33 m$
25	$i = 33,9 \cos(3 \cdot 10^8 \pi t), A$	$qm = 3,6 \cdot 10^{-8} C$
26		$\lambda = 2 m$
27		$L = 9,38 \cdot 10^{-10} Gn$
28		$T = 6,66 \cdot 10^{-9} s$

№	16.1	16.2
1	$x = 4,635\sin(5\pi t + 0,35\pi)$, cm	1 cm; $\pi / 6$ rad/s
2	$x = 2,4\cos(10\pi t - 0,4\pi)$, cm	$\pi / 6$ rad/s; $(3 + 12n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
3	$x = 8,54\cos(5\pi t - 0,136\pi)$, cm	1 s; 0,6 cm
4	$x = 6,083\sin(0,5\pi t - 0,45\pi)$, cm	3 cm; 2 s
5	$x = 4,47\sin(18\pi t \text{ cm} + 0,019\pi)$, cm	$\pi / 6$ rad/s; $(2 + 12n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
6	$x = 1,8\sin(6\pi t + 0,02\pi)$, cm	$5\pi / 3$ rad/s; 4,24 cm
7	$x = 5,57\cos(25\pi t + 0,22\pi)$, cm	5 cm; 6 s
8	$x = 10,8\cos(40\pi t - 0,244\pi)$, cm	4 s; $(1 + 4n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
9	$x = 12,49\cos(8\pi t - 0,244\pi)$, cm	$\pi / 6$ rad/s; 0,85 cm
10	$x = 4,36\sin(14\pi t + 0,2\pi)$, cm	2 cm; 10π rad/s
11	$x = 4,84\sin(30\pi t - 0,12\pi)$, cm	12 s; $(3 + 12n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
12	$x = 6\cos(2\pi t - 0,187\pi)$, cm	20 s; 2,83 cm
13	$x = 4,335\cos(24\pi t - 0,1\pi)$, cm	4 cm; $5\pi / 6$ rad/s
14	$x = 11,6\sin(9\pi t + 0,02\pi)$, cm	$\pi / 2$ rad/s; $4n$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
15	$x = 5,97\cos(35\pi t - 0,236\pi)$, cm	6 s; 1,2 cm
16	$x = 9,9\sin(16\pi t + 0,2\pi)$, cm	1 cm; 0,4 s
17	$x = 4,44\cos(20\pi t + 0,357\pi)$, cm	$\pi / 2$ rad/s; $(1 + 4n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
18	$x = 0,6\sin(3\pi t - 0,31\pi)$, cm	$\pi / 3$ rad/s; 1 cm
19	$x = 6,25\sin(28\pi t + 0,36\pi)$, cm	5 cm; 12 s
20	$x = 8,62\cos(12\pi t + 0,44\pi)$, cm	20 s; $(5 + 20n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
21	$x = 2,91\cos(45\pi t + 0,39\pi)$, cm	$\pi / 9$ rad/s; 1,56 cm
22	$x = 5,27\sin(4\pi t - 0,27\pi)$, cm	2 cm; $5\pi / 6$ rad/s
23	$x = 8\cos(15\pi t - 0,007\pi)$, cm	6 s; $(2 + 6n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
24	$x = 19,8\sin(60\pi t - 0,2\pi)$, cm	0,5 s; 8 cm
25	$x = 2,83\sin(22\pi t + 0,48\pi)$, cm	3 cm; 5π rad/s
26	$x = 6,57\cos(50\pi t + 0,33\pi)$, cm	$\pi / 6$ rad/s; $(4 + 12n)$ s, $n = 0, 1, 2, \dots$
27	$x = 17,66\sin(7\pi t + 0,34\pi)$, cm	5 s; 2 cm
28	$x = 1,06\cos(34\pi t - 0,018\pi)$, cm	4 cm; 0,8 s

№	16.3	16.4
1	$x^2 + y^2 = 4;$	aylana 1,2 m
2	$y = -2x;$	to'g'richiziq 5 cm
3	$y = 2x;$	to'g'richiziq 8 cm
4	$x^2 / 4 + y^2 / 16 = 1;$	ellips 10,34 s
5	$y = -7x;$	to'g'richiziq 2 m
6	$x^2 + y^2 / 49 = 1;$	ellips 4 cm
7	$x^2 + y^2 = 1;$	aylana 12 cm
8	$y = 7x;$	to'g'richiziq 22,8 s
9	$x^2 / 9 + y^2 / 225 = 1;$	ellips 3 m
10	$y = 5x;$	to'g'richiziq 3,5 cm
11	$y = -5x;$	to'g'richiziq 7 cm
12	$x^2 + y^2 = 9;$	aylana 14,9 s
13	$y = -3x;$	to'g'richiziq 2,5 m
14	$x^2 + y^2 = 81;$	aylana 5 cm
15	$x^2 / 9 + y^2 / 81 = 1;$	ellips 5 cm
16	$y = 3x;$	to'g'richiziq 30,7 s
17	$y = 1,5x;$	to'g'richiziq 1 m
18	$x^2 / 16 + y^2 / 36 = 1;$	ellips 7 cm
19	$y = -1,5x;$	to'g'richiziq 10 cm
20	$x^2 + y^2 = 16;$	aylana 8,25 s
21	$x^2 + y^2 = 4;$	aylana 1,5 m
22	$x^2 / 4 + y^2 / 64 = 1;$	ellips 6 cm
23	$y = 4x;$	to'g'richiziq 8 cm
24	$y = -4x;$	to'g'richiziq 20,6 s
25	$y = -0,5x;$	to'g'richiziq 3,5 m
26	$y = 0,5x;$	to'g'richiziq 7,5 cm
27	$x^2 / 36 + y^2 / 9 = 1;$	ellips 12 cm
28	$x^2 + y^2 = 9;$	aylana 27,44 s

№	16.5				16.6	16.7
1	80,5 s;	161;	0,01;	0,02	0,02Gn	38%
2	3,49;	0,025 s ⁻¹ ;	62,8;	0,1	3,6 μF	47%
3	20 s;	2,72;	0,025;	125,6	1,5 Ω	55%
4	80;	0,1 s ⁻¹ ;	0,025;	0,05	1,032	61,5%
5	66 s;	2,69;	95,2;	0,066	0,25Gn	19,1%
6	60;	0,025 s ⁻¹ ;	0,05;	0,1	9 μF	34,6%
7	100 s;	25;	0,1;	31,4	4 Ω	47,1%
8	11;	0,04 s ⁻¹ ;	125,6;	0,05	1,934	57,2%
9	120 s;	3,32;	0,02;	0,04	0,1Gn	2,17 s
10	30;	0,02 s ⁻¹ ;	0,05;	62,8	3,3 μF	1,45 s
11	50 s;	7,39;	31,4;	0,2	1,2 Ω	1,09 s
12	40;	0,04 s ⁻¹ ;	0,033;	0,067	1,207	0,87 s
13	80 s;	80;	0,02;	157	0,05Gn	2,3 s
14	5,47;	0,02 s ⁻¹ ;	314;	0,02	7,8 μF	3 s
15	167 s;	7,4;	0,017;	0,033	1,4 Ω	4 s
16	55;	0,02 s ⁻¹ ;	0,04;	78,5	1,514	5,8 s
17	45 s;	6,05;	157;	0,04	0,04Gn	21,2%
18	50;	0,01 s ⁻¹ ;	0,03;	0,06	36 μF	38%
19	90 s;	60;	0,015;	209	1 Ω	51,1%
20	6,05;	0,04 s ⁻¹ ;	52,3;	0,12	1,17	61,5%
21	40 s;	7,39;	0,04;	0,08	0,06Gn	5,8 s
22	40;	0,05 s ⁻¹ ;	0,06;	52,3	4,5 μF	2,9 s
23	50 s;	7,39;	39,3;	0,16	3 Ω	1,93 s
24	90;	0,01 s ⁻¹ ;	0,015;	0,03	1,266	1,45 s
25	65 s;	130;	0,01;	314	0,2Gn	27,3%
26	1,82;	0,01 s ⁻¹ ;	78,5;	0,08	2 μF	41,2%
27	8 s;	2,056 s;	0,06;	0,12	5 Ω	52,4%
28	70;	0,02 s ⁻¹ ;	0,03;	104,7	1,078	61,5%

№	16.8	16.9	16.10
1	0,38 cm	0,2 kg	6,88 Ω; 5505 rad/s; $7,9 \cdot 10^{-5}$ C; 436 mA; 360 V
2	0,44 cm	0,2 cm	0,3Gn; 6,73 Ω; 1,2 V; 178 mA; 252 V
3	0,57 cm	$0,15 \text{ s}^{-1}$	0,8 μF; 2,5 V; 2500 rad/s; 100; $2 \cdot 10^{-4}$ C
4	1,02 cm	1,5 N	0,1Gn; 3 Ω; 5952 rad/s; 200; $5 \cdot 10^{-5}$ C
5	1,32 cm	39,8 cm	0,1Gn; 5787 rad/s; 90; $4 \cdot 10^{-5}$ C; 234 mA
6	1,925 cm	0,3 kg	0,35 μF; 2 V; 140; 443 mA; 280 V
7	3,75 cm	0,4 cm	0,185Gn; 8 Ω; 3676 rad/s; $1,1 \cdot 10^{-4}$ C; 272 V
8	18,3 cm	$0,1 \text{ s}^{-1}$	0,39 μF; 7 Ω; 1,4 V; 2917 rad/s; $6,86 \cdot 10^{-5}$ C
9	18,1 cm	0,4 N	0,4Gn; 0,2 μF; 2 V; $3,8 \cdot 10^{-5}$ C; 134 mA
10	3,57 cm	45,6 cm	4,77 Ω; 1,4 V; 6202 rad/s; 293,5 mA; 182 V
11	0,65 cm	0,05 kg	0,13Gn; 0,44 μF; 0,9 V; 120; $4,76 \cdot 10^{-5}$ C
12	0,29 cm	0,3 cm	0,19Gn; 0,133 μF; 8 Ω; $1,6 \cdot 10^{-5}$ C; 120 V
13	0,41 cm	$0,05 \text{ s}^{-1}$	0,1 μF; 12,8 Ω; $3,5 \cdot 10^{-5}$ C; 195 mA; 350 V
14	0,48 cm	0,6 N	0,15Gn; 3 V; 120; 509 mA; 360 V
15	0,6 cm	82,4 cm	0,77 μF; 9 Ω; 1800 rad/s; 80; $1,94 \cdot 10^{-4}$ C
16	0,85 cm	0,1 kg	1 μF; 4 Ω; 1,6 V; 2200 rad/s; $1,82 \cdot 10^{-4}$ C
17	3,12 cm	0,1 cm	8,94 Ω; 7454 rad/s; 150; $1,8 \cdot 10^{-5}$ C; 134 mA
18	12,43 cm	$0,2 \text{ s}^{-1}$	0,15 μF; 7 Ω; 1,5 V; 214 mA; 270 V
19	20,67 cm	0,5 N	0,05Gn; 4 V; 8889 rad/s; $9 \cdot 10^{-5}$ C; 360 V
20	12,26 cm	89,3 cm	0,05Gn; 5000 rad/s; 125; $4 \cdot 10^{-5}$ C; 0,2 A
21	2,97 cm	0,25 kg	0,3Gn; 1,4 V; 4082 rad/s; $2,8 \cdot 10^{-5}$ C; 114 mA
22	1,46 cm	0,5 cm	4 V; 3535 rad/s; 105; 594 mA; 420 V
23	0,95 cm	$0,3 \text{ s}^{-1}$	0,23Gn; 0,33 μF; 12 Ω; $1,67 \cdot 10^{-4}$ C; 504 V
24	0,7 cm	1 N	0,33Gn; 0,1 μF; 20 Ω; 90; $2,78 \cdot 10^{-5}$ C
25	0,32 cm	20,2 cm	0,2Gn; 0,3 μF; $1,2 \cdot 10^{-4}$ C; 485 mA; 396 V
26	0,2 cm	0,15 kg	0,15Gn; 3,65 Ω; 2,72 V; 745 mA; 408 V
27	0,14 cm	0,6 cm	0,195 μF; 3,6 V; 4286 rad/s; 100; $7 \cdot 10^{-5}$ C
28	0,1 cm	$0,25 \text{ s}^{-1}$	0,035Gn; 3 Ω; 6944 rad/s; 80; $7,2 \cdot 10^{-5}$ C

№	17.1		17.2		17.3	
1	400Hz;	330 m/s	0 cm;	64 m	7 m;	10 m
2	300Hz;	0,942 m/s	3 cm;	128 m	0,4625 m;	0,5 m
3	0,24 mm;	337,5 m/s	0 cm;	192 m	$\pi / 2$ rad;	20 m
4	$7 \cdot 10^{-2}$ m;	14,45 m/s	-3 cm;	256 m	9,42 rad/m;	0,67 m
5	0,15 mm;	1400 m/s	-2,77 cm;	320 m	2,5 m;	4 m
6	0,3 mm;	0,38 m	2,12 cm;	384 m	4 m;	1 m
7	4000Hz;	7,04 m/s	1,15 cm;	448 m	π rad;	5 m
8	400 m/s;	0,126 m/s	-3 cm;	512 m	0,785 rad/m;	8 m
9	3000Hz;	360 m/s	4 cm;	600 m	3 m;	2 m
10	6,5 m;	0,493 m/s	3,72 cm;	900 m	4,2 m;	0,4 m
11	0,5 mm;	704 m/s	2,91 cm;	1200 m	$\pi / 2$ rad;	5 m
12	800Hz;	1,61 m/s	1,7 cm;	1500 m	1,887 rad/m;	3,33 m
13	1200Hz;	1,96 m/s	2,35 cm;	150 m	1,2 m;	0,25 m
14	750 Hz;	630 m/s	0 cm;	300 m	5,53 m;	6,67 m
15	0,36 mm;	1,2 m	0 cm;	450 m	5π rad;	0,167 m
16	0,15 m;	6,03 m/s	-3,8 cm;	600 m	2,5 rad/m;	2,5 m
17	2000Hz;	5,026 m/s	-1,84 cm;	66 m	3,1 m;	0,33 m
18	0,8 mm;	361,2 m/s	-3,19 cm;	132 m	7,5 m;	10 m
19	3,3 m;	0,723 m/s	4,91 cm;	198 m	π rad;	0,2 m
20	300Hz;	360 m/s	-1,54 cm;	264 m	0,314 rad/m;	20 m
21	1,1 m;	3,3 m/s	4,04 cm;	330 m	1,2 m;	1 m
22	0,1 mm;	625 m/s	4,04 cm;	396 m	1,8 m;	0,4 m
23	120Hz;	384 m/s	-1,54 cm;	462 m	$\pi / 2$ rad;	5 m
24	450Hz;	0,35 mm	-5 cm;	528 m	7,854 rad/m;	0,8 m
25	350 m/s;	0,785 m/s	-1,81 cm;	640 m	0,7 m;	0,5 m
26	250 Hz;	400 m/s	0 cm;	960 m	0,6 m;	0,2 m
27	0,08 mm;	0,12 m	0 cm;	1280 m	2π rad;	4 m
28	4,2 m;	0,339 m/s	1,96 cm;	1600 m	0,628 rad/m	10 m

№	17.4
1	4 m
2	5 cm
3	$(0,25 + 0,75n)$ m, $(0,5 + 0,75n)$ m, $n = 0, 1, 2, \dots$
4	5,66 cm
5	3 m
6	2 cm
7	$(0,15 + 0,6n)$ m, $(0,45 + 0,6n)$ m, $n = 0, 1, 2, \dots$
8	1,414 cm
9	1,6 m
10	2 cm
11	$0,2n$ m, $n = 0, 1, 2, \dots$
12	2,83 cm
13	0,6 m
14	1 cm
15	$(0,5 + 3n)$ m, $(2,5 + 3n)$ m, $n = 0, 1, 2, \dots$
16	2,12 cm
17	1,2 m
18	3 cm
19	$(0,5 + 3n)$ m, $(2,5 + 3n)$ m, $n = 0, 1, 2, \dots$
20	0,35 cm
21	10 m
22	4 cm
23	$(0,25 + 0,75n)$ m, $(0,5 + 0,75n)$ m, $n = 0, 1, 2, \dots$
24	2,6 cm
25	9 m
26	3 cm
27	$(0,1 + 0,2n)$ m, $n = 0, 1, 2, \dots$
28	0,87 cm

№	17.5 Do'ngliklar koordinatlari, m
1	0,125; 0,375; 0,625; 0,875; 1,125; 1,375
2	0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5
3	0,05; 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; 0,85; 0,95
4	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1
5	0,3; 0,9; 1,5; 2,1; 2,7; 3,3; 3,9; 4,5
6	0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3; 3,6; 4,2; 4,8
7	0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5
8	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7
9	0,04; 0,12; 0,20; 0,28; 0,36
10	0; 0,08; 0,16; 0,24; 0,32; 0,4
11	0,15; 0,45; 0,75; 1,05; 1,35
12	0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5
13	0,07; 0,21; 0,3; 0,49; 0,63
14	0; 0,14; 0,28; 0,42; 0,56; 0,7
15	0,4; 1,2; 2; 2,8; 3,6; 4,4; 5,2; 6; 6,8
16	0; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4; 4,8; 5,6; 6,4; 7,2
17	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1
18	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2
19	0,2; 0,6; 1; 1,4; 1,8
20	0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2
21	0,08; 0,24; 0,4; 0,56; 0,72; 0,88
22	0; 0,16; 0,32; 0,48; 0,64; 0,8; 0,96
23	2; 6; 10; 14; 18; 22; 26; 30
24	0; 4; 8; 12; 16; 20; 24; 28; 32
25	1; 3; 5; 7; 9; 11; 13
26	0; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14
27	0,16; 0,48; 0,7; 1,12; 1,44
28	0; 0,32; 0,64; 0,96; 1,28; 1,6

№	17.5 (davomi) Tugunlar koordinatlari, m
1	0; 0,25; 0,5; 0,75; 1; 1,25; 1,5
2	0,125; 0,375; 0,625; 0,875; 1,125; 1,375
3	0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1
4	0,05; 0,15; 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; 0,85; 0,95
5	0; 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3; 3,6; 4,2; 4,8
6	0,3; 0,9; 1,5; 2,1; 2,7; 3,3; 3,9; 4,5
7	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7
8	0,5; 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5; 6,5
9	0; 0,08; 0,16; 0,24; 0,32; 0,4
10	0,04; 0,12; 0,2; 0,28; 0,36
11	0; 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5
12	0,15; 0,45; 0,75; 1,05; 1,35
13	0; 0,14; 0,28; 0,42; 0,56; 0,7
14	0,07; 0,21; 0,3; 0,49; 0,63
15	0; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 4; 4,8; 5,6; 6,4; 7,2
16	0,4; 1,2; 2; 2,8; 3,6; 4,4; 5,2; 6; 6,8
17	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2
18	0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; 1,1
19	0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2
20	0,2; 0,6; 1; 1,4; 1,8
21	0; 0,16; 0,32; 0,48; 0,64; 0,8; 0,96
22	0,08; 0,24; 0,4; 0,56; 0,72; 0,88
23	0; 4; 8; 12; 16; 20; 24; 28; 32
24	2; 6; 10; 14; 18; 22; 26; 30
25	0; 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14
26	1; 3; 5; 7; 9; 11; 13
27	0; 0,32; 0,64; 0,96; 1,28; 1,6
28	0,16; 0,48; 0,7; 1,12; 1,44

№	17.6		17.7		
			$\nu_1, 10^3$ km/s	$\nu_2, 10^3$ km/s	$\mu, 10^3$ km/s
1	2,6;	2 V/m	194,96	194,53	184,6
2	0,5 V/m;	$1,86 \cdot 10^8$ m/s	194,43	194,39	194,1
3	2;	$9,4 \cdot 10^{-3}$ A/m	194,53	193,99	190,9
4	$3,9 \cdot 10^{-3}$ A/m;	$1,224 \cdot 10^8$ m/s	194,39	193,64	188,9
5	0,5 V/m;	$2,12 \cdot 10^8$ m/s	193,99	193,43	188,9
6	$6,5 \cdot 10^{-3}$ A/m;	$1,224 \cdot 10^8$ m/s	193,6	192,8	178,3
7	1;	3 V/m	193,4	191,5	181,9
8	2;	$1,5 \cdot 10^{-3}$ A/m	192,8	186,5	175,7
9	$4 \cdot 10^{-3}$ A/m;	$3 \cdot 10^8$ m/s	191,5	173,2	152,6
10	6;	$6,5 \cdot 10^{-4}$ A/m	186,5	158,4	114,5
11	2,6;	1 V/m	173,2	158,4	64,6
12	0,8 V/m;	$2,12 \cdot 10^8$ m/s	194,96	194,43	171,4
13	2;	$7,5 \cdot 10^{-3}$ A/m	194,43	194,53	200
14	0,2 V/m;	$1,86 \cdot 10^8$ m/s	194,53	194,39	192,8
15	$3,25 \cdot 10^{-3}$ A/m;	$1,224 \cdot 10^8$ m/s	194,39	193,99	188,9
16	6;	4 V/m	194	193,6	188,9
17	2 V/m;	$2,12 \cdot 10^8$ m/s	193,6	193,4	188,9
18	$3,4 \cdot 10^{-3}$ A/m;	$1,86 \cdot 10^8$ m/s	193,4	192,8	140
19	1;	0,5 V/m	192,8	191,5	184,6
20	2;	$1,13 \cdot 10^{-2}$ A/m	191,5	186,5	171,5
21	$1,3 \cdot 10^{-3}$ A/m;	$1,224 \cdot 10^8$ m/s	186,5	173,2	141,2
22	6;	$9,75 \cdot 10^{-3}$ A/m	196,2	195	193,5
23	2 V/m;	$3 \cdot 10^8$ m/s	195	194,4	190,2
24	1;	0,4 V/m	194,43	193,99	191,8
25	0,6 V/m;	$2,12 \cdot 10^8$ m/s	194,5	193,6	190,2
26	$7,8 \cdot 10^{-3}$ A/m;	$1,224 \cdot 10^8$ m/s	196,2	194,4	192,5
27	2,6;	1 V/m	194,4	193,4	188,9
28	1;	$1,06 \cdot 10^{-2}$ A/m	194	192,8	184

№	17.7 (davomi)
	$E = 2Em \cos(\Delta\omega t - \Delta kx) \cos(\omega_0 t - k_0 x), \text{ V/m}$
1	$E = 1,5 \cos(1,2 \cdot 10^{13} \pi t - 6,5 \cdot 10^4 \pi) \cos(5,93 \cdot 10^{14} \pi - 3,04 \cdot 10^6 \pi x)$
2	$E = \cos(3,3 \cdot 10^{13} \pi t - 1,7 \cdot 10^5 \pi x) \cos(6,26 \cdot 10^{14} \pi t - 3,22 \cdot 10^6 \pi x)$
3	$E = 2,8 \cos(5,25 \cdot 10^{13} \pi t - 2,75 \cdot 10^5 \pi x) \cos(6,575 \cdot 10^{14} \pi t - 3,385 \cdot 10^6 \pi x)$
4	$E = 0,04 \cos(5,1 \cdot 10^{13} \pi t - 2,7 \cdot 10^5 \pi x) \cos(7,1 \cdot 10^{14} \pi t - 3,66 \cdot 10^6 \pi x)$
5	$E = 1,1 \cos(4,25 \cdot 10^{13} \pi t - 2,25 \cdot 10^5 \pi x) \cos(7,525 \cdot 10^{14} \pi t - 3,885 \cdot 10^6 \pi x)$
6	$E = 0,14 \cos(2,05 \cdot 10^{13} \pi t - 1,15 \cdot 10^5 \pi x) \cos(7,815 \cdot 10^{14} \pi t - 4,045 \cdot 10^6 \pi x)$
7	$E = 0,3 \cos(7,55 \cdot 10^{13} \pi t - 4,15 \cdot 10^5 \pi x) \cos(8,705 \cdot 10^{14} \pi t - 4,525 \cdot 10^6 \pi x)$
8	$E = 0,4 \cos(2,135 \cdot 10^{14} \pi t - 1,215 \cdot 10^6 \pi x) \cos(1,015 \cdot 10^{15} \pi t - 5,375 \cdot 10^6 \pi x)$
9	$E = 3,2 \cos(3,35 \cdot 10^{14} \pi t - 2,195 \cdot 10^6 \pi x) \cos(1,28 \cdot 10^{15} \pi t - 7,135 \cdot 10^6 \pi x)$
10	$E = 0,1 \cos(2,41 \cdot 10^{14} \pi t - 2,105 \cdot 10^6 \pi x) \cos(1,47 \cdot 10^{15} \pi t - 8,695 \cdot 10^6 \pi x)$
11	$E = 1,6 \cos(4,75 \cdot 10^{13} \pi t - 7,35 \cdot 10^5 \pi x) \cos(1,66 \cdot 10^{15} \pi t - 1,0065 \cdot 10^7 \pi x)$
12	$E = 0,9 \cos(6 \cdot 10^{12} \pi t - 3,5 \cdot 10^4 \pi x) \cos(5,87 \cdot 10^{14} \pi t - 3,015 \cdot 10^6 \pi x)$
13	$E = 0,2 \cos(6 \cdot 10^{12} \pi t - 3 \cdot 10^4 \pi x) \cos(5,99 \cdot 10^{14} \pi t - 3,08 \cdot 10^6 \pi x)$
14	$E = 1,5 \cos(2,7 \cdot 10^{13} \pi t - 1,4 \cdot 10^5 \pi x) \cos(6,32 \cdot 10^{14} \pi t - 3,25 \cdot 10^6 \pi x)$
15	$E = 0,16 \cos(2,55 \cdot 10^{13} \pi t - 1,35 \cdot 10^5 \pi x) \cos(6,845 \cdot 10^{14} \pi t - 3,525 \cdot 10^6 \pi x)$
16	$E = 0,5 \cos(2,55 \cdot 10^{13} \pi t - 1,35 \cdot 10^5 \pi x) \cos(7,355 \cdot 10^{14} \pi t - 3,795 \cdot 10^6 \pi x)$
17	$E = 0,02 \cos(1,7 \cdot 10^{13} \pi t - 9 \cdot 10^4 \pi x) \cos(7,78 \cdot 10^{14} \pi t - 4,02 \cdot 10^6 \pi x)$
18	$E = 1,3 \cos(3,5 \cdot 10^{12} \pi t - 2,5 \cdot 10^4 \pi x) \cos(7,98 \cdot 10^{14} \pi t - 4,135 \cdot 10^6 \pi x)$

19	$E = 0,8 \cos (7,2 \cdot 10^{13} \pi t - 3,9 \cdot 10^5 \pi x) \cos (8,74 \cdot 10^{14} \pi t - 4,55 \cdot 10^6 \pi x)$
20	$E = 2 \cos (1,415 \cdot 10^{14} \pi t - 8,25 \cdot 10^5 \pi x) \cos (1,087 \cdot 10^{15} \pi t - 5,765 \cdot 10^6 \pi x)$
21	$E = 3 \cos (1,935 \cdot 10^{14} \pi t - 1,37 \cdot 10^6 \pi x) \cos (1,42 \cdot 10^{15} \pi t - 7,96 \cdot 10^6 \pi x)$
22	$E = 0,12 \cos (1,345 \cdot 10^{14} \pi t - 6,95 \cdot 10^5 \pi x) \cos (4,465 \cdot 10^{14} \pi t - 2,285 \cdot 10^6 \pi x)$
23	$E = 3,6 \cos (3,9 \cdot 10^{13} \pi t - 2,05 \cdot 10^5 \pi x) \cos (6,2 \cdot 10^{14} \pi t - 3,185 \cdot 10^6 \pi x)$
24	$E = 0,6 \cos (5,85 \cdot 10^{13} \pi t - 3,05 \cdot 10^5 \pi x) \cos (6,5 \cdot 10^{14} \pi t - 3,355 \cdot 10^6 \pi x)$
25	$E = 2,4 \cos (7,8 \cdot 10^{13} \pi t - 4,1 \cdot 10^5 \pi x) \cos (6,83 \cdot 10^{14} \pi t - 3,52 \cdot 10^6 \pi x)$
26	$E = 0,08 \cos (1,405 \cdot 10^{14} \pi t - 7,3 \cdot 10^5 \pi x) \cos (4,525 \cdot 10^{14} \pi t - 2,32 \cdot 10^6 \pi x)$
27	$E = 0,7 \cos (6,8 \cdot 10^{13} \pi t - 3,6 \cdot 10^5 \pi x) \cos (7,27 \cdot 10^{14} \pi t - 3,75 \cdot 10^6 \pi x)$
28	$E = 1,2 \cos (4,6 \cdot 10^{13} \pi t - 2,5 \cdot 10^5 \pi x) \cos (7,56 \cdot 10^{14} \pi t - 3,91 \cdot 10^6 \pi x)$

№	17.8	17.9			17.10
		Soniy., W/ m ²	S _o 'r., W/m ²	C _{max} , W/m ²	
1	720 Nm	$7,95 \cdot 10^{-3}$	$5,3 \cdot 10^{-3}$	$1,06 \cdot 10^{-2}$	0,5 V/m
2	$1,88 \cdot 10^8$ m/s	$5,3 \cdot 10^{-3}$			2 m ²
3	$1,93 \cdot 10^8$ m/s	$2,75 \cdot 10^{-3}$			30 min
4	$2,22 \cdot 10^{14}$ s ⁻¹	$1,06 \cdot 10^{-2}$			172 J
5	952 Nm	0,286	0,191	0,382	2 V/m
6	$1,94 \cdot 10^8$ m/s	0,191			5 m ²
7	$1,48 \cdot 10^8$ m/s	0,1			10 min
8	$1,56 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹	0,382			21,5 J
9	1020 Nm	0,128	0,085	0,17	3 V/m
10	$1,92 \cdot 10^8$ m/s	0,085			10 m ²
11	$1,64 \cdot 10^8$ m/s	0,044			4 min
12	$1,39 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹	0,17			0,32 J
13	840 Nm	1,06	0,53	1,06	0,2 V/m
14	$1,84 \cdot 10^8$ m/s	0,27			3 m ²
15	$1,88 \cdot 10^8$ m/s	0,53			2 min
16	$4,32 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹	0,795			358,3 J
17	645 Nm	$4,78 \cdot 10^{-2}$	$4,78 \cdot 10^{-2}$	$9,55 \cdot 10^{-2}$	5 V/m
18	$1,94 \cdot 10^8$ m/s	$9,55 \cdot 10^{-2}$			8 m ²
19	$1,2 \cdot 10^8$ m/s	$2,48 \cdot 10^{-2}$			5 min
20	$8,47 \cdot 10^{12}$ s ⁻¹	$7,16 \cdot 10^{-2}$			1,194 J
21	508 Nm	0,45	0,299	0,597	4 V/m
22	$1,58 \cdot 10^8$ m/s	0,3			40 m ²
23	$1,91 \cdot 10^8$ m/s	0,597			12 min
24	$9,4 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹	0,15			564,3 J
25	214 Nm	0,6	1,194	2,39	0,5 V/m
26	$1,92 \cdot 10^8$ m/s	1,79			6 m ²
27	$1,84 \cdot 10^8$ m/s	1,18			20 min
28	$3,2 \cdot 10^{12}$ s ⁻¹	2,39			63,7 J

To 'lqin optikasi

№	18.1	18.2	18.3
1	0, 16 mm	0,686 (1,46 kamayadi)	1,69 mm
2	0,46 μ m	0,83 (1,2 kamayadi)	1,91 mm
3	1,5 m	0,786 (1,27 kamayadi)	2,25 mm
4	2 mm	0,57 (1,75 kamayadi)	2,55 mm
5	1,54 mm	0,93 (1,07 kamayadi)	0,7197 μ m
6	0,34 μ m	0,86 (1,16 kamayadi)	0,64 μ m
7	9 m	1,19	0,55 μ m
8	1,9 mm	0,695 (1,44 kamayadi)	0,3997 μ m
9	1,95 mm	1,275	6 cm
10	0,42 μ m	1,6	11 cm
11	6 m	1,725	15 cm
12	4 mm	1,35	18 cm
13	1,86 mm	1,16	4 m
14	0,52 μ m	0,8 (1,24 kamayadi)	3,4 m
15	10 m	1,255	2,2 m
16	0,8 mm	1,41	1,5 m
17	2 mm	1,29	3'
18	0,63 μ m	1,13	5'
19	8 m	1,55	8'
20	1,5 mm	0,886 (1,13 kamayadi)	12'
21	1,6 mm	0,836 (1,2 kamayadi)	8,54 mm
22	0,57 μ m	0,78 (1,28 kamayadi)	4,27 mm
23	15 m	0,657 (1,52 kamayadi)	2,85 mm
24	5 mm	1,15	2,14 mm
25	2 mm	1,286	12 cm
26	0,45 μ m	1,125	10 cm
27	20 m	0,931 (1,1 kamayadi)	7 cm
28	0,7 mm	0,75 (1,33 kamayadi)	4 cm

№	18.4	18.5		18.6
1	2,4 μm	1,816 μm;	0,343 μm	0,0917 μm
2	6 μm	0,499 μm;	0,194 μm	0,275 μm
3	9,6 μm	0,2694 μm;	0,1347 μm	0,4583 μm
4	12 μm	0,0784 μm;	0,1568 μm	0,6417 μm
5	1,3	0,6498 μm;	0,2794 μm	4
6	1,5	0,6677 μm;	0,1008 μm	4
7	1,2	0,126 μm;	0,252 μm	4
8	1,4	0,098 μm;	0,196 μm	4
9	8,18	0,6 μm;	0,1185 μm	6
10	10	0,6019 μm;	0,0957 μm	4
11	6,92	0,111 μm;	0,2219 μm	3
12	12,86	0,2227 μm;	0,1114 μm	5
13	6,875 μm	0,72 μm;	0,2218 μm	0,532 μm
14	5 μm	0,6728 μm;	0,2784 μm	0,5156 μm
15	8,125 μm	0,0928 μm;	0,1856 μm	0,5 μm
16	4,375 μm	0,1667 μm;	0,0834 μm	0,4853 μm
17	15 μm	0,48 μm;	0,1784 μm	0,167 μm
18	11,25 μm	0,7733 μm;	0,2874 μm	0,3235 μm
19	9 μm	0,0849 μm;	0,1698 μm	0,4714 μm
20	7,5 μm	0,2083 μm;	0,1042 μm	0,611 μm
21	0,3375 μm	0,64 μm;	0,232 μm	2
22	0,7031 μm	0,5947 μm;	0,204 μm	1
23	0,5812 μm	0,1273 μm;	0,2545 μm	2
24	0,45 μm	0,1674 μm;	0,0837 μm	1
25	1,2	0,35 μm;	0,0643 μm	0,1964 μm
26	1,48	0,45 μm;	0,07955 μm	0,3928 μm
27	1,35	0,1422 μm;	0,2845 μm	0,5893 μm
28	1,42	0,0943 μm;	0,1886 μm	0,7857 μm

№	18.7	18.8	18.9	18.10
1	0,47 mm	1,4	0,84 mm	2 mm
2	0,235 mm	5 μm	1,025 mm	1,15
3	0,157 mm	25 cm	1,18 mm	0,5504 μm
4	0,117 mm	0,5433 μm	1,32 mm	914
5	1,66 mm	8	5	4 mm
6	1,552 mm	16 cm	3	1,06
7	1,458 mm	1,1	2	0,7 μm
8	1,375 mm	3 μm	4	2500
9	0,7 μm (qizil)	20 cm	0,5941 μm	15 mm
10	0,47 μm (ko'k)	0,5284 μm	0,4959 μm	1,3
11	0,41 μm (binafsha)	2	0,7013 μm	0,6021 μm
12	0,59 μm (sariq)	5,8 cm	0,3945 μm	132
13	1'30"	1,2	0,72 m	2 mm
14	2'30"	4 μm	0,35 m	1,4
15	2'	10 cm	1,8 m	0,45 μm
16	1'	0,6067 μm	2,2 m	914
17	0,401 mm	4	0,5 m	5 mm
18	0,367 mm	0,7 cm	1 m	1,14
19	0,292 mm	1,33	5 m	0,5 μm
20	0,241 mm	6 μm	10 m	121
21	1,4	15 cm	2,51 mm	8 mm
22	1,6	0,4608 μm	3,54 mm	1,1
23	1,7	3	4,34 mm	0,6506 μm
24	1,5	3 cm	5,01 mm	945
25	0,884 mm	1,25	4	1,1 mm
26	0,712 mm	5 μm	3	1,2
27	0,675 mm	12 cm	6	0,7 μm
28	0,589 mm	0,5345 μm	5	450

№	19.1	19.2		19.3		19.4
1	0,38 mm	4;	qorong'i	1,6 m;	3,2 m	1
2	0,54 mm	1,3 m;	yorug'	0,55 μ m;	14,55 cm	3
3	0,66 mm	0,7 mm;	qorong'i	0,9 mm;	60,5 cm	3
4	0,76 mm	0,45 μ m;	yorug'	0,5 mm;	47,2 cm	5
5	1,1 mm	7;	yorug'	0,42 μ m;	7,71 m	2
6	1,56 mm	0,78 m;	qorong'i	53 cm;	1,06 m	1
7	1,9 mm	1,2 mm;	yorug'	0,5 μ m;	1,69 m	0
8	2,2 mm	0,39 μ m;	qorong'i	0,8 mm;	62,7 cm	0
9	0,45 mm	5;	yorug'	0,4 mm;	25 cm	3
10	0,51 mm	8 cm;	yorug'	0,48 μ m;	4,08 m	3
11	0,55 mm	0,8 mm;	yorug'	11,25 cm;	22,5 cm	3
12	0,59 mm	0,676 μ m;	qorong'i	0,6 μ m;	83,3 cm	4
13	1,1 mm	6;	qorong'i	0,3 mm;	19,14 cm	1
14	1,25 mm	18 cm;	yorug'	1 mm;	71,4 cm	0
15	1,34 mm	1,6 mm;	yorug'	2,065 m;	4,13 m	1
16	1,45 mm	0,587 μ m;	qorong'i	0,53 μ m;	47,2 cm	0
17	0,465 mm	1;	yorug'	1,1 mm;	1,375 m	1
18	0,495 mm	1,4 m;	yorug'	0,7 mm;	84,5 cm	1
19	0,506 mm	1,4 mm;	yorug'	0,65 μ m;	62,3 cm	2
20	0,512 mm	0,34 μ m;	qorong'i	0,45 μ m;	5 m	7
21	0,97 mm	2;	qorong'i	36 cm;	72 cm	2
22	1,37 mm	7 cm;	yorug'	0,6 mm;	47,4 cm	1
23	1,68 mm	1 mm;	qorong'i	1,2 mm;	2,62 m	1
24	1,94 mm	0,48 μ m;	yorug'	0,7 μ m;	86,5 cm	1
25	0,426 mm	3;	yorug'	0,64 μ m;	4,52 m	8
26	0,588 mm	1,58 m;	qorong'i	66,7 cm;	1,33 m	5
27	0,703 mm	1,3 mm;	yorug'	1,3 mm;	1,41 m	4
28	0,793 mm	0,519 μ m;	qorong'i	0,2 mm;	9,6 cm	4

№	19.5	19.6	19.7	19.8
1	0,708 μm	9°36'	8 μm	28,3 cm
2	0,9 mm	19°28'	0,68 μm	64,8 cm
3	35 cm	30°	0,9 m	22,5 cm
4	0,17 mm	41°49'	3,77 cm	49 cm
5	0,445 μm	14°29'	25 μm	45,27 cm
6	1,3 mm	24°37'	0,7 μm	22,54 cm
7	2,7 m	35°41'	1,3 m	34,84 cm
8	0,15 mm	48°35'	9 cm	29,8 cm
9	0,409 μm	6°23'	30 μm	0,8 m
10	0,8 mm	19°28'	0,45 μm	0,4 m
11	83 cm	33°45'	0,8 m	0,2 m
12	0,1 mm	51°03'	5,37 cm	0,6 m
13	0,658 μm	9°36'	10 μm	500 mm^{-1}
14	1,2 mm	22°53'	0,6 μm	75 mm^{-1}
15	70 cm	37°40'	0,7 m	200 mm^{-1}
16	0,25 mm	56°27'	19,65 cm	150 mm^{-1}
17	0,6044 μm	11°32'	23 μm	11,15 cm
18	1 mm	23°35'	0,57 μm	22,97 cm
19	1 m	36°52'	1,1 m	14,64 cm
20	0,28 mm	53°08'	8,67 cm	30,87 cm
21	0,59 μm	17°27'	12 μm	1 m
22	0,7 mm	30°	0,46 μm	0,4 m
23	58 cm	44°26'	0,77 m	0,25 m
24	0,14 mm	64°10'	5,71 cm	0,15 m
25	0,4887 μm	17°27'	34 μm	250 mm^{-1}
26	1,4 mm	23°35'	0,52 μm	90 mm^{-1}
27	61 cm	36° 52'	0,1 m	180 mm^{-1}
28	0,2 mm	44°26'	1,93 cm	50 mm^{-1}

№	19.9				19.10
1	5 cm;	$5 \cdot 10^{-4}$ cm;	10^4 ;	4000 Å	7°42'
2	10 cm;	0,55 Å;	10^4 ;	1000 cm^{-1}	15°32'
3	$8 \cdot 10^{-4}$ cm;	4500 Å;	$1,5 \cdot 10^4$;	3750 cm^{-1}	23°41'
4	$1,5 \cdot 10^{-3}$ cm;	0,5 Å;	$1,2 \cdot 10^4$;	2000 cm^{-1}	32°23'
5	9000;	3;	5400 Å;	$2,7 \cdot 10^4$	0,3 nm
6	$1,6 \cdot 10^{-3}$ cm;	1875;	0,8 Å;	7500	0,24 nm
7	5 cm;	8333;	0,2 Å;	5000 cm^{-1}	0,35 nm
8	3,75 cm	2;	4500 Å;	$1,5 \cdot 10^4$	0,15 nm
9	$2,5 \cdot 10^{-4}$ cm;	8000;	0,8 Å;	4000 cm^{-1}	0,1 nm
10	$2 \cdot 10^{-4}$ cm;	0,2 Å;	$2,5 \cdot 10^4$;	10^4 cm^{-1}	0,07 nm
11	4200;	4200 Å;	8400;	1333 cm^{-1}	0,08 nm
12	4 cm;	2;	4800 Å;	1600 cm^{-1}	0,04 nm
13	4000;	0,5 Å;	$1,2 \cdot 10^4$;	6000 cm^{-1}	3
14	2000;	5600 Å;	8000;	5714 cm^{-1}	2
15	3,5 cm;	$4 \cdot 10^{-4}$ cm;	2;	4375 Å	1
16	$6,67 \cdot 10^{-4}$ cm;	3;	0,5 Å;	8100	2
17	7 cm;	10^4 ;	6000 Å;	1429 cm^{-1}	11°32'
18	2 cm;	$3,175 \cdot 10^{-4}$ cm;	6300;	5040 Å	9°36'
19	$4 \cdot 10^{-4}$ cm;	4900 Å;	14000;	5000 cm^{-1}	8°13'
20	$6,25 \cdot 10^{-4}$ cm;	5120;	4608 Å;	15360	7°11'
21	5000;	3;	3750 Å;	15 000	0,22 nm
22	1200;	1,17 Å	3600;	2400 cm^{-1}	0,45 nm
23	10^{-3} cm;	2500;	1,05 Å;	2000 cm^{-1}	0,19 nm
24	$8 \cdot 10^{-4}$ cm;	2;	5400 Å;	2500 cm^{-1}	0,33 nm
25	3 cm;	3,2 Å;	1500;	500 cm^{-1}	0,12 nm
26	1,5 cm;	$3,33 \cdot 10^{-4}$ cm;	2;	5400 Å	0,13 nm
27	3,25 cm;	6500 Å;	6500;	2000 cm^{-1}	0,04 nm
28	$1,07 \cdot 10^{-3}$ cm;	1500;	4500 Å;	1875 cm^{-1}	0,06 nm

№	20.1		20.2		20.3
1	45°35';	54°28'	0,12 W/m ² ;	0,06 W/m ²	45°
2	41°49';	56°19'	0,14 W/m ² ;	0,035 W/m ²	5%
3	38°41';	58°	0,1 W/m ² ;	45°	8%
4	36°02';	59°32'	0,68 W/m ² ;	0,01 W/m ²	39,5%
5	1,25;	51°20'	0,36 W/m ² ;	25°	65°
6	1,8;	60°57'	0,22 W/m ² ;	0,11 W/m ²	6%
7	1,35;	53°28'	0,05 W/m ² ;	40°	19%
8	1,66;	58°57'	0,17 W/m ² ;	0,03 W/m ²	17,64%
9	1,64;	37°34'	0,18 W/m ² ;	20°	50°
10	1,28;	51°23'	0,2 W/m ² ;	70°	7%
11	1,32;	49°15'	0,4 W/m ² ;	0,177 W/m ²	12%
12	1,47;	42°52'	0,08 W/m ² ;	0,0537 W/m ²	2,9%
13	47°48';	53°28'	0,18 W/m ² ;	55°	35°
14	43°36';	55°24'	0,2 W/m ² ;	0,059 W/m ²	3%
15	40°11';	57°10'	0,26 W/m ² ;	0,13 W/m ²	9%
16	37°18';	58°47'	0,16 W/m ² ;	10°	43,9%
17	1,42;	54°51'	0,32 W/m ² ;	0,01 W/m ²	70°
18	1,58;	57°40'	0,14 W/m ² ;	0,07 W/m ²	10%
19	1,3;	52°26'	0,24 W/m ² ;	30°	5%
20	1,72;	59°49'	0,16 W/m ² ;	0,149 W/m ²	8,6%
21	1,76;	34° 37'	0,08 W/m ² ;	0,04 W/m ²	40°
22	1,53;	40°49'	0,12 W/m ² ;	50°	8%
23	1,37;	46°54'	0,15 W/m ² ;	0,0175 W/m ²	11%
24	1,68;	36°32'	0,18 W/m ² ;	0,0795 W/m ²	4,26%
25	33°45';	60°57'	0,03 W/m ² ;	15°	55°
26	43°59';	55°13'	0,1 W/m ² ;	0,097 W/m ²	14%
27	34°51';	60°15'	0,3 W/m ² ;	60°	15%
28	38°07';	58°19'	0,14 W/m ² ;	0,035 W/m ²	11,52%

№	20.4	20.5		20.6
1	3,42	Yassi	63°26'	35,75 μm
2	4,74	Doiraviy;	—	0,57 μm
3	7,74	Yassi	144°28'	1,75
4	15,62	Elliptik;	90°	1,666
5	0,45	Elliptik;	90°	58,44 μm
6	0,6	Yassi	128°40'	0,42 μm
7	0,3	Elliptik;	0°	1,68
8	0,7	Yassi	45°	1,717
9	55°	Yassi	158°58'	71,75 μm
10	40°	Doiraviy;	—	0,68 μm
11	25°	Yassi	15°57'	1,57
12	35°	Elliptik;	90°	1,62
13	80	Elliptik;	0°	148,5 μm
14	40	Elliptik;	90°	0,52 μm
15	26,7	Yassi	135°	1,72
16	20	Yassi	33°41'	1,65
17	0,4	Doiraviy;	—	49,875 μm
18	0,5	Yassi	24°27'	0,56 μm
19	0,65	Elliptik;	0°	1,63
20	0,75	Yassi	125°	1,71
21	15°	Yassi	148°	348 μm
22	65°	Elliptik;	0°	0,47 μm
23	20°	Yassi	68°12'	1,82
24	40°	Doiraviy;	—	1,793
25	4,6	Yassi	14°	73,5 μm
26	7,11	Yassi	121°	0,636 μm
27	16	Elliptik;	90°	1,59
28	64	Elliptik;	0°	1,56

№	20.7	20.8		
1	1,317 mm	12 cm;	1500 V;	$0,167\pi$ rad
2	0,55 μm	1344 V;	0,12 μm ;	$0,4\pi$ rad
3	0,65 μm	8,5 cm;	1,39 mm;	76,5 nm
4	0,023	$4,75 \cdot 10^{-7}$;	23,75 nm;	$0,08\pi$ rad
5	0,017	3,67 cm;	1 mm;	$0,367\pi$ rad
6	71,3 μm	1,15 mm;	0,144 μm ;	$0,48\pi$ rad
7	0,4 μm	3,66 cm;	2115 V;	0,15 μm
8	0,7 μm	1 mm;	10^{-6} ;	75 nm
9	0,03	27,3 cm;	$3,3 \cdot 10^{-7}$;	$0,3\pi$ rad
10	0,015	1,8 mm;	$8,1 \cdot 10^{-7}$;	$0,43\pi$ rad
11	123,3 μm	6,3 cm;	$9,5 \cdot 10^{-7}$;	60 nm
12	0,48 μm	16 cm;	980 V;	0,12 μm
13	0,601 μm	1196 V;	$5,83 \cdot 10^{-7}$;	$0,23\pi$ rad
14	0,021	18,75 cm;	1713 V;	$\pi/2$ rad
15	0,012	36,36 cm;	$3,3 \cdot 10^{-7}$;	$0,4\pi$ rad
16	193,6 μm	1,61 mm;	10^{-6} ;	0,09 μm
17	0,41 μm	2009 V;	0,375 μm ;	$1,25\pi$ rad
18	0,55 μm	0,96 mm;	$8 \cdot 10^{-7}$;	$\pi/3$ rad
19	0,025	6,43 cm;	1,51 mm;	45 nm
20	0,024	14,06 cm;	$9,6 \cdot 10^{-7}$;	0,135 μm
21	586,5 μm	1444 V;	$7,62 \cdot 10^{-7}$;	$0,2 \pi$ rad
22	0,41 μm	1,24 mm;	$8,65 \cdot 10^{-7}$;	$0,53\pi$ rad
23	0,45 μm	1,66 mm;	$8,08 \cdot 10^{-7}$;	0,105 μm
24	0,015	7 cm;	1,1 mm;	$0,47\pi$ rad
25	0,013	0,1 μm ;	$9,2 \cdot 10^{-7}$;	$0,34\pi$ rad
26	0,7 mm	0,89 mm;	0,21 μm ;	$0,7\pi$ rad
27	0,45 μm	7 cm;	885 V;	$0,2\pi$ rad
28	0,58 μm	17,37 cm;	763,5 V;	0,165 μm

№	20.9		20.10		
1	0,5107 μm;	yashil	0,05;	83%;	4,4%
2	0,5536 μm;	yashil	0,064;	79%;	5,5%
3	0,6071 μm;	zarg'aldoq	0,079;	75,6%;	6,5%
4	0,6286 μm;	qizil	0,093;	72,2%;	7,45%
5	12°45'		0,04;	17%;	0,7%
6	16°57'		0,0415;	39%;	1,7%
7	19°24'		0,046;	68,7%;	3,3%
8	22°33'		0,0577;	94,3%;	5,8%
9	0,524 mm		0,05	51,8%;	2,7%
10	0,753 mm		0,064;	48,6%;	3,3%
11	0,9 mm		0,078;	45,9%;	3,9%
12	1,195 mm		0,093;	43,4%;	4,4%
13	0,6521 μm;	qizil	0,0536;	15,8%;	1%
14	0,6179 μm;	zarg'aldoq	0,055;	36,7%;	2,1%
15	0,5544 μm;	yashil	0,0596;	64,9%;	4,1%
16	0,5107 μm;	yashil	0,072;	91,4%;	7,1%
17	13°		0,041;	26,9%;	1,1%
18	15°10'		0,054;	25,2%;	1,4%
19	17°20'		0,068;	23,5%;	1,7%
20	19°30'		0,082;	22,3%;	2%
21	1,41 mm		0,067;	14,9%;	1,1%
22	1,24 mm		0,069;	34,5%;	2,5%
23	1,08 mm		0,074;	61,3%;	4,9%
24	0,92 mm		0,087;	88,3%;	8,4%
25	0,5519 μm;	yashil	0,074;	100%;	8%
26	0,5849 μm;	sariq	0,096;	100%;	10,6%
27	0,6096 μm;	zarg'aldoq	0,118;	100%;	13,4%
28	0,6508 μm;	qizil	0,14;	100%;	16,2%

Kvant mexanikasi va qattiq jicmlar fizikasi elementlari. Atom yadrosi fizikasi asoslari

№	21.1	21.2	21.3
1	900 K	10,6 kJ	300 W
2	1100 K	$6,4 \cdot 10^7$ J	$46,7 \text{ mm}^2$
3	1150 K	3,1 kJ	2411 K
4	1300 K	$1,8 \cdot 10^7$ J	55,6%
5	4 cm^2	1,6 kJ	150 W
6	7 cm^2	$9,5 \cdot 10^6$ J	96 mm^2
7	9 cm^2	686,5 J	2381 K
8	10 cm^2	$4,1 \cdot 10^6$ J	60%
9	8,2 W	59 J	60 W
10	14 W	$3,5 \cdot 10^5$ J	$3,44 \text{ cm}^2$
11	22,44 W	17,5 J	2431 K
12	34,2 W	$1,05 \cdot 10^5$ J	40%
13	1237 K	4,33 J	25 W
14	1088 K	26 kJ	$2,11 \text{ cm}^2$
15	1000 K	1,76 J	2349 K
16	940 K	10,6 kJ	30%
17	$4,5 \text{ cm}^2$	1,025 J	100 W
18	3 cm^2	6,15 kJ	$0,5 \text{ cm}^2$
19	$5,2 \text{ cm}^2$	$1,34 \cdot 10^{-4}$ J	2401 K
20	$3,5 \text{ cm}^2$	0,2 J	69,5%
21	11,9 W	$3,26 \cdot 10^{-3}$ J	500 W
22	17,85 W	0,05 J	91 mm^2
23	23,8 W	$9,5 \cdot 10^{-6}$ J	2446 K
24	29,75 W	$14,3 \cdot 10^{-3}$ J	45%
25	750 K	$6 \cdot 10^{-9}$ J	50 W
26	830 K	$9 \cdot 10^{-6}$ J	$34,5 \text{ mm}^2$
27	950 K	$2,1 \cdot 10^{-6}$ J	2320 K
28	1200 K	$3,1 \cdot 10^{-3}$ J	75%

№	21.4		21.5
1	0,5 μm;	ko'rinuvchi	$5 \cdot 10^3$
2	1,61 μm;	infracizil	$2 \cdot 10^6$
3	1,26 μm;	infracizil	$1,5 \cdot 10^7$
4	9,67 μm;	infracizil	$4,2 \cdot 10^7$
5	2,64 μm;	infracizil	15,9
6	0,29 μm;	ulitrabinafsha	57,6
7	3,11 μm;	infracizil	61
8	7,775 μm;	infracizil	56,1
9	2,9 Å;	rengent	1740
10	2,07 μm;	infracizil	3,8
11	5,74 μm;	infracizil	1,18
12	0,967 μm;	infracizil	1,15
13	0,682 μm;	ko'rinuvchi	157
14	2,47 μm;	infracizil	51
15	9,35 μm;	infracizil	19,2
16	0,483 μm;	ko'rinuvchi	8,1
17	5,8 μm;	infracizil	572
18	1,42 μm;	infracizil	1270
19	3,22 μm;	infracizil	1322
20	10,6 μm;	infracizil	1250
21	1,8 μm;	infracizil	1,083
22	2,1 μm;	infracizil	1,027
23	0,097 μm;	ulitrabinafsha	1,097
24	6,44 μm;	infracizil	1,32
25	1,45 μm;	infracizil	$4,1 \cdot 10^4$
26	0,88 μm;	infracizil	10^3
27	4,83 μm;	infracizil	73
28	0,029 μm;	ulitrabinafsha	10,1

№	21.6			
1	$1,875 \cdot 10^{20}$ Hz;	$1,24 \cdot 10^{-13}$ J;	$1,38 \cdot 10^{-30}$ kg;	$4,13 \cdot 10^{-22}$ kg · m/s
2	$6 \cdot 10^{-11}$ m;	$3,3 \cdot 10^{-15}$ J;	$3,68 \cdot 10^{-32}$ kg;	$1,1 \cdot 10^{-23}$ kg · m/s
3	$5 \cdot 10^{-12}$ m;	$6 \cdot 10^{19}$ Hz;	$4,44 \cdot 10^{-31}$ kg;	$1,33 \cdot 10^{-22}$ kg · m/s
4	$3,68 \cdot 10^{-12}$ m;	$8,15 \cdot 10^{19}$ Hz;	$5,4 \cdot 10^{-14}$ J;	$1,8 \cdot 10^{-22}$ kg · m/s
5	$3,3 \cdot 10^{-13}$ m;	$9 \cdot 10^{20}$ Hz;	$6 \cdot 10^{-13}$ J;	$6,67 \cdot 10^{-30}$ kg
6	$6 \cdot 10^{17}$ Hz;	$3,97 \cdot 10^{-16}$ J;	$4,4 \cdot 10^{-33}$ kg;	$1,325 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
7	10^{-7} m;	$2 \cdot 10^{-18}$ J;	$2,2 \cdot 10^{-35}$ kg;	$6,62 \cdot 10^{-27}$ kg · m/s
8	$9,94 \cdot 10^{-14}$ m;	$3 \cdot 10^{21}$ Hz;	$2,2 \cdot 10^{-29}$ kg;	$6,67 \cdot 10^{-21}$ kg · m/s
9	$5,52 \cdot 10^{-11}$ m;	$5,4 \cdot 10^{18}$ Hz;	$3,6 \cdot 10^{-15}$ J;	$1,2 \cdot 10^{-23}$ kg · m/s
10	$1,325 \cdot 10^{-14}$ m;	$2,26 \cdot 10^{25}$ Hz;	$1,5 \cdot 10^{-11}$ J;	$1,67 \cdot 10^{-28}$ kg
11	$1,2 \cdot 10^{19}$ Hz;	$7,95 \cdot 10^{-15}$ J;	$8,83 \cdot 10^{-32}$ kg;	$2,65 \cdot 10^{-23}$ kg · m/s
12	$3,75 \cdot 10^{-7}$ m;	$5,3 \cdot 10^{-19}$ J;	$5,89 \cdot 10^{-36}$ kg;	$1,77 \cdot 10^{-27}$ kg · m/s
13	$2,84 \cdot 10^{-13}$ m;	10^{21} Hz;	$7,78 \cdot 10^{-30}$ kg;	$2,33 \cdot 10^{-21}$ kg · m/s
14	$1,1 \cdot 10^{-12}$ m;	$2,7 \cdot 10^{20}$ Hz;	$1,8 \cdot 10^{-13}$ J;	$6 \cdot 10^{-22}$ kg · m/s
15	$7,36 \cdot 10^{-16}$ m;	$4 \cdot 10^{23}$ Hz;	$2,7 \cdot 10^{-10}$ J;	$3 \cdot 10^{-27}$ kg
16	$3,75 \cdot 10^{16}$ Hz;	$2,48 \cdot 10^{-17}$ J;	$2,76 \cdot 10^{-34}$ kg;	$8,28 \cdot 10^{-26}$ kg · m/s
17	$1,5 \cdot 10^{-8}$ m;	$1,325 \cdot 10^{-17}$ J;	$1,47 \cdot 10^{-34}$ kg;	$4,4 \cdot 10^{-26}$ kg · m/s
18	$6,625 \cdot 10^{-11}$ m;	$4,53 \cdot 10^{18}$ Hz;	$3,33 \cdot 10^{-32}$ kg;	10^{-23} kg · m/s
19	$2,76 \cdot 10^{-10}$ m;	$1,1 \cdot 10^{18}$ Hz;	$7,2 \cdot 10^{-16}$ J;	$2,4 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
20	$1,1 \cdot 10^{-12}$ m;	$2,72 \cdot 10^{20}$ Hz;	$1,8 \cdot 10^{-13}$ J;	$2 \cdot 10^{-30}$ kg
21	$7,5 \cdot 10^{20}$ Hz;	$4,97 \cdot 10^{-13}$ J;	$5,52 \cdot 10^{-30}$ kg;	$1,66 \cdot 10^{-21}$ kg · m/s
22	$4,286 \cdot 10^{-10}$ m;	$4,64 \cdot 10^{-16}$ J;	$5,15 \cdot 10^{-33}$ kg;	$1,55 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
23	$2,2 \cdot 10^{-10}$ m;	$1,36 \cdot 10^{18}$ Hz;	10^{-32} kg;	$3 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
24	$7,36 \cdot 10^{-12}$ m;	$4,1 \cdot 10^{19}$ Hz;	$2,7 \cdot 10^{-14}$ J;	$9 \cdot 10^{-23}$ kg · m/s
25	$1,66 \cdot 10^{-11}$ m;	$1,8 \cdot 10^{19}$ Hz;	$1,2 \cdot 10^{-14}$ J;	$1,33 \cdot 10^{-31}$ kg
26	$3,33 \cdot 10^{15}$ Hz;	$2,2 \cdot 10^{-18}$ J;	$2,45 \cdot 10^{-35}$ kg;	$7,36 \cdot 10^{-27}$ kg · m/s
27	$7,5 \cdot 10^{-12}$ m;	$2,65 \cdot 10^{-14}$ J;	$2,94 \cdot 10^{-31}$ kg;	$8,83 \cdot 10^{-23}$ kg · m/s
28	$4 \cdot 10^{-9}$ m;	$7,55 \cdot 10^{16}$ Hz;	$5,56 \cdot 10^{-34}$ kg;	$1,67 \cdot 10^{-25}$ kg · m/s

№	21.7	21.8		21.9		21.10
1	0,79	0,4 μm;	2,2 eV	0,45 μm;	0,65	0,503 Å
2	0,84	0,55 μm;	0,654 μm	0,9;	473,7 W	0,512 Å
3	0,9	0,262 μm;	1,47 V	2 s;	$5 \cdot 10^{-7}$ N	0,524 Å
4	0,82	3,8 eV;	0,327 μm	0,55;	$2,064 \cdot 10^{21}$	0,536 Å
5	0,22 eV	4,3 eV;	0,67 V	0,67 μm;	7,69 W	50°
6	0,5 eV	0,54 μm;	0,4 V	$7,7 \cdot 10^{20}$;	$4 \cdot 10^{-7}$ N	130°
7	0,857 eV	0,5 μm;	2,38 eV	0,6;	5 s	80°
8	1,33 eV	0,7 μm;	0,887 μm	0,5 μm;	$9 \cdot 10^{-7}$ N	150°
9	0,54 μm	0,6 μm;	2 eV	2,2 s;	12,4 W	65°
10	0,89 μm	2,8 eV;	0,444 μm	112,5 W;	$6 \cdot 10^{-7}$ N	145°
11	0,28 μm	4,4 eV;	1 V	0,8;	1 s	90°
12	0,65 μm	0,234 μm;	0,615 V	$1,24 \cdot 10^{20}$;	$2 \cdot 10^{-7}$ N	130°
13	0,97	0,26 μm;	4,37 eV	$1,3 \cdot 10^{20}$;	6,67 W	0,416 MeV
14	0,92	0,49 μm;	0,518 μm	0,55 μm;	0,95	0,296 MeV
15	0,88	1,6 eV;	0,125 V	3,5 s;	10^{-8} N	0,23 MeV
16	0,84	0,276 μm;	0,278 V	0,7 μm;	19,2 W	0,197 MeV
17	0,35 eV	3,8 eV;	0,207 V	0,5;	$5,6 \cdot 10^{21}$	0,236 Å
18	0,4 eV	5,316 eV;	0,234 μm	0,4 μm;	$7 \cdot 10^{-7}$ N	0,436 Å
19	1,125 eV	0,24 μm;	4,8 eV	3 s;	11,67 W	0,636 Å
20	1,327 eV	0,45 μm;	0,472 μm	0,85;	81,1 W	0,836 Å
21	0,1 μm	0,292 μm;	0,186 V	$1,63 \cdot 10^{20}$;	10 W	0,644 Å
22	0,337 μm	3,64 eV;	0,24 V	0,65 μm;	0,75	0,630 Å
23	0,637 μm	2,35 eV;	0,529 μm	48,67 W;	$3 \cdot 10^{-7}$ N	0,614 Å
24	0,819 μm	0,4 μm;	0,499 μm	2,5 s;	10^{-7} N	0,603 Å
25	0,98	0,35 μm;	3,3 eV	0,7;	$2,4 \cdot 10^{20}$	0,105 MeV
26	0,95	2,16 eV;	0,575 μm	0,6 μm;	17,42 W	0,119 MeV
27	0,86	0,317 μm;	0,363 V	4 s;	3 W	0,141 MeV
28	0,77	0,22 μm;	0,264 μm	$2,6 \cdot 10^{21}$;	$8 \cdot 10^{-7}$ N	0,161 MeV

№	22.1	22.2	22.3
1	0,529 Å	12,26 Å	6°43'
2	2,11 Å	1,226 Å	13°31'
3	4,76 Å	0,388 Å	20°32'
4	8,46 Å	0,12 Å	27°52'
5	$2,19 \cdot 10^6$ m/s	20 V	8°54'
6	$1,1 \cdot 10^6$ m/s	40,4 V	18°
7	$7,3 \cdot 10^5$ m/s	59,8 V	27°38'
8	$5,48 \cdot 10^5$ m/s	80 V	38°13'
9	$1,5 \cdot 10^{-16}$ s	Elektron	7°01'
10	$1,2 \cdot 10^{-15}$ s	Proton	40°19'
11	$4,1 \cdot 10^{-15}$ s	Proton	21°47'
12	$9,7 \cdot 10^{-15}$ s	Proton	29°40'
13	13,6 eV	0,045 Å	5°22'
14	3,4 eV	0,032 Å	10°47'
15	1,5 eV	0,0143 Å	16°18'
16	0,85 eV	0,01 Å	21°58'
17	-13,6 eV	45 V	7°56'
18	-3,4 eV	150 V	16°
19	-1,5 eV	600 V	24°26'
20	-0,85 eV	1500 V	33°29'
21	$4,15 \cdot 10^{16}$ rad/s	Proton	4°14'
22	$5,2 \cdot 10^{15}$ rad/s	Elektron	8°29'
23	$1,53 \cdot 10^{15}$ rad/s	Elektron	12°46'
24	$6,48 \cdot 10^{14}$ rad/s	Proton	17°09'
25	13,6 V	0,0572 Å	9°23'
26	3,4 V	0,0405 Å	19°01'
27	1,5 V	0,033 Å	29°16'
28	0,85 V	0,0286 Å	40°41'

№	22.4*			
1	10^{-4} Å;	2,07 eV;	$3,3 \cdot 10^{-8}$ eV;	3 m
2	10^{-3} Å;	2,07 eV;	$3,3 \cdot 10^{-7}$ eV;	0,3 m
3	$5,4 \cdot 10^{-5}$ Å;	2,755 eV;	$3,3 \cdot 10^{-8}$ eV;	3 m
4	$5,4 \cdot 10^{-4}$ Å;	2,755 eV;	$3,3 \cdot 10^{-7}$ eV;	0,3 m
5	13 774 Å;	$1,5 \cdot 10^{-3}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-9}$ s;	1 m
6	13 774 Å;	$1,5 \cdot 10^{-2}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-10}$ s;	0,1 m
7	10 331 Å;	$8,6 \cdot 10^{-4}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-9}$ s;	1 m
8	10 331 Å;	$8,6 \cdot 10^{-3}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-10}$ s;	0,1 m
9	$8 \cdot 10^{-12}$ s;	2,254 eV;	$4,1 \cdot 10^{-5}$ eV;	2,4 mm
10	$8 \cdot 10^{-11}$ s;	2,254 eV;	$4,1 \cdot 10^{-6}$ eV;	2,4 cm
11	$1,3 \cdot 10^{-11}$ s;	1,771 eV;	$2,5 \cdot 10^{-5}$ eV;	3,9 mm
12	$1,3 \cdot 10^{-10}$ s;	1,771 eV;	$2,5 \cdot 10^{-6}$ eV;	3,9 cm
13	12397 Å;	1,22 Å;	$3,3 \cdot 10^{-12}$ s;	10^{-4} eV
14	12397 Å;	$1,22 \cdot 10^{-2}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-10}$ s;	10^{-6} eV
15	4132 Å;	0,136 Å;	$3,3 \cdot 10^{-12}$ s;	10^{-4} eV
16	4132 Å;	$1,36 \cdot 10^{-3}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-10}$ s;	10^{-6} eV
17	8265 Å;	$1,8 \cdot 10^{-4}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-8}$ eV;	3 m
18	8265 Å;	$1,8 \cdot 10^{-2}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-6}$ eV;	3 cm
19	4959 Å;	$6,5 \cdot 10^{-5}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-8}$ eV;	3 m
20	4959 Å;	$6,5 \cdot 10^{-3}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-6}$ eV;	3 cm
21	$5 \cdot 10^{-3}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-11}$ s;	4,96 eV;	1 cm
22	$5 \cdot 10^{-6}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-8}$ s;	4,96 eV;	10 m
23	$3,4 \cdot 10^{-2}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-11}$ s;	1,9 eV;	1 cm
24	$3,4 \cdot 10^{-5}$ Å;	$3,3 \cdot 10^{-8}$ s;	1,9 eV;	9,9 m
25	$2,24 \cdot 10^{-4}$ Å;	$6,7 \cdot 10^{-9}$ s;	1,65 eV;	$4,9 \cdot 10^{-8}$ eV
26	0,224 Å;	$6,7 \cdot 10^{-12}$ s;	1,65 eV;	$4,9 \cdot 10^{-5}$ eV
27	$6,4 \cdot 10^{-5}$ Å;	$6,6 \cdot 10^{-9}$ s;	3,1 eV;	$5 \cdot 10^{-8}$ eV
28	$6,4 \cdot 10^{-2}$ Å;	$6,6 \cdot 10^{-12}$ s;	3,1 eV;	$5 \cdot 10^{-5}$ eV

№	22.5	22.6	22.7	22.8	
1	$5,27 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$1,5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	20 eV	0,003	113 eV
2		$6,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	26 eV	0,01	188 eV
3		$4,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,6 Å	0,017	263 eV
4		$4 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,23	0,02	338 eV
5	$5,27 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$2,93 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	28 eV	0,01	0,03 eV
6	$10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$5,85 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	23 eV	0,02	$3 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$
7	$5,27 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$2,93 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	0,4 Å	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-10} \text{ eV}$
8	$10^{-31} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$5,85 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	0,19	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-14} \text{ eV}$
9	$2,6 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$8 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	19 eV	0,0177	1,13 eV
10		$1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	40 eV	0,009	$6,14 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
11		$2,4 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	1 Å	0,0036	$1,53 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
12		$3,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,07	0,02	$3 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
13	$5,27 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$4,9 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	25 eV	0,02	113 eV
14		$4,4 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	34 eV	10^{-4}	$1,13 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$
15		$4 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,5 Å	0,02	$1,13 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$
16		$3,7 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,1	10^{-4}	$1,13 \cdot 10^{-10} \text{ eV}$
17	$5,27 \cdot 10^{-29} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$3,94 \cdot 10^{-7} \text{ m}$	22 eV	0,004	0,0614 eV
18	$1,3 \cdot 10^{-29} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$9,85 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	30 eV	0,008	0,102 eV
19	$6,6 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$4,93 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	1,3 Å	0,012	0,143 eV
20	$4,4 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$3,28 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,077	0,016	0,184 eV
21	$2,1 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$8,55 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	29 eV	0,04	1,88 eV
22		$1,71 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	24 eV	0,059	10^{-3} eV
23		$2,57 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	1,2 Å	0,078	$2,55 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
24		$3,42 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	0,025	0,097	$5,1 \cdot 10^{-4} \text{ eV}$
25	$2,6 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$2,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	36 eV	0,093	$1,53 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$
26	$1,3 \cdot 10^{-30} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$1,25 \cdot 10^{-8} \text{ m}$	23 eV	0,15	$2,56 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$
27	$8,8 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$8,35 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	0,8 Å	0,166	$3,58 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$
28	$6,6 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$	$6,26 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	0,04	0,169	$4,6 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$

№	22.9		22.10	
1	$-1,31 \cdot 10^{-23}$ J/T	-10,2 eV	1215,5 Å	(0,091–0,1215) μm spektrning ultrabinasha sohasi
2	$-9,41 \cdot 10^{-24}$ J/T	-0,66 eV	1025,5 Å	
3	$9,6 \cdot 10^{-24}$ J/T	2,8 eV	972 Å	
4	$1,31 \cdot 10^{-23}$ J/T	-1,9 eV	949,5 Å	
5	$3d \rightarrow 2p$	—	938 Å	(0,091–0,1215) μm spektrning ultrabinasha sohasi
6	$5s \rightarrow 2p$	—	930,5 Å	
7	$4d \rightarrow 2p$	—	926 Å	
8	$1s \rightarrow 2p$	—	923 Å	
9	$4p$	$-1,31 \cdot 10^{-23}$ J/T	6563 Å	(0,365–0,656) μm spektrning ko‘rinish sohasi
10	$2p$		4862 Å	
11	$3p$		4341 Å	
12	$5p$		4102 Å	
13	$4p$	$1,31 \cdot 10^{-23}$ J/T	3970 Å	(0,365–0,656) μm spektrning ko‘rinish sohasi
14	$4p$		3889 Å	
15	$2p$		3835 Å	
16	$3p$		3798 Å	
17	$1,31 \cdot 10^{-23}$ J/T	2,8 eV	18 752 Å	(0,82–1,875) μm spektrning infraqizil sohasi
18	$-9,6 \cdot 10^{-24}$ J/T	-2,5 eV	12 819 Å	
19	$-9,41 \cdot 10^{-24}$ J/T	-0,97 eV	10 939 Å	
20	$-1,31 \cdot 10^{-23}$ J/T	2,5 eV	10 050 Å	
21	$3d \rightarrow 6f$	—	40 514 Å	(1,46–4,05) μm spektrning infraqizil sohasi
22	$2p \rightarrow 4s$	—	26 253 Å	
23	$6h \rightarrow 5g$	—	21 657 Å	
24	$5g \rightarrow 4f$	—	19 447 Å	
25	$6p$	$-1,31 \cdot 10^{-23}$ J/T	74 583 Å	(2,28–7,46) μm spektrning infraqizil sohasi
26	$4p$		46 528 Å	
27	$3p$		37 398 Å	
28	$5p$		32 963 Å	

№	23.1	23.2		23.3	
1	$2,6 \cdot 10^{-4}$ J	$9,42 \cdot 10^{12}$ s ⁻¹ ;	72 K	11,65 eV;	$1,85 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
2	$7 \cdot 10^{-4}$ J	$4,7 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	360 K	3,15 eV	$9,6 \cdot 10^{-25}$ kg · m/s
3	$1,5 \cdot 10^{-3}$ J	$9,42 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	720 K	5,3 eV;	$1,25 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
4	$2,7 \cdot 10^{-3}$ J	$1,9 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	144 K	6 eV;	$1,3 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
5	0,054 J	$3,36 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	257 K	7 eV;	$1,43 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
6	0,235 J	$5,32 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	406 K	8,4 eV;	$1,56 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
7	0,634 J	$7,52 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	574 K	6,9 eV;	$1,42 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
8	1,336 J	$9,21 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	703 K	2 eV;	$7,64 \cdot 10^{-25}$ kg · m/s
9	$7,21 \cdot 10^{-4}$ J	$5,85 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	446,5 K	9,2 eV;	$1,64 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
10	10^{-3} J	$4,31 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	329 K	9,4 eV;	$1,66 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
11	$1,36 \cdot 10^{-3}$ J	$4,93 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	377 K	9,8 eV;	$1,69 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
12	$1,78 \cdot 10^{-3}$ J	$5,43 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	414,5 K	11,2 eV;	$1,8 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
13	$1,23 \cdot 10^{-2}$ J	$1,31 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	100 K	14,3 eV;	$2 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
14	$1,57 \cdot 10^{-2}$ J	$1,96 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	149 K	5,8 eV;	$1,3 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
15	$2,32 \cdot 10^{-2}$ J	$2,6 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	198 K	4,7 eV;	$1,2 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
16	$3,05 \cdot 10^{-2}$ J	$3,23 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ;	247 K	11,7 eV;	$1,85 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
17	$9,74 \cdot 10^{-3}$ J	$1,86 \cdot 10^{14}$ s ⁻¹ ; 1418,5 K		19,5 eV;	$2,4 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
18	$4,22 \cdot 10^{-2}$ J			7,6 eV;	$1,5 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
19	0,114 J			5,5 eV;	$1,3 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
20	0,24 J			8,5 eV;	$1,6 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
21	$1,18 \cdot 10^{-3}$ J	$2,72 \cdot 10^{13}$ s ⁻¹ ; 207,5 K		10 eV;	$1,7 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
22	$5,1 \cdot 10^{-3}$ J			9,96 eV;	$1,7 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
23	$1,38 \cdot 10^{-2}$ J			5,6 eV;	$1,3 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
24	$2,9 \cdot 10^{-2}$ J			11,7 eV;	$1,85 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
25	$6,67 \cdot 10^{-3}$ J	$9,94 \cdot 10^{12}$ s ⁻¹ ; 76 K		8,6 eV;	$1,6 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
26	$1,8 \cdot 10^{-2}$ J			5,5 eV;	$1,3 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s
27	$3,79 \cdot 10^{-2}$ J			1,5 eV;	$6,6 \cdot 10^{-25}$ kg · m/s
28	$6,89 \cdot 10^{-2}$ J			7 eV;	$1,4 \cdot 10^{-24}$ kg · m/s

№	23.4		23.5	
1	0,18%	6,44 eV	$3,125 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$2,6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
2	0,37%		$6,25 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$5,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
3	0,62%		$9,375 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$7,9 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
4	0,8%		$1,25 \cdot 10^7 \text{ A/m}^2$;	$1,05 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
5	0,23%	8,55 eV	$5,8 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$3,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
6	0,47%		$6,98 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$3,8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
7	0,78%		$8,14 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
8	1%		$9,3 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$5,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
9	0,11%	7,14 eV	$4,17 \cdot 10^3 \text{ A/m}^2$;	$3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
10	0,37%		$4,17 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$;	$3 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
11	0,48%		$4,17 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
12	0,63%		$4,17 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
13	0,15%	3,12 eV	$5,1 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$;	$1,3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
14	0,51%		$1,02 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
15	0,87%		$1,53 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$3,8 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
16	1,54%		$2,04 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$5,1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
17	0,13%	4 eV	$3,33 \cdot 10^3 \text{ A/m}^2$;	$5,7 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$
18	0,44%		$8,33 \cdot 10^3 \text{ A/m}^2$;	$1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
19	0,75%		$3,33 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$;	$5,7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
20	1,1%		$8,33 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$;	$1,4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
21	0,22%	10,57 eV	$7,14 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$2,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
22	0,72%		$1,43 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$5,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
23	1,22%		$2,14 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$8,6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
24	1,44%		$2,86 \cdot 10^6 \text{ A/m}^2$;	$1,1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
25	0,14%	0,09 eV	$9,39 \cdot 10^4 \text{ A/m}^2$;	$4,7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
26	0,47%		$1,88 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$9,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
27	0,94%		$2,82 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$1,4 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
28	1,7%		$3,76 \cdot 10^5 \text{ A/m}^2$;	$1,9 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$

№	23.6	23.7		
1	$\sigma_0 = 1,84 \cdot 10^7 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	$3,5 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,17	~ 70K
2		$32 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,135	
3		$168 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,11	
4		$607 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,09	
5	$\sigma_0 = 3,1 \cdot 10^6 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	$0,001 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,22	~ 55 K
6		$0,05 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,17	
7		$0,27 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,13	
8		$1,65 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,1	
9	$\sigma_0 = 6,1 \cdot 10^5 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	$680 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,23	~ 60 K
10		$1560 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,45	
11		$3290 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,64	
12		$5870 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,83	
13	$\sigma_0 = 3,83 \cdot 10^6 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	$3,7 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	12,86	~ 250 K
14		$1,9 \cdot 10^{-4} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	2,34	
15		$3,7 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,53	
16		$3,7 \cdot 10^{-2} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,29	
17	$\sigma_0 = 1,28 \cdot 10^6 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	$1210 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	17,2	~ 280K
18		$3270 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	44,4	
19		$6900 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	71,25	
20		$12320 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	94,7	
21	$\sigma_0 = 7,42 \cdot 10^5 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	$266 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,87	~ 380 K
22		$830 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,46	
23		$1935 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,29	
24		$3750 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,20	
25	$\sigma_0 = 1,145 \cdot 10^{11} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	$10^{-13} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	2,17	~ 930 K
26		$3 \cdot 10^{-10} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,59	
27		$10^{-7} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,36	
28		$10^{-5} \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$	1,25	

№	23.8		23.9	23.10
1	1,55 μm		5,32 eV	6,16 V
2	1,1 μm		8,87%	5,17 V
3	0,73 μm		4,25 eV	4,34 V
4	3,45 μm		15,13%	3,59 V
5	37,6 μm		3,3 eV	$6 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
6	31,8 μm		12,8%	$2 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
7	28,2 μm		4,31 eV	$1,5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
8	25,32 μm		52,9%	$7 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
9	27,57 μm		4,5 eV	$2,5 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$
10	21,76 μm		32,65%	$9 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
11	19,1 μm		3,64 eV	$1,5 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$
12	7,75 μm		47,14%	$8 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
13	0,795 μm		3,64 eV	3,9 V
14	3,026 μm		21,1%	4,5 V
15	0,868 μm		4,5 eV	5,1 V
16	3,446 μm		17,74%	5,63 V
17	0,049 eV;	mishyak	4,12 eV	$4 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
18	0,039 eV;	surma	4%	1028 m^{-3}
19	0,065 eV;	galliy	5,32 eV	$1,3 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
20	0,057 eV;	alumin	14,5%	$2,5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
21	130,6 μm		4,41 eV	$7,5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
22	129,2 μm		12,95%	$2 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$
23	103,4 μm		4,24 eV	$3 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
24	95,4 μm		58,6%	1029 m^{-3}
25	124,1 μm		4,31 eV	7,61 V
26	124,1 μm		30,24%	6,03 V
27	112,8 μm		4,41 eV	4,71 V
28	112,8 μm		75,4%	3,52 V

№	24.1			
1	Uglerod	$6\text{S}12;$	$2,36 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	7,680 MeV
2	Oltingugurt	$16\text{S}36;$	$3,28 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,606 MeV
3	Argon	$18\text{Ar}^{36};$	$3,41 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,554 MeV
4	Neon	$10\text{Ne}^{20};$	$2,8 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,032 MeV
5	Kremniy	$14\text{Si}^{28};$	$3,13 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,481 MeV
6	Argon	$18\text{Ar}^{40};$	$3,41 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,624 MeV
7	Azot	$7\text{N}15;$	$2,49 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	7,730 MeV
8	Kaliy	$19\text{K}40;$	$3,47 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,569 MeV
9	Kalsiy	$20\text{Ca}^{40};$	$3,53 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,551 MeV
10	Uglerod	$6\text{S}13;$	$2,36 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	7,47 MeV
11	Neon	$10\text{Ne}^{21};$	$2,8 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,005 MeV
12	Argon	$18\text{Ar}^{38};$	$3,41 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,646 MeV
13	Kalsiy	$20\text{Ca}^{43};$	$3,53 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,63 MeV
14	Kremniy	$14\text{Si}^{29};$	$3,13 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,48 MeV
15	Кислород	$8\text{O}17;$	$2,6 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	7,783 MeV
16	Kremniy	$14\text{Si}^{30};$	$3,13 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,55 MeV
17	Kalsiy	$20\text{Ca}^{46};$	$3,53 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,696 MeV
18	Azot	$7\text{N}14;$	$2,49 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	7,433 MeV
19	Titan	$22\text{Ti}46$	$3,64 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,688 MeV
20	Neon	$10\text{Ne}^{22};$	$2,8 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,109 MeV
21	Vanadiy	$23\text{V}50;$	$3,7 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,725 MeV
22	Xrom	$24\text{Sr}^{50};$	$3,75 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,731 MeV
23	Titan	$22\text{Ti}^{50};$	$3,64 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,784 MeV
24	Kislород	$8\text{O}16;$	$2,6 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	7,976 MeV
25	Titan	$22\text{Ti}^{48};$	$3,64 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,753 MeV
26	Kislород	$8\text{O}18;$	$2,6 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	7,794 MeV
27	Kalsiy	$20\text{Ca}^{48};$	$3,53 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,694 MeV
28	Xrom	$24\text{Sr}^{52};$	$3,75 \cdot 10^{-5} \text{ \AA};$	8,806 MeV

№	24.2		24.3	
	Proyonlar soni	Neytronlar soni		
1	1	0 и 1	14,0067 a.m.b.;	99,635%
2	2	1 и 2	49,9471 a.m.b.;	99,76%
3	3	3 и 4	40,0613 a.m.b.;	1,3%
4	5	5 и 6	63,546 a.m.b.;	30,9%
5	6	6 и 7	68,9256 a.m.b.;	60,2%
6	7	7 и 8	36,9659 a.m.b.;	24,23%
7	8	8, 9 и 10	79,904 a.m.b.;	50,54%
8	10	10, 11 и 12	1,008 a.m.b.;	0,015%
9	12	12, 13 и 14	86,9092 a.m.b.;	72,15%
10	14	14, 15 и 16	6,941 a.m.b.;	92,5%
11	16	16, 17, 18 и 20	106,9051 a.m.b.;	51,3%
12	17	18 и 20	50,9439 a.m.b.;	99,76%
13	18	18, 20 и 22	10,81 a.m.b.;	19,9%
14	19	20, 21 и 22	41,5 a.m.b.;	98,7%
15	20	20, 22, 23, 24, 26, 28	13,0033 a.m.b.;	98,89%
16	22	24, 25, 26, 27 и 28	114,82 a.m.b.;	95,72%
17	23	27 и 28	34,9688 a.m.b.;	75,77%
18	24	26, 28, 29 и 30	11,0093 a.m.b.;	80,1%
19	26	28, 30, 31 и 32	121,7 a.m.b.;	57,2%
20	28	30, 32, 33, 34 и 36	62,9296 a.m.b.;	30,9%
21	29	34 и 36	2,0141 a.m.b.;	99,985%
22	30	34, 36, 37, 38, 40	69,72 a.m.b.;	39,8%
23	31	38 и 40	6,0151 a.m.b.;	7,5%
24	32	38, 40, 41, 42 и 44	15,0001 a.m.b.;	0,365%
25	34	40, 42, 43, 44, 46, 48	138,905 a.m.b.;	0,089%
26	35	44 и 46	12,0000 a.m.b.;	1,11%
27	42	50, 52, 53, 54, 55, 56	80,9185 a.m.b.;	50,54%
28	50	62, 64, 66, 69, 72, 74	85,468 a.m.b.;	27,85%

№	24.4		24.5			24.6
1	π^+ ;	ρ	12,7yil;	42,1%;	18,3yil	$5,81 \cdot 10^{11}$ Bk
2	γ ;	ρ	$5,545yil^{-1}$;	45,6 sutka;	20 sutka	$4 \cdot 10^{11}$ Bk
3	e^+ ;	π^0	$12,26yil^{-1}$;	8 yil	17,7yil	$2,8 \cdot 10^{11}$ Bk
4	π^0 ;	ρ	$0,132yil^{-1}$;	40,97%;	7,6yil	$1,95 \cdot 10^{11}$ Bk
5	e^- ;	ρ	$8 \cdot 10^{-3} yil^{-1}$;	70 yil	124,1yil	$6,9 \cdot 10^8$ Bk
6	μ^- ;	ρ	$0,04yil^{-1}$;	17,6yil;	46,76%	$1,4 \cdot 10^9$ Bk
7	γ ;	n	$1,035yil^{-1}$;	245 sutka;	353,5 sutka	$2,1 \cdot 10^9$ Bk
8	e^- ;	n	2yil;	57,96%;	2,88yil	$2,8 \cdot 10^9$ Bk
9	μ^+ ;	n	$0,023yil^{-1}$;	30 yil	25 yil	0
10	μ^+ ;	π^0	16 yil	15 yil	23,1yil	$7,16 \cdot 10^8$ Bk
11	e^- ;	n	$1,2 \cdot 10^{-4}yil^{-1}$;	30,44%;	8266,6yil	10^{12} Bk
12	ν ;	n	$0,04yil^{-1}$;	15 yil	25,4yil	$4,13 \cdot 10^{10}$ Bk
13	π^0 ;	n	$2,9 \cdot 10^{-5}yil^{-1}$;	$2,4 \cdot 10^{-4}yil$;	32,23%	$1,43 \cdot 10^{13}$ Bk
14	ν ;	n	$2,1yil^{-1}$;	120 sutka;	173,12 sutka	$4,06 \cdot 10^{12}$ Bk
15	ν ;	π^0	5,26yil;	48,26%;	7,6yil	$1,15 \cdot 10^{12}$ Bk
16	π^0 ;	ρ	$0,182yil^{-1}$;	3,81yil;	4yil	$3,26 \cdot 10^{11}$ Bk
17	e^- ;	π^0	86 yil	95 yil	124,1yil	$5,44 \cdot 10^{14}$ Bk
18	π^- ;	ρ	$0,023yil^{-1}$;	43,73%;	43,3yil	$5,1 \cdot 10^{14}$ Bk
19	ν ;	π^+	$0,0546yil^{-1}$;	16 yil	18,3yil	$2,09 \cdot 10^8$ Bk
20	γ ;	n	$3,47yil^{-1}$;	73 sutka.;	61,3%	$1,93 \cdot 10^8$ Bk
21	π^0 ;	n	$0,89yil^{-1}$;	284 sutka;	409,7 sutka	$1,34 \cdot 10^{10}$ Bk
22	e^- ;	π^+	2,6yil;	55,06%;	3,75yil	$2,7 \cdot 10^{10}$ Bk
23	μ^- ;	ρ	$1,2 \cdot 10^{-4}yil^{-1}$;	5730 yil	6000 yil	$4 \cdot 10^{10}$ Bk
24	ν ;	n	27,7yil;	30 yil	40 yil	$5,4 \cdot 10^{10}$ Bk
25	ν ;	π^-	$0,043yil^{-1}$;	57,94%;	23,1yil	$7,2 \cdot 10^{13}$ Bk
26	γ ;	ρ	$0,267yil^{-1}$;	3,5yil;	3,75yil	$3 \cdot 10^{13}$ Bk
27	γ ;	ρ	$1,54yil^{-1}$;	165 sutka;	57%	$1,2 \cdot 10^{13}$ Bk
28	γ ;	ρ	$0,835yil^{-1}$;	303 sutka;	437 sutka	$5 \cdot 10^{12}$ Bk

№	24.7	24.8	24.9		24.10
1	${}_{92}\text{U}^{234}$	0,23 barn	α ;	-0,69 MeV	1845 yil
2	${}_{88}\text{Ra}^{226}$	0,01 barn	2Ne^3 ;	3,25 MeV	4223yil
3	${}_{84}\text{Po}^{218}$	766 barn	1H^3 ;	4,7 MeV	7575 yil
4	${}_{83}\text{Bi}^{214}$	5,1 barn	d ;	5,5 MeV	13 300 yil
5	${}_{88}\text{Ra}^{226}$	5,7 mm	n ;	5,7 MeV	19 000 yil
6	${}_{82}\text{Pb}^{214}$	3,2 cm	p ;	4,55 MeV	24 800 yil
7	${}_{83}\text{Bi}^{214}$	0,95 mm	p ;	1,13 MeV	32 300 yil
8	${}_{82}\text{Pb}^{210}$	0,23 mm	3Li^7 ;	16,8 MeV	38 100 yil
9	${}_{90}\text{Th}^{228}$	1,0275	13Al^{27} ;	-2,64 MeV	39 900 yil
10	${}_{86}\text{Rn}^{220}$	22,9	2Ne^4 ;	17,6 MeV	42 300 yil
11	${}_{82}\text{Pb}^{212}$	4,65	α ;	5,7 MeV	45 650 yil
12	${}_{83}\text{Bi}^{212}$	66,6	d ;	15,1 MeV	51 400 yil
13	${}_{92}\text{U}^{233}$	1,2 barn	7N^{13} ;	1,4 MeV	63 000 yil
14	${}_{88}\text{Ra}^{225}$	0,6 barn	2Ne^4 ;	11,3 MeV	76 000 yil
15	${}_{87}\text{Fr}^{221}$	14,6 barn	d ;	3,2 MeV	167 yil
16	${}_{83}\text{Bi}^{213}$	8,1 barn	3Li^6 ;	22,4 MeV	340 yil
17	${}_{90}\text{Th}^{227}$	0,78 mm	11Na^{22} ;	1,97 MeV	510 yil
18	${}_{84}\text{Po}^{215}$	2,53 cm	d ;	18,9 MeV	690 yil
19	${}_{83}\text{Bi}^{211}$	1,08 cm	49In^{113} ;	-2,3 MeV	870 yil
20	${}_{82}\text{Pb}^{207}$	3,32 cm	30Zn^{65} ;	-4,35 MeV	1060 yil
21	${}_{89}\text{As}^{228}$	7,16	α ;	16,8 MeV	1250 yil
22	${}_{88}\text{Ra}^{224}$	2,84	2Ne^3 ;	13,9 MeV	1440 yil
23	${}_{86}\text{Rn}^{220}$	1,53	25Mn^{54} ;	0,6 MeV	1640 yil
24	${}_{82}\text{Pb}^{212}$	1,05	n ;	-0,4 MeV	1845 yil
25	${}_{88}\text{Ra}^{225}$	7,69 barn	α ;	3,5 MeV	2050 yil
26	${}_{89}\text{As}^{225}$	0,0045 barn	1H^3 ;	4,8 MeV	2270 yil
27	${}_{83}\text{Bi}^{213}$	0,49 barn	12Mg^{25} ;	-3,65 MeV	2490 yil
28	${}_{82}\text{Pb}^{209}$	1,97 barn	6S^{14} ;	1,14 MeV	2716 yil

Ilovalarotin alifbosi

2.Grek alifbosi

Harfning yozilishi	Harfning o`qilishi
A a	A
B b	Be
C c	Se
D d	De
E e	E
F f	Ef
G g	Ge
H h	Ash
I i	I
J j	Yo`t
K k	Ka
L l	El
M m	Em
N n	En
O o	O
P p	Pe
Q q	Qu
R r	Er
S s	Es
T t	Te
U u	U
V v	Ve
W w	Dabl ve
X x	Iks
Y y	Igrik
Z z	Zet
Harning yozilishi	Harfning o`qilishi
A α	Alfa
B β	Betta
Γ γ	Gamma
Δ δ	Delta
E ε	Epsilon
Z ζ	Dzeta
H η	Eta
Θ θ	Teta
I ι	Yo`ta
K κ	Kanna
Λ λ	Lyambda

Μ υ	Mυu
Ν ν	Nυu
Ξ ξ	Ksi
Ο ο	Omicron
Π π	Pi
Ρ ρ	Ro
Σ σ	Sigma
Τ τ	Tau
Υ υ	Ipsilon
Φ φ	Fi
Χ γ	Xi
Ψ ψ	Psi
Ω ω	Omega

3. Karrali va ulushli o'nlik birliklarni hosil qilish uchun qo'shimchalar va ularning nomlari

Qo'shimcha		Ko'paytuvchi	Qo'shimcha		Ko'paytuvchi
Nomi	Belgilanishi		Nomi	belgilanishi	
Terra	T	10^{12}	piko	p	10^{-12}
Giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
Mega	M	10^6	mikro	μ	10^{-6}
Kilo	k	10^3	milli	m	10^{-3}
Gekto	G	10^2	santi	s	10^{-2}
deka	da	10^1	desi	d	10^{-1}

4. Gaz molekularining effektiv diametri d

Gaz	d, m	Gaz	d, m
Azot	$3,1 \cdot 10^{-10}$	Havo	$3 \cdot 10^{-10}$
Ammiak	$3 \cdot 10^{-10}$	Geliy	$1 \cdot 10^{-10}$
Argon	$3 \cdot 10^{-10}$	Kislorod	$1 \cdot 10^{-10}$
Vodorod	$2,3 \cdot 10^{-10}$	Neon	$2,6 \cdot 10^{-10}$
Suv bugi	$1 \cdot 10^{-10}$	Uglerod oksidi (IV)	$3,4 \cdot 10^{-10}$

5. Ba'zi gazlar uchun Van-der-Vaals doimiylari

Modda	a, $N \cdot m^4/mol^2$	b, m^3/mol
Azot	0.136	$3.85 \cdot 10^{-5}$
Argon	0.136	$3.23 \cdot 10^{-5}$
Vodorod	$2.44 \cdot 10^{-2}$	$2.63 \cdot 10^{-5}$
Suv bug'lari	0.556	$3.06 \cdot 10^{-5}$
Geliy	$3.43 \cdot 10^{-3}$	$2.34 \cdot 10^{-5}$
Kislorod	0.136	$3.16 \cdot 10^{-5}$
Is gazi	0,364	$4,26 \cdot 10^{-5}$

6. Suyuqliklarning ba'zi xossalari

Suyuqlik	Solishtirma issiqlik sig'imi, J/(kg · K)	Solishtirma bug'lanish issiqligi, J/kg	Qaynash temperatu- -rasi, °C
Suv	4200	$2,3 \cdot 10^6$	100
Etil spiriti	2500	$9 \cdot 10^5$	78
Simob	138	$3 \cdot 10^5$	357

7. Ba'zi moddalar zichliklari ρ

Modda	ρ , kg/m ³	Modda	ρ , kg/m ³
Alyuminiy	2699	Natriy	968,4
Berilliy	1848	Nikel	8900
Bor	2340	Oalay	7298
Volfram	19 300	Platina	21 450
Germaniy	5323	Cimob	13 546
Temir	7874	Oo'rg'oshin	11 350
Oltin	19 320	Kumush	10 500
Kaliy	862	Tantal	16 600
Litiy	534	Uran	18 950
Mis	8960	Xrom	7190
Molibden	10 200	Rux	7140

8. Qattiq moddalarning ba'zi xossalari

Modda	Solishtirma erish issiqligi,	Erish temperatura si, °C	Solishtirma issiqlik sig'imi,
Alvuminiv	393	660.4	896
Muz	335	0	2100
Temir	270	1535	500
Mis	213	1084.5	395
Oalay	58.6	232	230
Platina	113	1770	117
Kumush	87.3	962	234
Oo'rg'oshin	22.6	327	126
Po'lat	-	1300	460
Rux	117	420	391

9. Ayrim dielektriklarning solishtirma dielektrik singdiruvchanligi ϵ

Suyuq	ϵ	Qattiq	ϵ
Benzin	2	Mum	7,8
Suv	81	Viniplast	3,5
Glisirin	43	Getinaks	8
Ebonit	2,6	Getinaks	8
Kerosin	2	Parafin	2
Kastor yog`i	4,5	Slyuda	6
Yog`	5	Shisha	6
Skipidar	2,3	Chinni	6

10. Metallarning solishtirma elektr qarshiligi

Metal	ρ , $\mu\text{Om} \cdot \text{m}$	Metal	ρ , $\mu\text{Om} \cdot \text{m}$
Alyuminiy	0,028	Neobiy	0,18
Vicmut	1,065	Qalay	0,12
Volfram	0,055	Platina	0,105
Temir	0,098	Simob	0,958
Oltin	0,024	Qo`rg`oshin	0,205
Indiy	0,09	Kumush	0,016
Kadmiy	0,076	Tantal	0,135
Kobalt	0,062	Titan	0,42
Mis	0,0172	Xrom	0,14
Molibden	0,057	Rux	0,059
Nikel	0,973	Sirkoniy	0,41

11. Ayrim magnetiklarning nisbiy magnit singdiruvchanliklari μ

Paramagnetic	μ	diamagnetik	μ
Alyuminiy	1,000023	Vicmut	0,999824
Vannadiy	1,000343	Suv	0,999991
Volfram	1,000176	Vodorod	0,999999
Kislород	1,000001	Oltin	0,999961
Magniy	1,000017	Mis	0,999989
Marganes	1,001	Qo`rg`oshin	0,999984
Qalay	1,000002	Kumush	0,999981
Platina	1,00025	Rux	0,999988

12. Optic diapazondagi nurlanish*

Nurlanish turi	To'liq uzunligi diapazoni, m	Chastota diapazoni, Hz
Infraqizil to'liqlari	$10^{-3}—7,6 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{11}—4 \cdot 10^{14}$
Ko'zga ko'rinuvchi nur	$7,6 \cdot 10^{-7}—3,8 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{14}—8 \cdot 10^{14}$
Oqizil nur to'liqlari	$7,6 \cdot 10^{-7}—6,2 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{14}—4,8 \cdot 10^{14}$
Zarg'aldoq nur to'liqlari	$6,2 \cdot 10^{-7}—5,9 \cdot 10^{-7}$	$4,8 \cdot 10^{14}—5,1 \cdot 10^{14}$
Sariq nur to'liqlari	$5,9 \cdot 10^{-7}—5,6 \cdot 10^{-7}$	$5,1 \cdot 10^{14}—5,4 \cdot 10^{14}$
Yashil nur to'liqlari	$5,6 \cdot 10^{-7}—5 \cdot 10^{-7}$	$5,4 \cdot 10^{14}—6 \cdot 10^{14}$
Havo rang nur to'liqlari	$5 \cdot 10^{-7}—4,8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{14}—6,2 \cdot 10^{14}$
Ko'k nur to'liqlari	$4,8 \cdot 10^{-7}—4,5 \cdot 10^{-7}$	$6,2 \cdot 10^{14}—6,7 \cdot 10^{14}$
Binafsha nur to'liqlari	$4,5 \cdot 10^{-7}—3,8 \cdot 10^{-7}$	$6,7 \cdot 10^{14}—8 \cdot 10^{14}$
Ultrabinafsha nurlanish	$3,8 \cdot 10^{-7}—8 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{14}—3,7 \cdot 10^{15}$
Rentgen nurlanishi	$8 \cdot 10^{-8}—10^{-11}$	$3,7 \cdot 10^{15}—3 \cdot 10^{19}$
Gamma-nurlanish	10^{-11} va kamroq	$3 \cdot 10^{19}$ va kattalari

* alohida olingan elektromagnit to'liqlar orasida aniq chegara yo'q, qo'shi diapazonlar qicman bir-birini "qoplashadi."

13. Ayrim suyuqlik va qattiq jismlarning natriyning sariq chizigi ($\lambda = 5893\text{nm}$) uchun 20°C temperaturadagi sindirish ko'rsatkichi n

Suyuqlik	n	Qattiq jism	n
Benzol	1,5	Olmos	2,42
Suv	1,33	Kvars	1,54
Glisirin	1,47	Korund	1,77
Zig'ir moyi	1,47	Muz	1,31
Skipidar	1,46	Sluda	1,6
Toluol	1,49	Shisha	1,5-1,9

14. Izotoplar jadvali

Elementnin α atom	Kimyoviy element	Izotop simvoli	Izotop massasi, a.m.b.
		1H	1,007825
1	Vodorod	2H	2,014102
		3H	3,016040
2	Geliy	3He	3,016049
		4He	4,002603
3	Litiy	6Li	6,015125
4	Berilliy	9Be	9,012186
5	Bor	10B	10,012939
6	Uglerod	12C	12,000000
		13C	13,003354
		14C	14,003240
7	Azot	13N	13,005370
		14n	14,003074
		15n	15,000107
8	Kislorod	16O	15,994915
11	Natriy	22Na	21,994430
12	Magniy	24Mg	23,985042
		25Mg	24,985839
		26Mg	25,982530
13	Alyuminiy	24Al	23,999940
15	Fosfor	30p	29,978310
		31P	30,973765
		32p	31,973900
16	Oltingugurt	32S	31,972074
		34S	33,967864
		35S	34,969030
		36S	35,967090
17	Xlor	35Cl	34,968851
25	Marganes	54Mn	53,940350
26	Temir	54Fe	53,939617
29	Mis	63Cu	62,929592

30	Rux	65Zn	64,929230
42	Molibden	95Mo	94,905854
43	Texnisiy	96Tc	95,907830
49	Indiy	113In	112,904089
50	Qalay	112Sn	111,904835
		113Sn	112,905180
		114Sn	113,902773

15. Elektronning metaldan chiqish ishi

Metall	A, eV	Metal	A, eV
Aluminiy	3,74	Nikel	4,84
Volfram	4,5	Platina	5,3
Litiy	2,4	Kumush	4,74
Kaliy	2	Seziy	1,9
Natriy	2,27	Rux	3,74

16. Sinuslar jadvali*

	0°	2°	4°	6°	8°
0°	0,0000	0,0349	0,0698	0,1045	0,1392
10°	0,1736	0,2079	0,2419	0,2756	0,3090
20°	0,3420	0,3746	0,4067	0,4384	0,4695
30°	0,5000	0,5299	0,5592	0,5878	0,6157
40°	0,6428	0,6691	0,6947	0,7193	0,7431
50°	0,7660	0,7880	0,8090	0,8290	0,8480
60°	0,8660	0,8829	0,8988	0,9135	0,9272
70°	0,9397	0,9511	0,9613	0,9703	0,9781
80°	0,9848	0,9903	0,9945	0,9976	0,9994

* oraliq burchaklar sinuslari qiymati, interpolyasiya yo`li bilan, o`nli xonalardagi to`rtinchi xonada ko`pi bilan ikki qiymatga xatolik bilan olinishi mumkin.

17. Tangens qiymatlari jadvali

	0°	2°	4°	6°	8°
0°	0,0000	0,0349	0,0699	0,1051	0,1405
10°	0,1763	0,2126	0,2493	0,2867	0,3249
20°	0,3640	0,4040	0,4452	0,4877	0,5317
30°	0,5774	0,6249	0,6745	0,7265	0,7813
40°	0,8391	0,9004	0,9657	1,0355	1,1106
50°	1,1918	1,2799	1,3764	1,4826	1,6003
60°	1,7321	1,8807	2,0503	2,2460	2,4751
70°	2,7475	3,0777	3,4874	4,0108	4,7046
80°	5,6713	7,1154	9,5144	14,3007	28,6363

18. Asosiy matematik konstantalar va ular bilan bog'liq o'zgarishlar

$$\begin{aligned} \pi &= 3,1415926 & e &= 2,718281 & \lg x &= 0,4343 \ln x \\ \pi^2 &= 9,869624 & \lg e &= 0,434294 & \ln x &= 2,3026 \lg x \\ \sqrt{\pi} &= 1,7724538 & \ln 10 &= 2,302585 \end{aligned}$$

19. Fizik kattaliklarning belgilari va birliklari

Fizik kattalik	Shartli belgisi	Birligi
<i>Mexanika</i>		
Masofa	s, l	m
Uzunlik	L	m
Balandlik	h, H	M
Yuza	S	m^2
Radius-vektor	r	m
Egrilik radiusi	R	m
Vaqt	t	s
Tezlik	V, ϑ	m/s
Tezlanish	a	m/s^2
Tangensial tezlanish	a_t	m/s^2
Normal tezlanish	a_n	m/s^2
Siljish burchagi	φ	rad
Burchak tezlik	ω	rad/s
Burchak tezlanish	β	rad/s^2
Aylanish chastotasi	ν	s^{-1}
Massa	m	kg
Kuch	f, F	N
Ishqalanish koefitsienti	k, μ	-
Ish	A	J
Energiya	W	J
Quvvat	P	W
Jism impulsu	p	$kg \cdot m/s$
Inersiya momenti	J	$kg \cdot m^2$
Kuch momenti	M	$N \cdot m$
Impuls momenti	L	$kg \cdot m^2/c$

<i>Molekulyar fizika va termodinamika</i>		
Hajm	V	m^3
Bosim	P	Pa
Absolyut temperatura	T	K
Mol massa	M	kg/mol
Zichlik	ρ	kg/m ³
Molekular konsentrasiyasi	n	m ⁻³
Ichki energiya	U	J
Issiqlik miqdori	Q	J
Erkinlik darajasi soni	i	-
Solishtirma issiqlik sig'imi	c	J/(kg · K)
Molyar issiqlik sig'imi	C_μ	J/(mol · K)
Adiabata ko'rsatkichi	γ	-
Erkin yugurish yo'li	x	m
Urinishlar soni	Z	s ⁻¹
Foydali ish koeffisienti	η	-
Entropiyaning o'zgarishi	ΔS	J/K
Holatning termodinamik ehtimolligi	Q	-
<i>Elektr va magnetizm</i>		
Zaryad	q	C
Potensial	φ	V
Elektr maydoni kuchlanganligi	E	V/m
Zaryadning chiziqli zichligi	τ	C/m
Zaryadning sirtiy zichligi	σ	C/m ²
Dipol elektr momenti	p	C · m
Molekulaning qutblanganligi	α	C · m ² /V
Moddaning qutblanganligi	P	C/m ²
Elektr siljish	D	C/m ²
Dielektrik sezuvchanlik	χ	-
Dielektrik singdiruvchanlik	ε	-
Kuchlanish	U	V
Doimiy tok kuchi	I	A
O'zgaruvchan tok kuchi	$i(t)$	A
Tok zichligi	j	A/m ²
O'tkazgich qarshiligi	R	Ω

Ichki qarshilik	r	Ω
Solishtirma qarshilik	ρ	$\Omega \cdot m$
Solishtirma o'tkazuvchanlik	σ	$(\Omega \cdot m)^{-1}$
Zaryad tashuvchilarning harakatchanligi	μ	$m^2/(V \cdot s)$
Magnit induksiyasi	B	T
Magnit oqimi	Φ	Vb
Magnit maydoni	H	A/m
Magnit momenti	P_m	$A \cdot m^2$
Magnit qabulqiluvchanlik	χ	-
Nisbiy magnit	χ	-
Magnitlanganlik	M	A/m
Induktivlik	L	Gn
Energiyaning hajmiy zichligi	w	J/m^3
<i>Tebranish va to'lqinlar</i>		
Muvozanat holatidan siljish	x, l	m
TsiCik chastota	ω	rad/s
Boshlang'ich faza	φ_c	rad
Davr	T	s
To'lqin soni	k	rad/m
Gurux tezligi	u	m/s
So'nish koeffisienti	β	s^{-1}
So'nishning logarifmik	λ	-
Relaksasiya vaqti	τ	s
Tebranish tizimining aslligi	Q	-
Umov-Poyting vektori	s	W/m^2
<i>To'lqin optikasi</i>		
Dispersiya	D	m^{-1}
Yorug'lik intensivligi	I	W/m^2
Yorug'lik oqimi	Φ	Lm
Optik yo'llar farqi	A	m
Optic fazalar farqi	$\Delta\varphi$	rad
Sindirish ko'rsatkichi	N	-
Qaytaruvchanlik qobiliyati	P	-
Tizimning aniqlash qobiliyati	R	-

<i>Nurlanishning kvant tabiati. Kvant mexanikasi va qattiq jism fizikasining elementlari</i>		
Energetik yortish qobiliyati	R_3	W/m^2
Nurlanish qobiliyati	r, T	$W/m^3 (J/$
Yutish qobiliyati	$\alpha (V, T)$	-
Foton energiyasi (zarracha)	E	J
Elektronning orbital magnit	ρ_m	$A \cdot m^2$
Elektronning spin magnit		$A \cdot m^2$
Debay xarakterli temperaturasi	Q_D	K
<i>Atom yadrosi fizikasi asoslari</i>		
Massa soni	A	-
Zaryad soni	Z	-
Radioaktiv parchalanish	λ	s^{-1}
Yarim emirilish davri	$T_{1/2}$	s
Yadroning o'rtacha yashash	m	s
Radioaktiv manba faoligi	a	Bk
Yadro reaksiyasining effektiv yuza kesimi	S	m^2

20. Asosiy fizikaviy doimiylar

Nomi	Belgisi	Son qiymati (to'rtinchi muhim raqamgacha)
Yorug'lik tezligi	c	$2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
Tovush tezligi (Normal sharoitda)	ϑ	331,4 m/s
Erkin tushish tezlanishi	g	$9,807 \text{ m/s}^2$
Gravitasiya doimiysi	G	$6,672 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Elektron zaryadi	e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Atom massa birligi	$a.m.b.$	$1,661 \cdot 10^{-27} \text{ kg};$ 931,5 MeV

Elektronning tinchlikdagi massasi	m_e	$9,110 \cdot 10^{-31}$ kg
Protonning tinchlikdagi massasi	m_p	$1,672 \cdot 10^{-27}$ kg
Neytronning tinchlikdagi massasi	m_n	$1,675 \cdot 10^{-27}$ kg
Universal gaz doimiysi	R	8,314 J/(mol · K)
Bolcman doimiysi	k	$1,381 \cdot 10^{-23}$ J/K
Avagadro soni	N_a	$6,022 \cdot 10^{23}$ mol ⁻¹
Loshmidt soni	N_l	$2,687 \cdot 10^{25}$ m ⁻³
Normal sharoitdagi ideal gaz hajmi	V_n	$22,41 \cdot 10^{-3}$ m ³ /mol
Normal atmosfera bosimi	P_{atm}	101 325 Pa
Plank doimiysi	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s
	$\hbar = h / (2\pi)$	$1,0546 \cdot 10^{-34}$ J·s
Постоянная Ридберга	R_λ	$1,097 \cdot 10^7$ m ⁻¹
	R_m	$2,067 \cdot 10^{16}$ s ⁻¹
Stefan – Bolsman doimiysi	σ	$5,670 \cdot 10^{-8}$ W/(m ² · K ⁴)
Vinning siljish qonunu doimiysi	b	$2,898 \cdot 10^{-3}$ m · K
Faraday doimiysi (soni)	F	$9,648 \cdot 10^4$ C/mol
Bor radiusi	r_b	$5,292 \cdot 10^{-11}$ m
Bor magnetroni	μ_B	$9,274 \cdot 10^{-24}$ J/T
Elektronning magnit momenti	P_e	$9,285 \cdot 10^{-24}$ J/T
	P_0	$12,57 \cdot 10^{-7}$ Gn/m
Magnit doimiysi	$\mu_0 / (4\pi)$	10^{-7} Gn/m
		$8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m
Elektr doimiysi	$\epsilon_0 / (4\pi)$	$8,9875 \cdot 10^9$ m/F

22 – Ilova. O'lchash birliklari va xalqaro birliklar tizimi (XBT)

Fan va texnikaning rivojlanishida, yangi texnologiyalarni yaratishda, mamlakatning mudofaa qudratini yuksaltirishda, sanoat va qishloq xo'jaligi mahsulotlari sifatini oshirishda *o'lchashlar birligini ta'minlash* juda katta ahamiyatga ega. O'lchashlar umumiyligi deganda ularning holati, o'lchash natijalari, o'lchash birliklari o'lchovlariga teng bo'lgan, o'rnatilgan doiralardagi o'lchamlarga ega bo'lgan, qonun orqali shakllantirilgan birliklarda ifodalanishi tushuniladi. Birliklar o'lchovlari birlamchi nusxalar orqali takrorlanishi, o'lchov natijalari hatoliklari ma'lum bo'lishi va berilgan ehtimollikda o'rnatilgan tartib chegarasidan chiqmasligini ta'minlanishi zarur.

Mamlakatda o'lchash birligini ta'minlash tizimining texnik asoslari davlat va birlamchi nusxalar majmuasidan iborat bo'lgan milliy nusxalar bazasi hisoblanadi. Ular o'lchash birliklarini saqlash, qayta tiklash, o'lchash texnikalarining boshqa vositalariga birliklar o'lchovlarini uzatishni ta'minlashi kerak.

Mamlakat o'zining nusxalar bazasiga ega bo'lmaganda, boshqa davlatlarning nusxalaridan foydalanishga majbur bo'ladi. Shu sababli mamlakatning milliy nusxalar bazasining holati va texnik darajasi o'sha mamlakatning ilmiy-texnikaviy rivojlanish darajasini belgilaydi.

O'zbekiston Respublikasining o'lchashlar birliligini ta'minlash davlat tizimi "kattaliklar birliklari" to'g'risidagi (O'z DSt 8.012:2005) O'zbekiston davlat standarti 2005 yilda O'zbekistonning standartlash, metrologiya va sertifikatlash agentligi tomonidan ishlab chiqilgan.

Ushbu standart quyidagi normativ xujjatlardan iborat:

1. *GOCT 8.417:2002 Kattaliklar birliklari.*
2. *GOCT 8.430 – 88 Fizikaviy kattaliklar birliklarini belgilash.*
3. *O'z DSt 8.010.1:2001 1 qicm. Asosiy va umumiy terminlar.*
4. *O'z DSt 8.010.2:2003 2 qicm. O'lchash vositalari va ularning parametrlari.*
5. *O'z DSt 8.010.3:2004 3 qicm. Metrologik xizmatlar.*

O'zbekiston davlat standartida O'z DSt 8.010.1, O'z DSt 8.010.2 va O'zDSt 8.010.3 normativ xujjatlarga asosan birliklar uchun asosiy terminlar qo'llanilgan.

O'lchashlar birligining ta'minlash tizimining 5 bo'lim 1-jadvalida Xalqaro birliklar tizimining asosiy birliklari va ta'riflari keltirilgan.

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA O‘LCHAM
BIRLIKLARINI QO‘LLASH TO‘G‘RISIDA
O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI VZIRLAR
MAHKAMASINING**

2018 YIL 10 YANVARDAGI 21-SONLI QARORI

«Metrologiya to‘g‘risida»giri O‘zbekiston Respublikasi Qonunini amalga oshirishni davom ettirish maqsadida Vazirlar Mahkamasi qaror qiladi:

1. «Metrologiya to‘g‘risida»gi O‘zbekiston Respublikasi Qonunining 5-moddasiga muvofiq:

O‘zbekiston Respublikasida Xalqaro o‘lchamlar tizimi (SI)ning o‘lcham birliklarini belgilangan tartibda qo‘llashga yo‘l qo‘yilishi;

O‘lcham birliklarining nomi, belgisi, ularni yozish va qo‘llash qoidalari “O‘zstandart” agentligining taqdimnomasiga binoan O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan tasdiqlanishi;

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi tomonidan Xalqaro o‘lchamlar tizimiga kiritilmagan o‘lchamlarni qo‘llashga yo‘l qo‘yilishi mu‘inligi.

2. Quyidagilar:

O‘zbekiston Respublikasida qo‘llashga ruxsat berilgan, Xalqaro o‘lchamlar tizimi (SI)ning o‘lcham birliklari nomi va belgilanishi 1-ilovaga muvofiq;

O‘zbekiston Respublikasida qo‘llashga ruxsat berilgan Xalqaro o‘lchamlar tizimiga kiritilmagan o‘lcham birliklari, ularning nomi va belgilanishi 2-ilovaga muvofiq.

Vazirlar Mahkamasining 2018 yil 10 yanvardagi 21-sonli qaroriga
1-ILOVA

**O‘zbekiston Respublikasida qo‘llashga ruxsat berilgan Xalqaro
o‘lchamlar tizimi (SI)ning o‘lcham birliklari
NOMI VA BELGILANISHI**

I. Asosiy o‘lcham birliklari

T/ r	Asosiy o‘lchamlar		Asosiy o‘lchamlar birliklari		
	nomi	O‘lchamli gi	nomi	belgilanis hi	Ta’rifi
1.	Uzunlik	L	metr	m	metr — yorug‘lik 1/299792458 sekund vaqt oralig‘ida vakuumda bosib o‘tiladigan masofa.
2.	Massa	M	kilogram m	kg	kilogramm — massa birligi bo‘lib xalqaro kilogram prototipining massasiga teng.
3.	Vaqt	T	sekund	s	sekund — tseziy-133 atomi asosiy holatining ikki nozik sathlari orasidagi bir-biriga o‘tishiga muvofiq keladigan nurlanishning 9 192 631 770 davri.
4.	Elektr toki (elektr toki kuchi)	I	amper	A	amper — vakuumda bir- biridan 1 metr

I. Asosiy o'lcham birliklari

T/r	Asosiy o'lchamlar		Asosiy o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	Ta'rifi
					oralikda joylashgan, cheksiz uzun, o'ta kichik dumaloq ko'ndalang kesimli ikki parallel to'g'ri chiziqli o'tkazgichlardan tok o'tganda o'tkazgichning har 1 metr uzunligida $2 \cdot 10^{-7}$ nyutonga teng o'zaro ta'sir kuchini hosil qiladigan o'zgarmas tok kuchi.
5.	Termodinamik temperatura*	⊖	kelvin	K	kelvin — termodinamik temperature birligi bo'lib, u suvning uchlik nuqtasi termodinamik temperaturasining 1/273,16 qicmiga teng.
6.	Modda miqdori	N	mol	mol	mol — massasi 0,012 kilogramm bo'lgan uglerod-

I. Asosiy o'lcham birliklari

T/r	Asosiy o'lchamlar		Asosiy o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	Ta'rifi
					12 da qancha atom bo'lsa, o'z tarkibiga shuncha elementlarni olgan tizimning modda miqdori.
7.	Yorug'lik kuchi	J	kandela	cd	kandela — berilgan yo'nalishda $540 \cdot 10^{12}$ gers chastotali monoxromatik nurlanishni tarqatuvchi va shu yo'nalishda energetik yorug'lik kuchi $1/683$ vatt taqsim steradian.

II. Hosila o'lchamlar birliklari

T/r	Hosila o'lchamlar		Hosila o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	SI o'lcham birliklari orqali ifodalanishi
1.	Maydon	L^2	Metr kvadrat	m^2	m^2
2.	Hajm (sizim)	L^3	Metr kub	m^3	m^3
3.	Tezlik	LT^{-1}	Metr	m/s	m/s

II. Hosila o'lchamlar birliklari

T/r	Hosila o'lchamlar		Hosila o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	SI o'lcham birliklari orqali ifodalanishi
			taqsim sekund		
4.	Tezlanish	LT^{-2}	Metr taqsim sekund kvadrat	m/s^2	m/s^2
5.	To'lqin soni	L^{-1}	Metrning darajasi minus birinchi	m^{-1}	m^{-1}
6.	Solishtirma sig'im	L^3M^{-1}	Metr kub taqsim kilogram m	m^3/kg	m^3/kg
7.	Zichlik	$L^{-3}M$	Kilogram taqsim metr kub	kg/m^3	kg/m^3
8.	Elektr toki zichligi	$L^{-2}I$	Amper taqsim metr kvadrat	A/m^2	A/m^2
9.	Magnit maydon kuchlanganligi	$L^{-1}I$	Amper taqsim metr	A/m	A/m
10.	Komponentning molyar konsentrasiyasi	$L^{-3}N$	Mol taqsim metr kub	mol/m^3	mol/m^3
11.	Yorqinlik	$L^{-2}J$	Candela taqsim metr	cd/m^2	cd/m^2

II. Hosila o'lchamlar birliklari

T/ r	Hosila o'lchamlar		Hosila o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	SI o'lcham birliklari orqali ifodalanishi
12.	Yassi burchak	1	radian	rad	$m \cdot m^{-1} = 1$
13.	Fazoviy burchak	1	steradian	sr	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
14.	Kuch	LMT^{-2}	nyuton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
15.	Bosim	$L^{-1}MT^{-2}$	paskal	Pa	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
16.	Kuch momenti	L^2MT^{-2}	Nyuton-metr	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
17.	Tekislikdagi kuchlanish	MT^{-2}	Nyuton taqsim metr	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
18.	Dinamik qovushqoqlik	$L^{-1}MT^{-1}$	Paskal-sekunda	$Pa \cdot s$	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
19.	Chastota	T^{-1}	gers	Hz	s^{-1}
20.	Energiya, ish (issiqlik soni)	L^2MT^{-2}	joul	J	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
21.	Quvvat	L^2MT^{-3}	vatt	W	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
22.	Elektr zaryadi (elektr soni)	TI	kulon	C	$s \cdot A$
23.	Elektr kuchlanishi (elektrik potentsiallar kuchlanishi, elektrik potentsiallar farqi, elektr yurituvchi kuch)	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	volt	V	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}}{A}$
24.	Elektr sig'imi	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	farad	F	$\frac{m^{-2} \cdot kg^{-1}}{s^4 \cdot A^2}$

II. Hosila o'lchamlar birliklari

T/r	Hosila o'lchamlar		Hosila o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	SI o'lcham birliklari orqali ifodalanishi
25.	Elektr qarshiligi	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	om	Ω	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}}{A^2}$
26.	Elektr o'tkazuvchanligi	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	simens	S	$\frac{m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2}{1}$
27.	Magnit induksiya oqimi (magnit oqimi)	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	veber	Wb	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}}{A}$
28.	Magnit maydoni zichligi (magnit induksiya)	$MT^{-2}I^{-1}$	tesla	T	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
29.	Elektr silgish	$L^{-2}TI$	Kulon taqsim metr kvadrat	C/m^2	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
30.	Elektr zaryadi zichligi	$L^{-3}TI$	Kulon taqsim metr kub	C/m^3	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
31.	Induktivlik (o'zaro induktivlik)	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	genri	H	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}}{A^2}$
32.	Elektr maydoni kuchlanganligi	$LMT^{-3}I^{-1}$	Volt taqsim metr	V/m	$\frac{m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}}{1}$
33.	Dielektrik o'tkazuvchanlik	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	Farad taqsim metr	F/m	$\frac{m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2}{1}$
34.	Magnit o'tkazuvchanlik	$LMT^{-2}I^{-2}$	Genre taqsim metr	H/m	$\frac{m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}}{2}$

II. Hosila o'lchamlar birliklari

T/r	Hosila o'lchamlar		Hosila o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	SI o'lcham birliklari orqali ifodalanishi
35.	Solishtirma energiya	L^2T^{-2}	Joul taqsim kilogram m	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
36.	Entropiya	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}$	Joul taqsim kelvin	J/K	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}}{K}$
37.	Solishtirma entropiya	$L^2T^{-2}\Theta^{-1}$	Joul taqsim kilogram-kelvin	J/(kg·K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
38.	Energiya oqimining tekislik zichligi	MT^{-3}	Vat taqsim metr kvadrat	W/m ²	$kg \cdot s^{-3}$
39.	Issqlik o'tkazuvchanlik	$LMT^{-3}\Theta^{-1}$	Vat taqsim metr-kelvin	W/(m·K)	$\frac{m \cdot kg \cdot s^{-3}}{K}$
40.	Foton nurlanishining ekspozision dozasi (gamma-va roentgen nurlanishining ekspozision dozasi)	$M^{-1}TI$	Kulon taqsim kilogram m	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
41.	Termodinamik harorat	Θ	Tselsiy gradusi	°C	K
42.	Ichki molyar energiya	$L^2MT^{-2}N^{-1}$	Joul taqsim mol	J/mol	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}}{mol}$

II. Hosila o'lchamlar birliklari

T/r	Hosila o'lchamlar		Hosila o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	SI o'lcham birliklari orqali ifodalanishi
43.	Katalizator faolligi	NT^{-1}	katal	kat	$mol \cdot s^{-1}$
44.	Molyar issiqlik sig'imi	$L^2MT^{-2}\Theta^{-1}N^{-1}$	Joul taqsim mol-kelvin	$J/(mol \cdot K)$	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}}{K \cdot mol}$
45.	Yorug'lik oqimi	J	lyumen	lm	$cd \cdot sr$
46.	Yoritilganlik	$L^{-2}J$	lyuks	lx	$m^{-2} cd \cdot sr$
47.	Radioaktiv manba'dagi nuCidlarning aktivligi (radionuCidning aktivligi)	T^{-1}	bekkerel	Bq	s^{-1}
48.	Ionlovchi nurlanishning yutilgan dozasi	L^2T^{-2}	grey	Gy	$m^2 \cdot s^{-2}$
49.	Ionlovchi nurlanishning ekvivalent (effektiv) dozasi	L^2T^{-2}	zivert	Sv	$m^2 \cdot s^{-2}$
50.	Dozaning yutilish quvvati	L^2T^{-3}	Grey taqsim sekund	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
51.	Burchak tezligi	T^{-1}	Radian taqsim sekund	rad/s	s^{-1}
52.	Burchak tezlanishi	T^{-2}	Radian taqsim	rad/s^2	s^{-2}

II. Hosila o'lchamlar birliklari

T/r	Hosila o'lchamlar		Hosila o'lchamlar birliklari		
	nomi	O'lchamligi	nomi	belgilanishi	SI o'lcham birliklari orqali ifodalanishi
			sekund kvadrat		
53.	Nurlanish kuchi	L^2MT^{-3}	Vat taqsim steradian	W/sr	$\frac{m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}}{sr}$
54.	Energetik yorug'lik	MT^{-3}	Vat taqsim steradian-metr kvadrat	$W/(sr \cdot m^2)$	$kg \cdot s^{-3} \cdot sr^{-1}$

Vazirlar Mahkamasining 2018 yil 10 yanvardagi 21- son qaroriga
2-ILOVA

O'zbekiston Respublikasida qo'llashga ruxsat berilgan Xalqaro o'lchamlar tizimiga kiritilmagan o'lcham birliklari, ularning nomi va belgilanishi

I. Tizimdan tashqari o'lcham birliklari

T/r	Kattalik nomi	Kattalik birligi		
		nomlanihi	belgilanishi	SI kattalik barliklari bilan nisbati
1.	Uzunlik	parsek	pc	$3,0857 \cdot 10^{16} m$ (taxminan)
		Yorug'lik yili	ly	$9,4605 \cdot 10^{15} m$ (taxminan)
		Astronomik birlik	ua	$1,49598 \cdot 10^{11} m$ (taxminan)
		mikron	μ	$1 \cdot 10^{-6} m$
		anHztrem	\AA	$1 \cdot 10^{-10} m$
		Iks-birlik	X	$1,00206 \cdot 10^{-13} m$ (taxminan)
2.	Maydon	gektar	ha	$1 \cdot 10^4 m^2$

I. Tizimdan tashqari o'lcham birliklari

T/r	Kattalik nomi	Kattalik birligi		
		nomlanihi	belgilanishi	SI kattalik barliklari bilan nisbati
		ar	a	100 m ²
		barn	b	1 · 10 ⁻²⁸ m ²
3.	Massa	tonna	t	1 · 10 ³ kg
		tsentner	q	100 kg
		Metric karat	car	2 · 10 ⁻⁴ kg
		Massaning atom birligi	u	1,6605402 · 10 ⁻²⁷ kg (taxminan)
4.	Kuch (og'irlik)	Tonna-kuch	tf	9806,65 N (aniq)
		Kilogram-kuch	kgf	9,80665 N (aniq)
		kilopond	kp	9,80665 N (aniq)
		Gramm-kuch	gf	9,80665 · 10 ⁻³ N (aniq)
		pond	p	9,80665 · 10 ⁻³ N (aniq)
		dina	dyn	1 · 10 ⁻⁵ N
5.	Bosim	bar	bar	1 · 10 ⁵ Pa
		Kilogram kuch taqsim santimetr kvadrat	kgf/cm ²	98066,5 Pa (aniq)
		Kilopond taqsim santimetr kvadrat	kp/cm ²	98066,5 Pa (aniq)
		Millimeter simob ustuni	mm Hg	133,322 Pa
		torr	Torr	133,322 Pa
		Millimeter suv	mm	9,80665 Pa

I. Tizimdan tashqari o'lcham birliklari

T/ r	Kattalik nomi	Kattalik birligi		
		nomlanishi	belgilanishi	SI kattalik barliklari bilan nisbati
		ustuni	H ₂ O	(aniq)
6.	Hajm (sig'im)	litr	l	$1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
7.	Vaqt	ming yillik	-	$3,1536 \cdot 10^{10} \text{ s}$
		asr	-	$3,1536 \cdot 10^9 \text{ s}$
		yil	-	$2,592 \cdot 10^6 \text{ s}$
		oy	-	$6,048 \cdot 10^5 \text{ s}$
		hafta	-	$6,048 \cdot 10^5 \text{ s}$
		sutka	d	86400 s
		soat	h	3600 s
		minut	min	60 s
8.	Yassi burchak	grad (gon)	gon	$(\pi/200) \text{ rad} = 1,57080 \dots \cdot 10^{-2} \text{ rad}$
		gradus	... °	$(\pi/180) \text{ rad} = 1,745329 \dots \cdot 10^{-2} \text{ rad}$
		minut	... '	$(\pi/10800) \text{ rad} = 2,908882 \dots \cdot 10^{-4} \text{ rad}$
		sekund	... ''	$(\pi/648000) \text{ rad} = 4,848137 \dots \cdot 10^{-6} \text{ rad}$
9.	Fazoviy burchak	Gradus kvadrat	€	$3,0462 \dots \cdot 10^{-4} \text{ sr}$
10	Chiziqli zichlik	teks	tex	$1 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}$ (aniq)
11	Aylanish chastotasi	Sekundiga aylanishlar soni	r/s r/min	1 s^{-1} 1/60 0,016(6) s^{-1}
		Minutdagi aylanishlar soni		
12	Optik kuch	dioptriya	dptr	$1 \cdot \text{m}^{-1}$
13	Energiya	Kilovatt-soat	kW·h	$3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

I. Tizimdan tashqari o'lcham birliklari

T/r	Kattalik nomi	Kattalik birligi		
		nomlanihi	belgilanishi	SI kattalik barliklari bilan nisbati
		Elektronvolt	eV	$1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ (taxminan)
14	To'liq quvvat	volt-amper	V·A	-
15	Reaktiv quvvat	var	var	-
16	Elektr zaryadi, elektr miqdori	amper-soat	A·h	$3,6 \cdot 10^3 \text{ C}$
17	Kuchlanish (mexanikaviy)	kilogramm kuch taqsim millimeter kvadrat	kgf/m ²	$9,80665 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ (aniq)
		kilopond taqsim millimeter kvadrat	kp/mm ²	$9,80665 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ (aniq)
18	Ish, energiya	erg	erg	$1 \cdot 10^{-7} \text{ J}$
19	Quvvat	ot kuchi (metrik)	h.f.	$735,49875 \text{ W}$ (aniq)
20	Dinamik zichlik	puaz	P	$0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
21	Kinematik zichlik	stoks	St	$1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
22	Solishtirma elektr qarshiligi	om millimeter kvadrat taqsim metr	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	$1 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$
23	Magnit oqimi	maksvell	Mx	$1 \cdot 10^{-8} \text{ Wb}$
24	Magnit induktivligi	gauss	Hz	$1 \cdot 10^{-4} \text{ T}$

I. Tizimdan tashqari o'lcham birliklari

T/r	Kattalik nomi	Kattalik birligi		
		nomlanihi	belgilanishi	SI kattalik barliklari bilan nisbati
25	Magnit yurituvchi kuch (magnit potentsiallar farqi)	gilbert	Gb	$(10/4\pi) A = 0,7957747 A$
		ampero'ram	At	1 A
26	Magnit maydonining kuchlanganligi	ersted	Oe	$(10^3/4\pi) A/m = 79,5775 A/m$
27	Issiqlik miqdori, termodinamik potensial (ichki energiya, entalpiya, izoxor-izotermik)	kaloriya (xalqaro)	cal	4,1868 J (aniq)
		Termokimyoviy kaloriya	cal _{th}	4,1840 J (taxminan)
		15-gradusli kaloriya	cal ₁₅	4,1855J (taxminan)
28	Ionlovchi nurlanishning yutilgan dozasi	rad	rad, rd	0,01 Gy
29	Ionlovchi nurlanishning ekvivalent (effektivlik) dozasi	ber	rem	0,01 Sv
30	Foton nurlanishining ekspozision dozasi (gamma- va roentgen nurlanishining ekspozision dozasi)	rentgen	R	$2,58 \cdot 10^{-4} C/kg$ (aniq)
31	Radioaktiv manba'dagi nuCidning aktivligi (radionuCid aktivligi)	kyuri	Ci	$3,70 \cdot 10^{10} Bq$ (aniq)
32	Burilish burchagi	aylanish	r	$2\pi rad = 6,28 rad$
33	Ravshanlik	nit	nt	$1 cd/m^2$

II. Ayrim nisbiy va logarifmik o'lchamlar va ularning birliklari

T/r	O'lchamlar nomi	O'lchamlar birliklari		
		nomi	Belgilanishi	qiymati
1.	Nisbiy kattalik*: foydali ish koeffisienti; Nisbiy cho'zilishi; Nisbiy zichlik; деформация; nisbiy dielektrik va magnit o'tkazuvchanligi; komponentning massaviy ulushi va boshqalar.	Birlik foiz promille millionda n bir ulush milliardd an bir ulush	1 % ‰ ppm ppb	1 $1 \cdot 10^{-2}$ $1 \cdot 10^{-3}$ $1 \cdot 10^{-6}$ $1 \cdot 10^{-9}$
2.	Logarifmik kattalik**: Tovush bosimining darajasi; kuchayish; Kamayish va boshqalar	bel desibell	B dB	$1 \text{ B} = \lg(P_2/P_1)$ $P_2 = 10 P_1$ bo'lganda, $1 \text{ B} = 2 \lg(F_2/F_1)$ $F_2 = F_1$ bo'lganda, bu erda P_2, P_1 — nomdosh energetik kattaliklar (quvvat, energiya) energiya zichligi va boshqalar; F_2, F_1 — nomdosh «kuch» kattaliklar (kuchlanish, tok, maydon kuchlanganligi va boshqalar) 0,1 B
3.	Logarifmik	fon	phon	1 fon tovush bosimining

I. Tizimdan tashqari o'lcham birliklari

T/ r	Kattalik nomi	Kattalik birligi		
		nomlanihi	belgilan ishi	SI kattalik barliklari bilan nisbati
	kattalik** — tovush balandligi darajasi			darajasi 1dB bo'lgan 1000 Hz chastotali tovush balandligi bilan bir xil bo'lgan tovushning balandlik darajasi
4.	Logarifmik kattalik** — chastota oralig'i	oktava dekada	oct dek	$1 \text{ oct} = \log_2 (f_2/f_1) \quad f_2/f_1 = 2$ bo'lganda; $1 \text{ dek} = \lg (f_2/f_1) \quad f_2/f_1 = 10$ bo'lganda, Bu erda f_2, f_1 — chastotalar
5.	Natural logarifmik kattalik**: kuchlanish, tok kuchi, maydon kuchlanganligi va boshqalar kamayishi	neper	Np	$1 \text{ Np} = \ln (F_2/F_1) \quad F_2/F_1 = e = 2,718$, bo'lganda. bu erda F_1, F_2 — kuchlanish, tok kuchi, maydon kuchlanganligi kabi bir nomdagi kattaliklar, e — натурал логарифмлар асоси. $1 \text{ Np} = 0,8686... \text{ B} = 8,686... \text{ dB}$

III. Axborot miqdori o'lcham birliklari

Kattalik	Birlik			Eslatma
	nomlanishi	belgilanishi	kattaligi	
Ma'lumot miqdori	bit bayt	bit B	1 1 B = 8 bit	Ikkilik sonli tizimda ma'lumot birligi (Ma'lumotning ikkilik birligi)

Tavsiya etiladigan adabiyotlar

1. Детлаф, А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. 8-е изд., М., 2009.
2. Иродов, И.Е. Волновые процессы. Основные законы / И.Е. Иродов. 4-е изд. М., 2010.
3. Иродов, И.Е. Квантовая физика. Основные законы / И.Е. Иродов. 3-е изд. М., 2007.
4. Иродов, И.Е. Механика. Основные законы / И.Е. Иродов. 7-е изд. М., 2005.
5. Иродов, И.Е. Электромагнетизм. Основные законы / И.Е. Иродов. 7-е изд. М., 2010.
6. Савельев, И.В. Курс общей физики: в 4 т. / И.В. Савельев. М., 2009.
7. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. М., 2003.
8. Трофимова, Т.И. Курс физики: задачи и решения / Т.И. Трофимова, А.В. Фирсов. 4-е изд. М., 2011
9. Государственный стандарт Узбекистана. Государственная система обеспечения единства измерений Республики Узбекистан. Единицы величин. Узбекское агентство стандартизации, метрологии и сертификации. Ташкент, 2005
10. Vazirlar Mahkamasining 2018 yil 10 yanvardagi 21-sonli qarori

Mundarija

SO‘Z BOSHI	3
Uslubiy tavsiyalar.....	5
MEXANIKA	8
1- <i>mavzu</i> . Moddiy nuqta va qattiq jismning ilgarilanma harakati kinematikasi	8
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	8
Nazorat savollari va topshiriqlar	9
2 - <i>mavzu</i> . Moddiy nuqta, qattiq jism ilgarilanma harakatlari va mexanik tizimning dinamikasi.....	21
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	21
Nazorat savollari va topshiriqlar	22
3 - <i>Mavzu</i> . Mexanik energiya. Mexanik ish. Mexanikada energiyaning saqlanish qonuni	35
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	35
Nazorat savollari va topshiriqlar	36
4 - <i>mavzu</i> . Aylanma harakat kinematikasi va dinamikasi.....	49
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	49
Nazorat savollari va topshiriqlar	52
5 - <i>Mavzu</i> . Noinersial sanoq tizimlari. Inersiya kuchlari. Maxsus nisbiylik nazariyasi elementlari.....	67
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	67
Nazorat savollari va topshiriqlar	69
MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA	82
6 – <i>mavzu</i> . Gazlarning molekulyar-kinetik nazariyasi asoslari. Termodinamik parametrlar. Issiqlik sig‘imi	82
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	82
Nazorat savollari va topshiriqlar	83
7 - <i>mavzu</i> . Termodinamikaning birinchi qonunini ideal gazning izojarayonlariga va adiabatik jarayoniga tadbiqu. Statistika fizika elementlari.....	95
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	95
Nazorat savollari va topshiriqlar	97
8- <i>mavzu</i> . Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Real gazlar	108
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	108
Nazorat savollari va topshiriqlar	110
ELEKTR VA MAGNETIZM	122
9- <i>mavzu</i> . Vakuumdagi elektr maydoni.....	122
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	122
Nazorat savollari va topshiriqlar	124
10 – <i>mavzu</i> . Dielektrikda elektrostatik maydon. Elektrostatik maydonda o‘tkazgichlar.....	138

Asosiy qonunlar va ifodalar.....	138
Nazorat savollari va topshiriqlar	141
<i>11 – mavzu. Harakatlanayotgan zaryadga elektrostatik maydonning ta’siri.</i>	
O’zgarmas elektr toki.....	156
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	156
Nazorat savollari va topshiriqlar	158
<i>12 –mavzu. Vakuumda magnit maydoni.....</i>	<i>170</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	170
Nazorat savollari va topshiriqlar	171
<i>13 - mavzu. Harakatlanayotgan zaryadga magnit maydonining ta’siri. Magnit maydonidagi tokli o’tkazgich va kontur</i>	<i>183</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	183
Nazorat savollari va topshiriqlar	184
<i>14 – mavzu. Moddalarda magnit maydoni. Elektromagnit induksiya.Elektromagnit maydon uchun Maksvell nazariyasining asoslari.....</i>	<i>196</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	196
Nazorat savollari va topshiriqlar	198
TEBRANISHLAR VA TO’LQINLAR.....	210
<i>15 – mavzu. Garmonik mexanik va elektromagnit tebranishlar</i>	<i>210</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	210
Nazorat savollari va topshiriqlar	212
<i>16 - mavzu. Garmonik tebranishlarni qo’shish.So’nuvchi mexanik va elektromagnit tebranishlar.Majburiy tebranishlar.....</i>	<i>224</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	224
Nazorat savollari va topshiriqlar	226
<i>17 - mavzu. To’lqin harakati. Elektromagnit to’lqinlar</i>	<i>238</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	238
Nazorat savollari va topshiriqlar	240
<i>18 – mavzu. Yorug’lik interferensiyasi.....</i>	<i>252</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	252
Nazorat savollari va topshiriqlar	253
<i>19 – mavzu. Yorug’lik difraksiyasi.....</i>	<i>265</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	265
Nazorat savollari va topshiriqlar	267
<i>20 –mavzu. Yorug’lik qutblanishi.....</i>	<i>279</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	279
Nazorat savollari va topshiriqlar	280
Kvant mexanikasi va qattiq jismlar fizikasi elementlari. Atom yadrosi fizikasi asoslari	292
<i>21 – mavzu. Nurlanishning kvant tabiati.....</i>	<i>292</i>
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	292

Nazorat savollari va topshiriqlar	295
22 – mavzu. Atom fizikasi va kvant mexanikasi elementlari	306
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	306
Nazorat savollari va topshiriqlar	310
23 – mavzu. Qattiq jism fizikasi elementlari	322
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	322
Nazorat savollari va topshiriqlar	325
24 – mavzu. Atom yadrosi fizikasi asoslari	338
Asosiy qonunlar va ifodalar.....	338
Nazorat savollari va topshiriqlar	339
Masalalar yechishga ko'rsatmalar	351
Javoblar	374
Mexanika	374
Molekulyar fizika va termodinamika	399
Elektr va magnetizm	413
Tebranishlar va to'liqlar	434
To 'lqin optikasi	453
Kvant mexanikasi va qattiq jicmlar fizikasi elementlari. Atom yadrosi fizikasi asoslari	463
Ilovalarotin alifbosi.....	479
Tavsiya etiladigan adabiyotlar	511

FIZIKA

MASALALAR TO'PLAMI

Nashr uchun mas'ul: B. Mavlonov

Muharrir: U. Yunusov

Badiiy muharrir: F. Sobirov

Dizayner-sahifalovchi: L. Abdullayev

Nashriyot ro'yxat raqami № 1043191. 24.09.2021-y.

Bichimi 60x84 1/16 Offset qog'ozi.

Times New Roman garniturasini.

Shartli bosma tabog'i 32,25. Nashr hisob tabog'i 12,3.

Adadi 100 nusxada. Buyurtma № 11-12.



1940

100000, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek tumani,

M.Ismoiliy ko'chasi 1-G uy.

«ZUXRA BARAKA BIZNES» MChJ bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent shahri Bunyodkor shoh ko'chasi 27 A-uy.