

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIMI VAZIRLIGI**

NAVOIY DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI

FIZIKA VA ASTRONOMIYA O‘QITISH METODIKASI KAFEDRASI

NAZARIY FIZIKA (ELEKTRODINAMIKA)

fanidan

O‘QUV-USLUBIY MAJMUA

Bilim sohasi: 100000-Gumanitar

Ta’lim sohasi: 110000-Pedagogika

Ta’lim yo’nalishi: 5110200-Fizika va astronomiya o’qitish metodikasi



Navoiy-2019

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

Ushbu o'quv-uslubiy majmua Oliy va o'rta maxsus , kasb-hunar ta'limi o'quv –uslubiy birlashmalari faoliyatining Muvofiqlashtirish Kengashining 201 yil , « » dagi « » –sonli majlis bayoni bilan maqullangan fan dasturiga asosan ishlab chiqilgan.

Tuzuvchi:

Abdullayev J.M. – Navoiy davlat pedagogika instituti, “Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi” kafedrasining katta o'qituvchisi

«Nazariy fizika» fanidan ushbu o'quv-uslubiy majmua Navoiy Davlat pedagogika instituti “Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi” kafedrasida tayyorlangan. Ushbu majmua o'quv-uslubiy va ma'lumotli hujjatlardan iborat bo'lib, talabalarni ma'ruza va amaliy masg'ulotlarni mustaqil o'rganish bo'yicha o'zlashtirish sifatini oshiradi. O'quv-uslubiy majmua «Nazariy fizika» fani bo'yicha bakalavriat bosqichi talabalari uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

Imomkulov S.A. – Navoiy davlat pedagogika instituti, “Matematika o'qitish metodikasi” kafedراسi mudiri, proffessor.;

Xudoyberdiyev E.N. - Navoiy davlat pedagogika instituti, “Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi o'qitish metodikasi” kafedراسi dotsenti.

Navoiy davlat pedagogika instituti Kengashining 2019 yil ____ _____dagi 1-son yig'ilishida muhokama qilingan va ishlatishga tavsiya etilgan

M U N D A R I J A

(O`quv-uslubiy majmuaning tarkibi)

I.	O`quv mashg`ulotlari.....	6
II.	Mustaqil ta`lim mashg`ulotlari.....	94
III.	Glossariy.....	97
IV.	Ilova.....	99

O'QUV MATERIALLARI (MA'RUZA MATNI)

1-Mavzu: Kirish. Elektrodinamika fanining maqsadi va vazifalari. Matematik tushnchalar.

Reja:

1. Kirish.
2. Elektrodinamika fanining maqsadi va vazifalari.
3. Vektorlar algebrasi.
4. Vektor operatorlarhaqidatushuncha.
5. Ostrgradskiy-Gauss vaStoks teoremlari.
6. Nabla operatorlar.

Tayanch so'z va iboralar: maydonning skalyar va vector potentsiali, ta'sir integrali, Lagranjfunksiyasi, zaryadlizarra, impuls, energiya. Scalar va vector kattaliklar, funksiya gradiyenti, vector divergensiya, vector uyurmasi, yopiqsirt, yopiq kontr, integral, Laplas operatori.

Tajribalarga ikki holda tayaniladi: Birinchidan, Galiley zamonidan Eynshteyn davrigacha olib borilgan izlanishlar natijasida vaqt va fazoning xossalari to'g'risidagi fundamental prinsiplarning qaror topishida tajribalar muhim rol o'ynagan. Ikkinchidan, nazariy yo'l bilan aniqlangan qonunlarning to'g'ri ekanligini tasdiqlashda tajribalar muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu darslikda tanlagan yo'l tajribalarda kashf qilingan tabiat qonunlarining fizik mohiyatini ochib berish va tushunturish bilan bir qatorda yangi qonunlarni kashf etishga zamin yaratadi.

Darsliklar majmuasining ushbu jildi uch qismdan iborat. Birinchi qism *maxsus nisbiylik nazariysiga* bag'ishlangan. Unda maxsus nisbiylik nazariyasining yaratilishi bilan bog'liq bo'lgan tarixiy ma'lumotlar va asosiy tajribalarning mohiyati qisqacha bayon qilingan. Nazariyaning yaratilishida tajribalarning roli va o'rni aniq ko'rsatilgan. Asosiy prinsiplarga tayangan holda yangi nazariyaning yaratilish bosqichlari yoritilgan. Interval, xususiy vaqt, voqea, to'rt o'lchovli fazo kabi yangi fizik atamalarining ma'nosi ochib berilgan. Ushbu qism relyativistik nazariyaning birinchi tatbig'i sifatida - relyativistik mexanikaning asosiy masalalarini qisqacha yoritish bilan yakunlanadi. Bu yerda relyativistik nazariyaning 4-o'lchovli ta'rifini tasavvur qilish va unga ko'nikma hosil qilish uchun parallel ravishda uch o'lchovli ta'rifdan ham foydalanilgan.

Ikkinchi qismda relyativistik nazariyaning mantiqiy davomi sifatida *mikroskopik* elektrodinamika bayon qilingan. Real sharoitda turli tuman xossalari bilan bir-biridan keckin farq qiladigan

muhitlardagi elektrodinamika bilan ish ko'rishga to'g'ri keladi. Bu holda nazariya juda murakkablashib ketadi.

Muhitsiz fazodagi elektrodinamika bunday muammolardan holi. Bunda faqat zaryadlar va ularning harakati tufayli yuzaga keladigan toklardan iborat bo'lgan fazoda elektrodinamika qonunlari ko'rib chiqilgan.

Shu bilan birga elektrodinamikaning asosiy matematik apparati ishlab chiqilgan. Mikroskopik elektrodinamikaning asosiy tenglamalari – Maksvell–Lorentz tenglamalari eng qisqa ta'sir prinsipiga asoslangan Lagranj formalizmi orqali keltirib chiqariladi. Bu tenglamalar yordamida elektrodinamikaning xususiy masalalari ko'rib chiqilgan.

Uchinchi qismda elektrodinamikaning eng murakkab qismi shu bilan birga amaliy ahamiyatga ega bo'lgan, muhitdagi elektrodinamika - *makroskopik* elektrodinamika bayon qilingan. Bunda xossalari bilan farq qiluvchi turli tuman – muhitlar o'rniga izotrop va bir jinsli, fer-romagnit va ferroelektrik xossalarga ega bo'lmagan ideal muhit uchun elektrodinamika qonunlarini aks ettiruvchi – Maksvell tenglamalari keltirib chiqarilgan.

Vektorlar algebrasi. Ikki $\vec{a}$ va $\vec{b}$ vektorlarning skalyar ko'paytmasi quyidagicha yoziladi:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos(\vec{a} \wedge \vec{b}),$$

buyurda $\vec{a}(a_x, a_y, a_z)$ va $\vec{b}(b_x, b_y, b_z)$ bo'lsa,

$$\vec{a} = \vec{i} a_x + \vec{j} a_y + \vec{k} a_z,$$

$$\vec{b} = \vec{i} b_x + \vec{j} b_y + \vec{k} b_z$$

va

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z, \quad \cos(\vec{a} \wedge \vec{b}) = \frac{a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \sqrt{b_x^2 + b_y^2 + b_z^2}}.$$

Ikki $\vec{a}$ va $\vec{b}$ vektorlarning vektorli ko'paytmasi quyidagicha yoziladi:

$$[\vec{a} \vec{b}] = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin(\vec{a} \wedge \vec{b})$$

yoki

$$[\vec{a} \vec{b}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} = \vec{i}(a_y b_z - a_z b_y) + \vec{j}(a_z b_x - a_x b_z) + \vec{k}(a_x b_y - a_y b_x).$$

Uchta $\vec{a}$, $\vec{b}$ va $\vec{c}$ vektorlarning .vektorli ko'paytmasi quyidagicha yoziladi:

$$[\vec{a}[\vec{b}\vec{c}]] = \vec{b}(\vec{a}\vec{c}) - \vec{c}(\vec{a}\vec{b}).$$

Uchta $\vec{a}$, $\vec{b}$ va $\vec{c}$ vektorlar uchun Yakobi ifodasi o'rinli:

$$[\vec{a}[\vec{b}\vec{c}]] + [\vec{b}[\vec{a}\vec{c}]] + [\vec{c}[\vec{a}\vec{b}]] = 0.$$

Vektor operatorlar

1. Skalyar funksiyaning gradiyenti

Faraz qilaylikki, $\varphi = \varphi(x, y, z)$ skalyar funksiya berilgan. Ushbu funksiyaning gradiyenti quyidagicha ifodalanadi:

$$\text{grad}\varphi = \vec{i} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \varphi}{\partial z}.$$

Funksiyaning gradiyenti uning tez o'zarish yo'nalishini aniqlaydi va u skalyar kattalikdir.

2. Vektorning divergensiya

Faraz qilaylikki, $\vec{a} = \vec{a}(x, y, z)$ vektor berilgan bo'lsin. Ushbu vektorning divergensiya quyidagicha topiladi:

$$\text{div}\vec{a} = \frac{\partial a_x}{\partial x} + \frac{\partial a_y}{\partial y} + \frac{\partial a_z}{\partial z}.$$

Vektorning divergensiya skalyar kattalik bo'lib, u manba bor yoki yo'qligini aniqlaydi.

Agar $\text{div}\vec{a} \neq 0$ bo'lsa, u holda manba bor deyiladi.

Agar $\text{div}\vec{a} = 0$ bo'lsa, u holda manba mavjud bo'lmaydi.

Agar $\text{div}\vec{a} < 0$ bo'lsa, manbaga kiradi va agar $\text{div}\vec{a} > 0$ bo'lsa, manbadan chiqadi deb tushunish lozim.

3. Vektorning uyurmasi

Faraz qilaylikki, $\vec{a} = \vec{a}(x, y, z)$ vektor berilgan bo'lsin. Ushbuvektorning uyurmasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\text{rot}\vec{a} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ a_x & a_y & a_z \end{vmatrix} = \vec{i} \left(\frac{\partial a_z}{\partial y} - \frac{\partial a_y}{\partial z} \right) +$$

$$+ \vec{j} \left(\frac{\partial a_z}{\partial x} - \frac{\partial a_x}{\partial z} \right) + \vec{k} \left(\frac{\partial a_y}{\partial x} - \frac{\partial a_x}{\partial y} \right).$$

Vektorning uyurmasi vektor kattalik bo'lib, u maydon uyurmali yoki uyurmasiz ekanligini aniqlaydi. Agar $\text{rot} \vec{a} \neq 0$ bo'lsa, maydon uyurmali va agar $\text{rot} \vec{a} = 0$ bo'lsa, maydon uyurmasiz deyiladi.

Ostrogradskiy-Gauss teoremasi

Faraz qilaylikki, vektor maydon berilgan va bu vektor aniqlangan sohadan ixtiyoriy yopiq yuzani ajratib olaylik (1-rasm). Ushbu yuzani normal yo'nalishida elementar vektor yuzani $d\vec{s}$ deb belgilaymiz.

Agar shu sohada $\vec{a}$ vektor aniqlangan bo'lsa, $\vec{a} \cdot d\vec{s}$ ushbu elementar sirt dan vektorning oqimini beradi. Ushbu vektorning yopiq sirt bo'yicha vektor oqimi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\oint \vec{a} d\vec{s} = \int \text{div} \vec{a} dV.$$

Demak, yopiq sirt orqali vektor oqimi shu yopiq sirt bilan chegaralangan hajm bo'yicha olingan vektor divergesiyasining integraliga teng bo'ladi. Ushbu tasdiq Ostrogradskiy-Gauss teoremasining mazmunini tashkil etadi.

Stoks teoremasi

Faraz qilaylikki, vektor maydon berilgan bo'lib, vektor aniqlangan sohada biror ixtiyoriy yopiq kontur ajratib olamiz va uni L deb belgilaymiz (2-rasm). Agar biz konturni aylanib chiqishimizda kontur bilan chegaralangan soha hamma vaqt chap tomonimizda qolsa, konturning bunday yo'nalishi uning musbat yo'nalishi deb qabul qilingan.

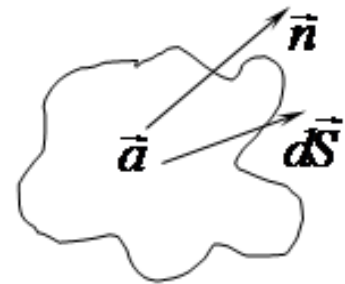
Kontur yo'nalishida $d\vec{l}$ elementar konturni ajratib olib,

uni $\vec{a}$ ga ko'paytirsak, ya'ni $\vec{a} d\vec{l}$ vektorning elementar yopiq kontur bo'yicha sirkulyasiyasini beradi.

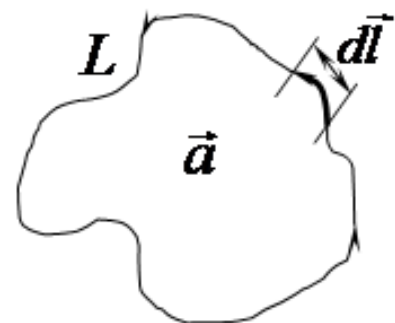
Vektorning elementar yopiq kontur bo'yicha sirkulyasiyasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\oint \vec{a} d\vec{l} = \int \text{rot} \vec{a} d\vec{s}.$$

Demak, vektorning elementar yopiq kontur bo'yicha olingan integrali shu kontur bilan chegaralangan sirt orqali



1.1-rasm



1.2-rasm

vektor uyurmasining oqimiga teng bo'ladi. Ushbu tasdiq Stoks teoremasining mazmunini ifodalaydi.

Nabla operatori

Nabla operatori deb quyidagi ko'rinishdagi ifodaga aytiladi:

$$\vec{\nabla} = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}.$$

Nabla operatori vector kattalikdir. Nabla operatoridan foydalanib, quyidagi tengliklarni yozish mumkin:

$$\text{grad} \varphi = \nabla \varphi,$$

$$\text{div} \vec{a} = (\nabla \vec{a}),$$

$$\text{rot} \vec{a} = [\nabla \vec{a}].$$

Nablaning dekartkomponentalarini quyidagicha yozish mumkin:

$$\nabla_x = \frac{\partial}{\partial x}, \nabla_y = \frac{\partial}{\partial y}, \nabla_z = \frac{\partial}{\partial z}.$$

Nablaning boshqa kattaliklar bilan bog'liqligi quyidagicha:

$$\nabla^2 = \Delta, \Delta \vec{a} = \nabla^2 \vec{a}, \vec{\nabla}(\vec{a}\vec{b}) = \vec{\nabla}(\vec{a}\vec{b}_c) + \vec{\nabla}(\vec{a}_c\vec{b}) = \vec{b}\vec{\nabla}\vec{a} + \vec{a}\vec{\nabla}\vec{b} = \vec{b}\text{grad}\vec{a} + \vec{a}\text{grad}\vec{b},$$

bu yerda $\vec{a}_c$ va $\vec{b}_c$ lar o'zgarmas vektorlar.

$$\nabla(\nabla \vec{a}) = \text{grad div} \vec{a}, (\nabla \nabla \varphi) = \text{div grad} \varphi, [\nabla \nabla \varphi] = \text{rot grad} \varphi, (\nabla[\nabla \vec{a}]) = \text{div rot} \vec{a},$$

$$[\nabla[\nabla \vec{a}]] = \text{rot rot} \vec{a}.$$

1.3 Gauss's Law

The integral (1.5) is not the most suitable form for the evaluation of electric fields. There is another integral result, called *Gauss's law*, which is often more useful and which furthermore leads to a differential equation for $\mathbf{E}(\mathbf{x})$. To obtain Gauss's law we first consider a point charge q and a *closed* surface S , as shown in Fig. 1.2. Let r be the distance from the charge to a point on the surface, $\mathbf{n}$ be the outwardly directed unit normal to the surface at that point, da be an element of surface area. If the electric field $\mathbf{E}$ at the point on the surface due to the charge q makes an angle θ with the unit normal, then the normal component of $\mathbf{E}$ times the area element is:

$$\mathbf{E} \cdot \mathbf{n} da = q \frac{\cos \theta}{r^2} da \quad (1.7)$$

Since $\mathbf{E}$ is directed along the line from the surface element to the charge q ,

Nazorat savollari

1. Elektrodinamikaning maqsad va vazifasi nimadan ibarat?
2. Elektrodinamikani o'rganuvchi obektlari?
3. Vektorlar nima?
4. Skalyar nima?
5. Vektor operatorlarni nima?
6. Gauss teoremasi nima?
7. Stoks teoremasi nima?

2-3-mavzu: Elektrodinamikaning eksperimental asoslari

Reja:

1. Elektr zaryadi. Zaryad zichliklari.
2. Elektromagnit maydon vektorlari. Superpozitsiya prinsipi.
3. Kulon qonuning umumlashtirilishi.
4. Elektr maydon vektorlarining chiziqlari. Ostrogradskiy-Gauss teoremasi.
5. Uzliksizlik tenglamasi. Siljish toki.
6. Tok kuchi va tok zichligi.

Tayanch so'z va iboralar: Elektr zaryadi. Zaryad zichliklari, elektromagnit maydon, elektr maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, Magnit maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, rotor, gradient, divergensiya, sirt bo'yicha yopiq integral, muhit konstantalari, moddiy tenglamalar.

Faraz qilaylikki, ixtiyoriy harakatlanuvchi zaryadlar tizimi berilgan bo'sin. Bunda, V hajm olib, zaryadlar miqdorini hisoblaylik. Ushbu hajmdagi zaryadlar zichligini ρ deb olsak, zaryad miqdori quyidagicha topiladi:

$$\rho_V = \int \rho dV. \quad (1)$$

Zaryadlar harakatda bo'lganligi sababli tok hosil bo'ladi. Tok ma'lum bo'lsa, $\vec{j}$ tok zichligi aniq bo'lib, tok oqimini topish mumkin, ya'ni

$$\oint \vec{j} d\vec{S} = \Phi_j = \frac{\partial e_V}{\partial t}, \quad (2)$$

bu yerda Φ_j - tok oqimi. Ushbu hajmdan tok oqib chiqayotgan bo'lsa, $\Phi_j > 0$ bo'lib, $e_V \downarrow$ deb, agar tok oqib kirayotgan bo'lsa, $\Phi_j < 0$ bo'lib, $e_V \uparrow$ deb belgilanadi. Xuddi shunday

ushbu hajmga zaryadlar kirsak, $\frac{\partial e_V}{\partial t} > 0$ bo'lib, $e_V \uparrow$ deb, agar zaryadlar chiqsa,

$$\frac{\partial e_V}{\partial t} < 0 \text{ bo'lib, } e_V \downarrow \text{ deb belgilanadi.}$$

Shunday qilib, ajratib olingan hajm ichidagi zaryadlar o'zgarishi tok oqimi va zaryadlarning vaqt bo'yicha o'zgarishi bilan aniqlanadi. Faqat ularning yo'nalishi teskari alomat bilan tenglashtiriladi. Yuza integralini hajm integrali bilan almashtirishsak quyidagini yozish mumkin.

$$\frac{\partial e_V}{\partial t} = \oint \vec{j} d\vec{S} = \int \operatorname{div} \vec{j} dV. \quad (3)$$

(3) tenglikni (1) ifodani hisobga olgan holda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \rho dV = - \int \operatorname{div} \vec{j} dV$$

yoki

$$\int \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{j} \right) dV = 0. \quad (4)$$

(4) ifodadan quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{j} = 0. \quad (5)$$

(5) tenglamaga uzluksizlik tenglamasi yoki zaryadlarning saqlanish qonuni deyiladi.

Uzluksizlik tenglamasini kovariant ko'rinishini olish uchun $\operatorname{div} \vec{j}$ ni ochib yozamiz, ya'ni

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial j_x}{\partial x} + \frac{\partial j_y}{\partial y} + \frac{\partial j_z}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} \frac{c}{c} + \frac{\partial j_x}{\partial ix} + \frac{\partial j_y}{\partial iy} + \frac{\partial j_z}{\partial iz} = 0, \\ \frac{\partial j_0}{\partial x_0} + \frac{\partial j_1}{\partial x_1} + \frac{\partial j_2}{\partial x_2} + \frac{\partial j_3}{\partial x_3} = 0 \text{ yoki } \frac{\partial j_i}{\partial x_i} = 0, \end{aligned} \quad (6)$$

buyurda $j_0 = c\rho$, $ct = x_0$, $j_1 = ij_x$, $x_1 = ix$, $j_2 = ij_y$, $x_2 = iy$ va $j_3 = iz$, $x_3 = iz$.

(6) ifodaga uzluksizlik tenglamasining kovariant ko'rinishi deyiladi.

Bu yerda quyidagini qarab chiqaylik, ya'ni

$$\begin{aligned} j'_i &= \alpha_{ik} \rho_k, \quad x'_i = \alpha_{ik} x_k. \\ \frac{\partial j'_i}{\partial x'_i} &= \frac{\alpha_{ik} \partial \rho_k}{\alpha_{ik} \partial x_k} \text{ yoki } \frac{\partial j'_i}{\partial x'_i} = \frac{\partial \rho_k}{\partial x_k}. \end{aligned}$$

Demak, zaryadlarning saqlanish qonuni ham kuzatuvchilar uchun bir xil bo'larekan.

Misol tariqasida $\sum \frac{e}{c} \int A_i dx_i$ ni qaraylik. U zaryad joylashgan nuqtada noldan farqli bo'lib, zaryad

yo'q joyda nolga teng bo'ladi. Demak uzlukli funksiyadan iborat bo'lar ekan. Endi faraz qilaylikki, nuqtaviy zarra harakatda bo'lsin. Bunda Eynshteyn nazariyasiga ko'ra, uzunlik qisqaradi. Natijada jismning hajmi o'zgaradi. Demak, qandaydir kuch ta'sir etmoqda (deformasiya bo'lishi mumkin). Ma'lumki, har bir zarra hajmga ega. Endi faraz qilaylikki, zarralar taqsimoti uzlukli bo'lsin. Zaryad zichligi koordinatalar funksiyasi bo'ladi, ya'ni

$$\rho = \rho(x, y, z).$$

Endi tubandagi to'rt o'lchovli vektorni ko'rib chiqaylik:

$$j_i = \rho \frac{dx_i}{dt}, \quad (i = 0, 1, 2, 3). \quad (1)$$

Bu yerda X_i -to'rt o'lchovli vektorning komponentalari, ya'ni

$$x_i = (ct, ix, iy, iz). \quad (2)$$

(1) ifodani (2) ni hisobgaolgan holda yozaylik:

$$\left. \begin{aligned} j_0 &= \rho \frac{dx_0}{dt} = \rho c, \\ j_1 &= \rho \frac{dx_1}{dt} = i\rho \frac{dx}{dt} = i\rho v_x, \\ j_2 &= \rho \frac{dx_2}{dt} = i\rho \frac{dy}{dt} = i\rho v_y, \\ j_3 &= \rho \frac{dx_3}{dt} = i\rho \frac{dz}{dt} = i\rho v_z. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Demak, to'rt o'lchovli tok zichligi vektorining komponentalarini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$j_i = (\rho c, i\rho v_x, i\rho v_y, i\rho v_z) = (\rho c, i\rho \vec{v})$$

Yoki $j_i = (\rho c, i\vec{j}).$

Tok zichligini Lorens almashtirishidan foydalanib, quyidagiko'rinishdayozamiz:

$$j_i = \alpha_{ik} j_k, \quad (4)$$

Buyerda α_{ik} -Lorens almashtirishmatrisa bo'lib, formula asosida aniqlanadi. Demak,

α_{ik} ma'lum, Lorens almashtirishini o'tkazsak quyidagini hosil qilamiz:

$$j'_0 = \rho' c = \alpha_{ik} j_k = \alpha_{00} j_0 + \alpha_{01} j_1 + \alpha_{02} j_2 + \alpha_{03} j_3 =$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} \rho c + \frac{i\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} ij_x = \frac{\rho c}{\sqrt{1-\beta^2}} - \frac{(v/c)j_x}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

buyurda $\alpha_{02} = 0$ va $\alpha_{03} = 0$.

$$\rho' = \frac{\rho - v/c^2 j_x}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (5)$$

(5) ifoda kabi quyidagilarni hosil qilish mumkin:

$$j'_x = \frac{j_x - v/c^2 \rho}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad j'_y = j_y, \quad j'_z = j_z. \quad (6)$$

Endito'rto'lchovlivektororqalita'sirintergilani quyidagichayozishmumkin:

$$\begin{aligned} S &= -\sum m_0 c \int dS - \sum \frac{e}{c} \int A_i dx_i - \frac{1}{16\pi c} \int F_{ik} F_{ik} d\Omega = \\ &= -\sum m_0 c \int dS - \frac{1}{c^2} \int A_i j_i d\Omega - \frac{1}{16\pi c^2} \int F_{ik} F_{ik} d\Omega' \end{aligned}$$

buyerda

$$\sum_c \frac{e}{c} \int A_i dx_i = \frac{1}{c} \int \rho A_i dx_i dV = \frac{1}{c^2} \int \rho \frac{dx_i}{dt} A_i dV d(ct) = \frac{1}{c^2} \int j_i A_i d\Omega.$$

Ma'lumki, elektr va magnit maydon kuchlanganliklari maydonning skalyar va vektor potensiallari orqali quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} - \text{grad} \varphi, \quad (1)$$

$$\vec{H} = \text{rot} \vec{A}. \quad (2)$$

(2) ifodadan divergensiya olamiz, ya'ni

$$\text{div} \vec{H} = \text{div} \text{rot} \vec{A}.$$

$\text{div} \text{rot} \vec{A} = 0$ ekanligini hisobga olib, quyidagi tenglamaga ega bo'lamiz:

$$\text{div} \vec{H} = 0. \quad (3)$$

Endi (1) ifodadan rotor olamiz, ya'ni

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \text{rot} \vec{A} - \text{rot} \text{grad} \varphi.$$

Ushbu ifodada (2) niva $\text{rot} \text{grad} \varphi = 0$ ekanligini hisobga olib, quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}. \quad (4)$$

(3) va (4) tenglamalarga Maksvell tenglamalarining birinchi jufti deyiladi. Bu tenglamalar elektromagnit maydonni to'la xarakterlay olmaydi. Chunki $\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$, $\vec{E}$ ni aniqlangani bilan (3)

tenglamadan uning o'ng tomonini olgach, (3) va (4)

tenglamalar chiziqli va birinchi tartibli differensial tenglamalar hisoblanadi.

Ushbu tenglamalarning fizik ma'nosi aniqlash uchun ularni integral ko'rinishda yozib chiqamiz.

(3) tenglamaning fizik ma'nosi

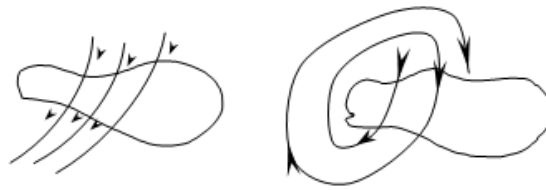
(3) ning fizik ma'nosi ichi qarish uchun uni dV elementar hajm bo'yicha integrallaymiz, ya'ni

$$\text{div} \vec{H} dV = \oint \vec{H} d\vec{S}.$$

Ostrogradskiy-Gauss teoremasiga ko'ra quyidagini yozish mumkin:

$$\oint \vec{H} d\vec{S} = 0. \quad (3')$$

Ushbuni maydon kuch chiziqlari orqali tasvirlaylik (2.1-rasm).



2.1-rasm

Yopiq yuza bo'yicha maydon kuch chiziqlar oqimini qarasak: yuzaga qancha kuch chiziqlar kirsak, shuncha kuch chiziqlar chiqadi.

1. Magnitmaydonkuchchiziqlariuzluksizbo'ladi (2.1. a,b-rasm);
2. Oqim nolga teng bo'lishi uchun u cheksizlikdan kelib, cheksizlikkaketishkerak, ya'niyopiqchiziqlarbo'lishikerak(2.3 b-rasm).

Demak (3') danko'rinadiki, magnitmaydonkuchchiziqlariningmanbaiyo'q (magnitmaydoniningtasviridir).Shundayqilibaytishmumkinki, magnitzaryadlaritabiatdayo'q.Buni (3) ifodatasdiqlaydi.

(4) tenglamaningfizikma'nosi

(4) tenglamaningfizikma'nosinichiqarishuchun (4) ifodadan $\oint \vec{E} d\vec{S}$ yuzabo'yicha integral olamiz, ya'ni

$$\oint \text{rot} \vec{E} d\vec{S} = -\frac{1}{c} \int \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} d\vec{S}.$$

UshbuifodagaStoksteoremasiniqo'llab, quyidaginihosilqilamiz:

$$\oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{H} d\vec{S}. \quad (4')$$

Vektorningkontrbo'yichainegraliserkulyasiyayokielektryurituvchikuch (E.Yu.K) deyiladi, ya'ni

$$E_{\text{EyuK}} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \Phi_H}{\partial t},$$

Bu yerda $\int \vec{H} d\vec{S} = \Phi_H$ -magnit maydon oqimi. Bunda “-” ishora asosiy maydonga qarshilik ko'rsatadigan ma'noni bildiradi.

Now the divergence theorem allows us to write this as:

$$\int_V (\nabla \cdot \mathbf{E} - 4\pi\rho) d^3x = 0 \quad (1.12)$$

for an arbitrary volume V . We can, in the usual way, put the integrand equal to zero to obtain

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = 4\pi\rho \quad (1.13)$$

which is the differential form of Gauss's law of electrostatics. This equation can itself be used to solve problems in electrostatics. However, it is often simpler to deal with scalar rather than vector functions of position, and then to derive the vector quantities at the end if necessary (see below).

This follows directly, of course, from definition (1.16). If the path is closed, the line integral is zero,

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0 \quad (1.21)$$

a result that can also be obtained directly from Coulomb's law. Then application of Stokes's theorem [if $\mathbf{A}(\mathbf{x})$ is a vector field, S is an open surface, and C is the closed curve bounding S ,

$$\oint_C \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l} = \int_S (\nabla \times \mathbf{A}) \cdot \mathbf{n} da$$

where $d\mathbf{l}$ is a line element of C , $\mathbf{n}$ is the normal to S , and the path C is traversed in a right-hand screw sense relative to $\mathbf{n}$] leads immediately back to $\nabla \times \mathbf{E} = 0$.

Nazorat savollari

1. Zaryad va zaryad zichliklari nima?
2. Ostragradskiy-Gauss teoremasi nima?
3. Elektr maydon kuchlanganligi nima?
4. Tok kuchi va tok zichligi nima?
5. Tok qonunining integral va differensial ko'rinishi qanday?
6. Elektromagnit induksiya qonunining integral va differensial ko'rinishi qanday?
7. Maksvell tenglamalari nima?

4-mavzu: Elektromagnit maydon potentsiallari. Kalibrli invariantliklik.

Reja:

1. Chegaraviy shartlar.
2. Maksvell Tenglamalarining to'liq sistemasi
3. Elektromagnit maydon potentsiallari va ular uchun Dalamber, Puasson va Laplas tenglamalari

Tayanch so'z va iboralar: Elektromagnit maydon, elektr maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, Magnit maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, rotor, gradient, Chegaraviy shartlar.

Makroskopik elektrodinamikaning asosiy tenglamalari Maksvell tenglamalarining integral ko'rinishi umuman olganda muhitning xossalari aniqlovchi kattaliklar, ρ , μ koordinataning funksiyasi bo'lgan ixtiyoriy hol uchun ham o'rinli bo'ladi. Bu tenglamalarning differensial ko'rinishi to'g'risida bunday deb bo'lmaydi. Turli xossalarga ega bo'lgan ikki muhit chegarasida, ρ , μ lar sakrab o'zgarganligi sababli tenglamalarning differensial ko'rinishida ishtirok etayotgan D, E, B va H larning koordinata bo'yicha hosilalari chegara nuqtalarida aniqlanmagan bo'ladi. Bunday hollarda asosiy tenglamalar ma'noga ega bo'lishi uchun ular qo'shimcha chegaraviy shartlar bilan to'ldirilishi kerak. Chegaraviy shartlarni aniqlash uchun tenglamalarning integral ko'rinishidan foydalanamiz.

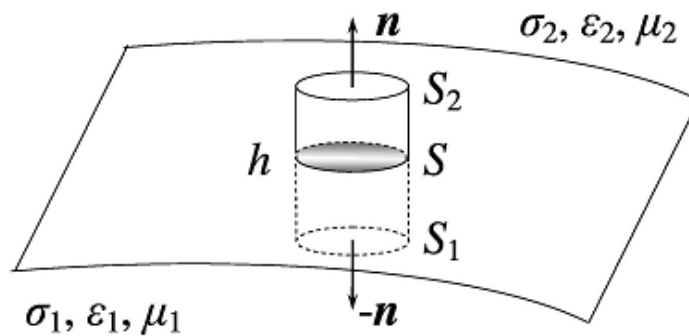
1. Magnit induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart. Magnit induksiya vektorining ikki muhitni chegaralovchi sirtga normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shartni aniqlashda ushbu tenglamadan foydalanamiz:

$$\oint \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0.$$

Bu yerda integrallash sirti sifatida bir qismi birinchi muhitda, boshqa qismi ikkinchi muhitda joylashgan cheksiz kichik silindrik sirtni tanlanadi (3.1-rasm).

Ikkinchi muhitda silindr asosiga o'tkazilgan normalning yo'nalishini musbat deb qabul qilamiz. Shu silindrning sirti bo'yicha magnit induksiya oqimini hisoblaymiz:

$$\oint \mathbf{B} d\mathbf{S} = B_{2n}S_2 - B_{1n}S_1 + \overline{BL}h = 0.$$



Bu yerda silindr cheksiz kichik bo'lganligi uchun integrallash sohasida B ni o'zgaras, ya'ni silindrning yuqori asosi S_2 da B_2n , pastki asosi S_1 da B_1n deb olindi. B magnit induksiya vektorining silindr yon sirtiga normal tashkil etuvchisining o'rtacha qiymati.

h silindr balandligi, L silindr ko'ndalang kesimining perimetri. h ni nolga, ya'ni S_2 ni ikkinchi muhit tomonidan va S_1 ni esa birinchi muhit tomonidan S ga intiltiramiz (S chegara sirt bilan silindrni kesganda hosil bo'lgan kesim yuzasi). Bunda yon sirt bo'yicha oqim nolga intilganligi uchun ushbu ifodadan quyidagi shart kelib chiqadi:

$$B_2n - B_1n = 0.$$

Ko'ramizki, magnit induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi ikki muhit chegarasida uzluksiz ekan. Shu vaqtda muhitning xossalari aniqlovchi kattaliklar sakrab o'zgaradi.

2. Elektr induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart. Elektr induksiya vektorining ikki muhitni chegaralovchi sirtga normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shartni aniqlashda ushbu tenglamadan foydalanamiz:

$$\oint \mathbf{D} d\mathbf{S} = 4\pi \int \rho dV.$$

Bu tenglama (9.56) dan chap tomoni bilan farq qiladi. Integrallash sirti oldingi holdagi kabi tanlab quyidgini hosil qilamiz:

$$\oint \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0.$$

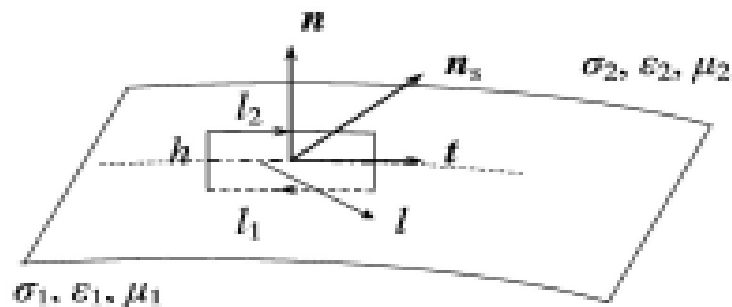
Bu yerda $\oint \mathbf{B} d\mathbf{S}$ – silindr hajmidagi zaryad. Yuqoridagi kabi h ni nolga intiltirsak silindr yon sirti bo'yicha oqim nolga teng bo'ladi. (9.60)tenglamaning o'ng tomoni ham nolga teng bo'ladi. Agar sirt zaryadlari deb ataluvchi zaryadlarni hisobga olsak bu had nolga teng bo'lmaydi.

Chunki sirt zaryadlari hajmga aloqasi bo'lmisdan, holda ham mavjud bo'ladi. Bunday zaryadlarning sirt zichligini (birlik yuzaga to'g'ri kelgan zaryad miqdori) deb belgilasak, quyidagi ko'rinishni oladi:

$$D_{2n}S_2 - D_{1n}S_1 + \overline{DL}h = 4\pi\rho Sh.$$

Shunday qilib, elektr induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi ikki muhit cherasidan o'tishda sirt zaryadlari mavjud bo'lgan holda uzilishga ega bo'ladi, ya'ni sakrab o'zgaradi. Uzilish kattaligi $4\pi\rho$ ga teng. Sirt zaryadlari bo'lmasa D_n uzluksiz bo'ladi.

3. Elektr maydon kuchlanganli vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy hart. Bu sahrtni olish uchun tengalamadan foydalanamiz:



Integrallash konturining bir qismi birinchi muhitda, boshqa qismi ikkinchi muhitda joylashgan cheksiz kichik to'rt burchak shaklida tanlaymiz.

Konturning ikkinchi muhitdagi qismining yo'nalishini musbat deb qabul qilamiz.

rasmda n ko'rilayotgan chegara nuqtasida sirtga o'ntkazilgan normalning, t shu nuqtada urinmaning va n_s sirt tokining yo'nalishlarini aniqlaydigan vektorlar.) Sirt bo'yicha integral esa berk kontur tortib turgan sirt bo'yicha olinadi. Berk kontur bo'yicha integralni uning qismlari bo'yicha integrallarga ajratamiz va o'rniga quyidagini yozamiz:

Bu yerda h bilan berk konturning l_1 va l_2 bo'laklarining uchlarini birlashtiruvchi kontur qismlari belgilangan, $(dB/dt)n_s$ kontur tortib turgan sirtga o'tkazilgan normal n_s ga $@B/@t$ ning proeksiyasining o'rtacha qiymati.

h ni nolga intiltirsak, l_2 ikkinchi muhit tomondan l_1 esa birinchi muhit tomondan chegara sirtga yotuvchi l ga intiladi. Bunda kontur tortib turgan sirt yuzasi nolga intiladi. Natijada, elektr maydon sirkulyatsiyasining h ga tegishli qismining chap tomondagi uchinchi had) va sirt bo'yicha integral nolga intiladi. Shunday qilib,

$$E_{2t} - E_{1t} = 0$$

Ko'ramizki, elektr maydon kuchlanganligining tangensial tashkil etuvchisi ikki muhit chegarasida uzluksiz ekan. Bu natijani olishda $(d\mathbf{B}/dt)_n$ chekli qiymatlarni qabul qiladi deb faraz qildik. Bunday faraz deyarli barcha real sharoitlarda o'rinli bo'ladi.

5. Magnit maydon kuchlanganligi vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart. Bu shartni olish uchun tenglamadan foydalanamiz:

Bu tenglama o'ng tomonidagi birinchi had dan farq qiladi. Integrallash konturini oldingi holdagi kabi tanlab quyidagini yozamiz:

Ikki holni bir-biridan farqlaymiz:

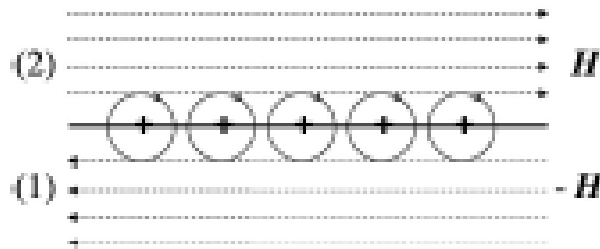
a) chegara sirtida o'tkazuvchanlik toki yo'q bo'lsin. Bu holda ishtirok etgan hamma hadlar nolga intiladi va natijada quyidagi ifoda hosil bo'ladi:

$$H_{2t} - H_{1t} = 0.$$

Demak, ikki muhit chegarasidan o'tishda magnit maydon kuchlanganligining tangensial tashkil etuvchisi uzluksiz ekan.

b) chegara sirtida o'tkazuvchanlik toki mavjud bo'lsin. Bu holda tok kuchi integrallash sirtiga bog'liq bo'lmaydi va $h \neq 0$ da chekli qiymatga intiladi:

Bu yerda is chegara sirtidan n yo'nalishda oqayotgan tokning chiziqli zichligi, ya'ni tokining yo'nalishiga perpendikulyar (1) yo'nalishda sirtida yotgan chiziqning birlik uzunligiga to'g'ri kelgan tok. $(d\mathbf{D}/dt)_n$ chekli deb hisoblasak ning o'ng tomonidagi ikkinchi had h da nolga intiladi. Natijada shart bu holda quyidagi ko'rinishni oladi:



Shunday qilib, magnit maydon kuchlanganligining tangensial tashkil etuvchisi ikki muhit cherasidan o'tishda sirt toki mavjud bo'lgan holda uzilishga ega bo'ladi. Uzilish kattaligi sirt tokining chiziqli zichligi i_s bilan aniqlanadi. Olingan natijani vektor ko'rinishda yozamiz Sirt toklari mavjud bo'lganda magnit maydon kuchlanganligining sakrab o'zgarishini yassi tok misolida yaqqol ko'rish mumkin. Plastinkadan oqayotgan yassi tok rasm tekisligiga nisbatan ichkariga qarab yo'nalgan bo'lsin (9.3-rasm). Shu tok hosil qilayotgan magnit maydonning

kattaligi yuqorida va pastda bir xil va bir jinsli bo‘lib, yo‘nalishi jihatdan qarama–qarshi bo‘ladi. Ya’ni maydon plastinkadan o‘tishda sakrab o‘zgaradi. Uzilish Makroskopik elektrodinamikaning to‘rtta asosiy tenglamasiga mos keluvchi to‘rtta chegaraviy shartlarni hosil qildik.

E uchun chegaraviy shartlarni yuqoridagi to‘rtta asosiy chegaraviy shartlar va bog‘lanish tenglamalari yordamida hosil qilish mumkin.

Masalan, E_n uchun chegaraviy shartni bog‘lanish tenglamasi shart yordamida aniqlaymiz:

Shunga o‘xshash qolgan kattaliklar uchun ham chegaraviy shartlarni hosil qilish mumkin.

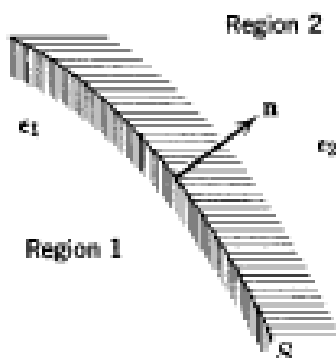


Fig. 4.4

factor $1/\epsilon$. The reduction can be understood in terms of a polarization of the atoms which produce fields in opposition to that of the given charge. One immediate consequence is that the capacitance of a capacitor is increased by a factor of ϵ if the empty space between the electrodes is filled with a dielectric with dielectric constant ϵ (true only to the extent that fringing fields can be neglected).

An important consideration is the boundary conditions on the field quantities $\mathbf{E}$ and $\mathbf{D}$ at surfaces where the dielectric properties vary discontinuously. Consider a surface S as shown in Fig. 4.4. The unit vector $\mathbf{n}$ is normal to the surface and points from region 1 with dielectric constant ϵ_1 to region 2 with dielectric constant ϵ_2 . In exactly the same manner as in Section 1.6 we find, by taking a Gaussian pill box with end faces in regions 1 and 2 parallel to the surface S , that

$$(\mathbf{D}_2 - \mathbf{D}_1) \cdot \mathbf{n} = 4\pi\sigma \quad (4.45)$$

where σ is the surface-charge density (*not* including polarization charge). Similarly, by applying Stokes's theorem to $\nabla \times \mathbf{E} = 0$, we find that

$$(\mathbf{E}_1 - \mathbf{E}_2) \times \mathbf{n} = 0 \quad (4.46)$$

These boundary conditions on the normal component of $\mathbf{D}$ and the tangential component of $\mathbf{E}$ replace the microscopic conditions (1.22) and below. The macroscopic equivalent of (1.22) can be recovered from (4.45) by extracting the polarization-charge density from the left-hand side.

1. Skalyar potensial nima?
2. Vektor potensial nima?
3. Kalibrlik invariantlik nima?

5-ma'ruza: Elektromagnit maydon energiyasi, zichligi va energiyasi oqimining zichligi.

Energiyaning saqlanish qonuni.

Reja:

1. Energiya zichligi va oqimi. Umov-Poynting vektori.
2. Elektromagnit maydon impulse va impuls momentining saqlanish qonunlari.
3. Yorug'lik bosimi. Elektromagnit massa.

Tayanch so'z va iboralar: Elektromagnit maydon energiya oqimi va zichligi, Umov-Poynting vektori. Elektromagnit maydon impulse, impuls momentining saqlanish qonunlari, yorug'lik bosimi, elektromagnit massa.

Elektromagnit maydon energiya zichligi va oqimini topish uchun Maksvell tenglamalaridan foydalanamiz, ya'ni

$$\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\text{rot} \vec{E}, \quad \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \text{rot} \vec{H} - \frac{4\pi}{c} \vec{j}.$$

Birinchii tenglamani $\vec{H}$ ga ikkinchi tenglamani $\vec{E}$ ga ko'paytirib, o'zaro mos tomonlarini qo'shib quyidagini olamiz:

$$\frac{\vec{H}}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} + \frac{\vec{E}}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = -\frac{4\pi}{c} \vec{j} \vec{E} - [\vec{H} \text{rot} \vec{E} - \vec{E} \text{rot} \vec{H}]. \quad (1)$$

(1) ifodadagi o'rtacha vektor taxlil formulasini qo'llab quyidagini xosil qilamiz:

$$\frac{1}{2c} \frac{\partial}{\partial t} (\vec{E}^2 + \vec{H}^2) + \frac{4\pi}{c} \vec{j} \vec{E} = -\text{div} [\vec{E} \vec{H}]. \quad (2)$$

$$\text{Boshqatmondan } \vec{j} \vec{E} = \rho \vec{v} \vec{E} = \sum e \vec{v} \vec{E}. \quad (*)$$

Ma'lumki, zarraning to'la energiyasi quyidagicha topiladi:

$$E = \frac{m^0 c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}.$$

Kinetikenergiyaesa,

$$E_k = E - m_0 c^2.$$

Ushbuifodaningvaqtbo'yichahosilasiquyidagichabo'ladi:

$$\frac{dE_k}{dt} = \frac{dE}{dt} = \vec{v} \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{v}(e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{v}\vec{H}]) = e\vec{v}\vec{E}, \quad (**)$$

Bu yerda $e\vec{E} + \frac{e}{c}[\vec{v}\vec{H}] = \frac{d\vec{P}}{dt}$ — zaryadli zarra tashqi elektromagnit maydonda harakatlanganda

ta'sir etuvchi Lorens kuchi. (*) va (**) ifodalarni birgalikda yechib quyidagini hosil qilamiz:

$$e\vec{v}\vec{E} = \vec{j}\vec{E} = \frac{dE_k}{dt}, \quad \vec{j}\vec{E} = \sum \frac{dE_k}{dt} = \frac{d}{dt}(\sum E_k). \quad (***)$$

(2) ifodani $\frac{c}{4\pi}$ ga ko'paytirib (***)ni xisobga olsak, quyidagi ko'rinishdagi tenglamani xosil

qilamiz:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi} \right) + \frac{d}{dt}(\sum E_k) = -\text{div}\vec{S}, \quad (3)$$

buyurda $\vec{S} = \frac{c}{4\pi}[\vec{E}\vec{H}]$ — energiyaoqimimizichligi.

(2) ifodaniixtiyoriyxajmbo'yichaintegrallabquyidaginihosilqilamiz:

$$\frac{d}{dt} \left(\int \frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi} + \sum E_k \right) dV = - \int \text{div}\vec{S} dV$$

UshbuifodagaOstrogradskiy-Gaussteoremasiniqo'llabquyidaginixosilqilamiz:

$$\frac{d}{dt} \int \left(\frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi} + \sum E_k \right) dV = -c \oint \frac{[\vec{E}\vec{H}]}{4\pi} d\vec{S}. \quad (4)$$

Agar

integrallashnixammasoxabo'yichaolsak $d\vec{S} = 0$ bo'lib, (4) tenglamadanquyidaginixosilqilamiz:

$$\frac{d}{dt} \int \left(\frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi} + \sum E_k \right) dV = 0$$

yoki

$$\int \left(\frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi} + \sum E_k \right) dV = \text{const}.$$

Demak, ushbu kattalik butun fazo bo'yicha saqlanadi.

$$\int \sum E_k dV = E - \text{zarraning xususiy energiyasi.}$$

$$\int \frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi} dV = u - \text{elektromagnitmaydonning xususiy to'la energiyasi. } u + E \text{ buto'la energiya}$$

aniqlanishini ifodalaydi.

$$W = \frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi} - \text{elektromagnitmaydonning energiya zichligi deyiladi.}$$

Agar integrallash sohasi chegaralangan bo'lsa,

$$\int \frac{c[\vec{E}\vec{H}]}{4\pi} d\vec{S} \neq 0 \text{ yoki } \int S d\vec{S} \neq 0,$$

Bu yerda S ga energiya oqimi zichligi yoki Umov-Poynting vektori deyiladi. Bu birlik vaqt ichida birlik yuzadan o'tayotgan energiyani ifodalaydi.

6.8 Poynting's Theorem

The forms of the laws of conservation of energy and momentum are important results to establish for the electromagnetic field. We begin by considering conservation of energy, often called *Poynting's theorem* (1884). For a single charge q the rate of doing work by external electromagnetic fields $\mathbf{E}$ and $\mathbf{B}$ is $q\mathbf{v} \cdot \mathbf{E}$, where $\mathbf{v}$ is the velocity of the charge. The magnetic field does no work, since the magnetic force is perpendicular to the velocity. If there exists a continuous distribution of charge and current, the total rate of doing work by the fields in a finite volume V is

$$\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x \quad (6.77)$$

This power represents a conversion of electromagnetic energy into mechanical or thermal energy. It must be balanced by a corresponding rate of decrease of energy in the electromagnetic field within the volume V . In order to exhibit this conservation law explicitly, we will use Maxwell's equations to express (6.77) in other terms. Thus we use the Ampère-Maxwell law to eliminate $\mathbf{J}$:

$$\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x = \frac{1}{4\pi} \int_V \left[c\mathbf{E} \cdot (\nabla \times \mathbf{H}) - \mathbf{E} \cdot \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right] d^3x \quad (6.78)$$

If we now employ the vector identity,

$$\nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) = \mathbf{H} \cdot (\nabla \times \mathbf{E}) - \mathbf{E} \cdot (\nabla \times \mathbf{H})$$

and use Faraday's law, the right side of (6.78) becomes

$$\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x = \frac{-1}{4\pi} \int_V \left[c\nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) + \mathbf{E} \cdot \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{H} \cdot \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right] d^3x \quad (6.79)$$

To proceed further we must make two assumptions. The first one is not fundamental, and is made for simplicity only. We assume that the macroscopic medium involved is *linear* in its electric and magnetic properties. Then the two time derivatives in (6.79) can be interpreted, according to equations (4.92) and (6.16), as the time derivatives of the electrostatic and magnetic energy densities. We now make our second assumption, namely, that the sum of (4.92) and (6.16) represents the total electromagnetic energy, even for time-varying fields. Then if the total energy density is denoted by

$$u = \frac{1}{8\pi} (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) \quad (6.80)$$

(6.79) can be written

$$-\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x = \int_V \left[\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{c}{4\pi} \nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \right] d^3x \quad (6.81)$$

Since the volume V is arbitrary, this can be cast into the form of a differential continuity equation or conservation law,

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = -\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} \quad (6.82)$$

The vector $\mathbf{S}$, representing energy flow, is called *Poynting's vector*. It is given by

$$\mathbf{S} = \frac{c}{4\pi} (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \quad (6.83)$$

and has the dimensions of (energy/area $\times$ time). Since only its divergence appears in the conservation law, Poynting's vector is arbitrary to the extent that the curl of any vector field can be added to it. Such an added term can, however, have no physical consequences. Hence it is customary to make the specific choice (6.83).

The physical meaning of the integral or differential form (6.81) or (6.82) is that the time rate of change of electromagnetic energy within a certain volume, plus the energy flowing out through the boundary surfaces of the volume per unit time, is equal to the negative of the total work done by the fields on the sources within the volume. This is the statement of conservation of energy. If nonlinear effects, such as hysteresis in ferromagnetic materials, are envisioned, the simple law (6.82) is no longer valid, but must be supplemented by terms giving the hysteresis power loss.

Nazorat savollari

1. Energiya zichligi va oqimi nima?
2. Umov-Poynting vektori nima?
3. Elektromagnit maydon impulse va impuls momentining saqlanish qonunlari qanday?
4. Yorug'lik bosimi nima?

6-ma'ruza: Zaryadlar sistemasining uzoq masofalardagi maydoni. Kvadrupol moment.

Reja:

1. Zaryadlar sistemasining uzoq masofalardagi maydoni.
2. Kvadrupol moment.
3. Elektrostatik maydonda dielektriklar. Qutblanish vektori.

Tayanch so'z va iboralar: Elektromagnit maydon, elektr maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, elektr maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, rotor, gradient, Chegaraviy shartalar.

Kulon qonuni zarralar uchun o'rinalidir. Elektrostatik maydonning asosiy tenglamasi quyidagicha:

$$\operatorname{div} \vec{E} = 4\pi\rho(x, y, z), \quad (1)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0. \quad (2)$$

Boshqa tomonidan

$$\vec{E} = -\operatorname{grad}\varphi \quad (*)$$

(1) va (*) ifodalardan quyidagini hosilqilamiz: $\operatorname{div} \operatorname{grad}\varphi = -4\pi\rho$

Yoki $\Delta\varphi = -4\pi\rho$,

buyurda $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ -Laplasoperatori.

Ushbu tenglamaga Puasson tenglamasi deyiladi.

Demak, elektrostatik maydon Laplas tenglamasini qanoatlantiradi. Boshqa tomondan ρ zaryad zichligi ma'lum bo'lsa, φ potensialni toppish mumkin. Agar φ ma'lum bo'lsa, (*) ifoda asosida $\vec{E}$ ni hisoblash mumkin, ya'ni

$$\vec{E} = -\operatorname{grad}\varphi = -\frac{d\varphi}{d\vec{r}}. \quad (3)$$

Ushbu masala elektrodinamikaning to'g'ri masalasi hisoblanadi. (3) tenglikdan quyidagini olamiz:

$$d\varphi = -\vec{E}d\vec{r}. \quad (4)$$

Ikki nuqta orasidagi potentsiallar ayirmasini toppish uchun (4) ifodani $[P_0, P]$ oralig'ida integrallaymiz, ya'ni

$$\int_{P_0}^P d\varphi = - \int_{P_0}^P \vec{E} d\vec{r}$$

yoki

$$\varphi_P - \varphi_{P_0} = - \int_{P_0}^P \vec{E} d\vec{r}. \quad (5)$$

Odatdapotensialcheksizlikkanisbatano'lchanadivacheksizlikdagipotensialnolgateng deb qabulqilingan. Shungako'ra $P_0 \rightarrow \infty$ va $\varphi_{P_0} \rightarrow 0$. Shuninguchun (5)

ifodani quyidagichayozish mumkin:

$$\varphi_P = - \int_{P_0}^P \vec{E} d\vec{r}. \quad (6)$$

Ushbu ifodadan ikki martahosila olsak quyidagi tenglamaga kelamiz:

$$\Delta\varphi = 4\pi\rho. \quad (7)$$

(7) ifodadan ρ nianiqlash mumkin. (1) ifodani integral ko'rinishdayozsak, u quyidagiko'rinishga egabo'ladi:

$$\vec{E} d\vec{S} = 4\pi \int \rho dV = 4\pi e_V, \quad (8)$$

bu yerda e_V -

yopiq yuzabilanchegaralanganyuzadagizaryadmiqdori.

Endi

bittan nuqtaviy tinch zarradan paydobo'lgan maydonni topaylik. Zarr

an nuqtaviy bo'lganligi sabablimaydon radius-vektor bo'yichayo'nalgan bo'lib, hammanuqtalardabir xil bo'ladi. Demakushbu zarradan paydobo'lgan maydon kuchlanganligi radius-vektor bo'yichayo'nalgan bo'ladi (25-

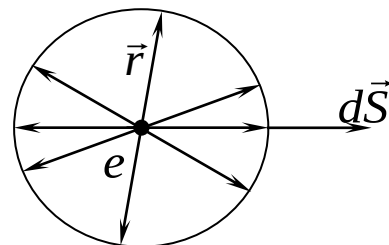
rasm). E ning absolyut qiymati faqat zarragachabo'lgan masofagabog'liq bo'ladi. (7)

ifodadayuzaelementi quyidagigateng bo'ladi:

$$dS = 2\pi r dr d\theta, \quad 0 < \theta < 2\pi.$$

Bu yerdan ko'rinadiki, yopiq yuzabo'yichaintegrallash lozim.

$$\oint E dS = 4\pi e_V$$



yoki

$$E4\pi R^2 = 4\pi e, \quad (9)$$

Sferaning yuzasi $4\pi R^2$ gavauningichidagi zaryad e gateng. (9) ifodadan quyidaginitopamiz:

$$E = \frac{e}{R^2}, \quad \vec{E} = E\vec{n}_R.$$

Demak, elektr maydon kuchlanganligi quyidagiko'rinishga egabo'ladi:

$$\vec{E} = \frac{e}{R^3} \vec{R}.$$

Agar maydondagi birlik zaryadgata'siretuvchi kuchni $\vec{F}$ desak, quyidagi ifodani hosil qilamiz:

$$\vec{F} = e_1 \vec{E} = \frac{e_1 e}{R^3} \vec{R}. \quad (10)$$

(10) ifoda Kulon qonunini ifodasidir. Demak xususiyl holda, zarralar tinch va nuqtaviyl bo'lsa, Kulon qonunio'rinlibo'ladi. Umumiy holda esa bu qonunni quyidagicha yozish mumkin:

$$\text{divgrad} \varphi = -4\pi \rho.$$

1.2 Electric Field

Although the thing that eventually gets measured is a force, it is useful to introduce a concept one step removed from the forces, the concept of an electric field due to some array of charged bodies. At the moment, the electric field can be defined as the force per unit charge acting at a given point. It is a vector function of position, denoted by $\mathbf{E}$. One must be careful in its definition, however. It is not necessarily the force that one would observe by placing one unit of charge on a pith ball and placing it in position. The reason is that one unit of charge (e.g., 100 strokes of cat's fur on an amber rod) may be so large that its presence alters appreciably the field configuration of the array. Consequently one must use a limiting process whereby the ratio of the force on the small test body to the charge on it is measured for smaller and smaller amounts of charge. Experimentally, this ratio and the direction of the force will become constant as the amount of test charge is made smaller and smaller. These limiting values of magnitude and direction define the magnitude and direction of the electric field $\mathbf{E}$ at the point in question. In symbols we may write

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} \quad (1.1)$$

where $\mathbf{F}$ is the force, $\mathbf{E}$ the electric field, and q the charge. In this equation it is assumed that the charge q is located at a point, and the force and the electric field are evaluated at that point.

Coulomb's law can be written down similarly. If $\mathbf{F}$ is the force on a point charge q_1 , located at $\mathbf{x}_1$, due to another point charge q_2 , located at $\mathbf{x}_2$, then Coulomb's law is

$$\mathbf{F} = kq_1q_2 \frac{(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)}{|\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2|^3} \quad (1.2)$$

Note that q_1 and q_2 are algebraic quantities which can be positive or negative. The constant of proportionality k depends on the system of units used.

The electric field at the point $\mathbf{x}$ due to a point charge q_1 at the point $\mathbf{x}_1$ can be obtained directly:

$$\mathbf{E}(\mathbf{x}) = kq_1 \frac{(\mathbf{x} - \mathbf{x}_1)}{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_1|^3} \quad (1.3)$$

as indicated in Fig. 1.1. The constant k is determined by the unit of charge

Nazorat savollari

1. Potensial nima?
2. Kvadraupol moment nima?
3. Zaryad va zaryadlar sistemasining uzoq masofalalardagi potentsiali qanday o'zgaradi?

7-ma'ruza: O'zgaras magnit maydon. Vektor potensial.

Reja:

1. Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalarining to'liq sistemasi. Chegaraviy shartlar.
2. Bir jinsli muhitdagi magnitostatik maydon. Vektor-potensial.
3. Elementar tokning magnit maydoni
4. Magnitostatik maydondagi magnetiklar. Magnitlanish vektori.
5. Doimiy toklarning magnit maydonining energiyasi.

Tayanch so'z va iboralar: Magnit maydon, magnit maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, Magnit maydon induksiya vektori va kuchlanganlik vektori, rotor, gradient, Chegaraviy shartalar.

Elektromagnit maydoni va unga joylashgan zaryadlarning ta'sir integralini bilish uchun $\delta S = 0$ ni bilish kerak. Ma'lumki, maydon to'rt o'lchovli vektor $A_i(\varphi, i\vec{A})$ orqali aniqlanadi. Maydonda zarralar xolati ma'lum xolda ularning xarakati maydonning o'zgartirishini qarab chiqaylik.

$$S = f(A_i), \delta S_A = 0$$

bo'lishi kerak. Boshqa tomondan

$$\delta S_A = - \left[\frac{1}{c^2} \int j_i \delta A_i d\Omega + \frac{1}{16\pi c} \int \delta(F_{ik} F_{ik}) d\Omega \right] \equiv 0 \quad (1)$$

Bu yerda quyidagi o'zgartirishlarni kiritaylik:

$$\delta(F_{ik} F_{ik}) = F_{ik} \delta F_{ik} + F_{ik} \delta F_{ik} = 2 F_{ik} \delta F_{ik},$$

$$F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}, \quad \delta F_{ik} = \frac{\partial \delta A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial \delta A_i}{\partial x_k}.$$

Shularni hisobga olgan holda (1) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{c} \int j_i \delta A_i d\Omega + \frac{1}{8\pi} \left(\frac{\partial \delta A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial \delta A_i}{\partial x_k} \right) F_{ik} d\Omega \equiv 0 \quad (2)$$

(2) ifodaga quyidagi tenglikni kiritamiz:

$$\int \frac{\partial \delta A_k}{\partial x_i} F_{ik} d\Omega = \int \frac{\partial B_k}{\partial x_i} F_{ik} d\Omega \quad (3)$$

Bu yerda $\delta A_k = B_k$, x_i -to'rt o'lchovli radius-vektor. Ma'lumki, oddiy elementar hajm

$$dV = dS_x dx,$$

to'rt o'lchovli vektor uchun esa,

$$d\Omega = d \sum_i dx_i,$$

Bu yerda $d \sum_i$ -giperyuza.

Demak, (3) ifodamizni quyidagicha yozish mumkin:

$$\int \frac{\partial B_k}{\partial x_i} F_{ik} d\Omega = \int \frac{\partial B_k}{\partial x_i} dx_i F_{ik} d \sum_i \quad (4)$$

Ushbu ifodani bo'laklab integrallasak quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\int \frac{\partial \delta A_k}{\partial x_i} F_{ik} d\Omega = \int F_{ik} \delta A_k d \sum_i - \int \delta A_k \frac{\partial F_{ik}}{\partial x_i} d\Omega \quad (5)$$

(5) ifodaning o'ng tomonidagi birinchi had nolga teng bo'ladi. Chunki cheksizlikda maydon nolga teng.

(2), (3) va (5) ifodalardan quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{1}{c} \int j_i \delta A_i d\Omega - \frac{1}{8\pi} \int \left(\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_i} \delta A_k - \frac{\partial F_{ik}}{\partial x_k} \delta A_i \right) d\Omega = 0 \quad (6)$$

i va k lar yig'indi indeksleri bo'lganligi sababli $i \rightarrow k$, $k \rightarrow i$ ga almashtirib quyidagini olamiz:

$$\int \left[\frac{1}{c} j_i - \frac{1}{8\pi} \left(\frac{\partial F_{ki}}{\partial x_k} - \frac{\partial F_{ik}}{\partial x_k} \right) \right] \delta A_i d\Omega = 0 \quad (7)$$

Tenzor xossasidan, ya'ni $F_{ik} = -F_{ki}$ foydalanib (7) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$\int \left(\frac{1}{c} j_i - \frac{1}{4\pi} \frac{\partial F_{ki}}{\partial x_k} \right) \delta A_i d\Omega = 0, \quad \frac{1}{c} j_i = \frac{1}{4\pi} \frac{\partial F_{ki}}{\partial x_k} = 0 \text{ yoki } \frac{\partial F_{ki}}{\partial x_k} = \frac{4\pi}{c} j_i \quad (8)$$

(8) tenglama Maksvell tenglamalarining ikkinchi juftini biri hisoblanib, kovariant ko'rinishda berilishidir. Ushbu tenglamani oddiy ko'rinishda yozib chiqaylik:

$$\mathbf{i} = \mathbf{0}.$$

$$\frac{\partial F_{ko}}{\partial x_k} = \frac{4\pi}{c} j_0 \frac{\partial F_{00}}{\partial x_0} + \frac{\partial F_{10}}{\partial x_1} + \frac{\partial F_{20}}{\partial x_2} + \frac{\partial F_{30}}{\partial x_3} = \frac{4\pi}{c} j_0 \text{ yoki}$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = \frac{4\pi}{c} \rho, \quad \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = 4\pi\rho, \quad \text{div}\vec{E} = 4\pi\rho. \quad (9)$$

$$i = 1. \frac{\partial F_{01}}{\partial x_0} + \frac{\partial F_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial F_{21}}{\partial x_2} + \frac{\partial F_{31}}{\partial x_3} = \frac{4\pi}{c} j_1,$$

$$\text{Buyerda } \frac{\partial F_{11}}{\partial x_1} = 0.$$

$$-\frac{\partial E_x}{\partial t} - \frac{\partial H_z}{\partial y} + \frac{\partial H_y}{\partial z} = \frac{4\pi}{c} i \rho v_x, \quad \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} = \frac{1}{c} \frac{\partial E_x}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} j_x$$

yoki

$$(\text{rot}\vec{H})_x = \frac{1}{c} \frac{\partial E_x}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} j_x \quad (10)$$

Xuddi shunday

$$i = 2. \quad (\text{rot}\vec{H})_y = \frac{1}{c} \frac{\partial E_y}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} j_y, \quad (11)$$

$$i = 3. \quad (\text{rot}\vec{H})_z = \frac{1}{c} \frac{\partial E_z}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} j_z \quad (12)$$

Hosil qilamiz. (10)-(12) tenglamalarni bitta vektor tenglama orqali yozsak quyidagi tenglamani olamiz:

$$\text{rot}\vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{j}. \quad (13)$$

(9) va (13) tenglamalarga Maksvell tenglamalarining ikkinchi jufti deyiladi.

(9) tenglamaning fizik ma'nosi

div zaryadli zarralar manbai hisoblanadi. (9) ifodani ixtiyoriy hajm bo'yicha integrallab uning fizik ma'nosini chiqarish mumkin, ya'ni

$$\int \text{div}\vec{E} dV = 4\pi \int \rho dV.$$

Ushbu tenglamaga Otrogradskiy – Gauss teoremasini qo'llab quyidagini hosil qilamiz:

$$\oint \vec{E} d\vec{S} = 4\pi e_V \quad (9')$$

Shunday qilib, elektrmaydon kuchlanganligi yopiqyuza bo'yicha oqimi 4π va shu yuza bo'yicha chegaralangan hajm zarralarining zaryad miqdoriga ko'paytmasiga teng.

(13) tenglamaning fizik ma'nosi

(13) tenglamada magnit maydon kuch chiziqlari uyurmadan iborat. Birinchidan agar vaqt bo'yicha o'zgaruvchi elektrmaydoni mavjud bo'lsa, magnit maydoni hosil bo'ladi. Ikkinchidan, agarda tok

mavjud bo'lsa, (13) tenglamaning ham fizik ma'nosini chiqarish uchun uni integral ko'rinishda yozamiz, ya'ni ixtiyoriy yuza bo'yicha integrallaymiz

$$\int \text{rot} \vec{H} d\vec{S} = \frac{4\pi}{c} \int \left(\vec{j} + \frac{1}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) d\vec{S}.$$

Ushbu ifodaga Stoks teoremasini qo'llab quyidagini hosil qilamiz:

$$\oint \vec{H} d\vec{l} = \frac{4\pi}{c} \int j_T d\vec{S}, \quad (13'')$$

Buyerda $j_T = \vec{j} + \frac{1}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ -to'la tok zichligi.

Shunday qilib, magnit maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo'yicha sirkulyasiyasi shu kontur

bilan chegaralangan yuza orqali oqayotgan to'la tok oqimining $\frac{4\pi}{c}$ ga ko'paytmasiga teng.

25- va 29-§ larda Maksvell tenglamalarining birinchi va ikkinchi juftlarini keltirib chiqardik. Demak ularning differensial va integral ko'rinishlari quyidagicha ekan:

1. $\text{div} \vec{H} = 0, \quad \oint \vec{H} d\vec{S} = 0.$
2. $\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \quad \oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \int \vec{H} d\vec{S}.$
3. $\text{div} \vec{E} = 4\pi\rho, \quad \oint \vec{E} d\vec{S} = 4\pi e_V.$
4. $\text{rot} \vec{H} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad \oint \vec{H} d\vec{l} = \frac{4\pi}{c} \int \left(\vec{j} + \frac{1}{4\pi} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) d\vec{S}.$

Tenglamalarning:

Birinchisi tabiatda magnit zaryadlarining yo'qligini ifodalaydi.

Ikkinchisi elektromagnit induksiya qonunining umumiy ko'rinishini beradi.

Uchinchisi Kulon qonunini umumiy ko'rinishini ko'rsatadi.

To'rtinchisi esa Bio-Savar-Laplas qonunini umumiy ko'rinishini ifodalaydi.

Ushbu tenglamalarni yechish ikki yo'l bilan olib boriladi:

1. Tok va zaryad zichliklari ma'lum bo'lsa, tenglamalar tizimi to'la tenglamalar tizimi bo'lib, elektromagnit maydon kuchlanganliklarini topish mumkin. Bu masala elektrodinamikaning to'g'ri masalasi deyiladi. ($\vec{j} = \rho \vec{V}$ ma'lum bo'lsa, $\vec{E}$ va $\vec{H}$ larni topish mumkin).

2. Elektromagnitmaydonima'lumbo'lsa,

tokvazaryadzichliklariniMaksvell tenglamalarigaasosantopishmumkin. Ushbu masala elektrodinamikaning teskari masalasi deyiladi.

Yuqorida ko'rsatilgan elektrodinamikaning to'rtta asosiy tenglamasi elektrodinamikaning mikroskopik tenglamalari hisoblanadi.

5.1 Introduction and Definitions

In the preceding chapters various aspects of electrostatics (i.e., the fields and interactions of stationary charges and boundaries) have been studied. We now turn to steady-state magnetic phenomena. From an historical point of view, magnetic phenomena have been known and studied for at least as long as electric phenomena. Lodestones were known in ancient times; the mariner's compass is a very old invention; Gilbert's researches on the earth as a giant magnet date from before 1600. In contrast to electrostatics, the basic laws of magnetic fields did not follow straightforwardly from man's earliest contact with magnetic materials. The reasons are several, but they all stem from the radical difference between magnetostatics and electrostatics: *there are no free magnetic charges*. This means that magnetic phenomena are quite different from electric phenomena and that for a long time no connection was established between them. The basic entity in magnetic studies was what we now know as a magnetic dipole. In the presence of magnetic materials the dipole tends to align itself in a certain direction. That direction is by definition the direction of the magnetic-flux density, denoted by $\mathbf{B}$, provided the dipole is sufficiently small and weak that it does not perturb the existing field. The magnitude of the flux density can be defined by the mechanical torque $\mathbf{N}$ exerted on the magnetic dipole:

$$\mathbf{N} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B} \quad (5.1)$$

where $\boldsymbol{\mu}$ is the magnetic moment of the dipole, defined in some suitable set of units.*

* In analogy with the 100 strokes of cat's fur on an amber rod, we might define our unit of dipole strength as that of a $\frac{1}{4}$ -inch finishing nail which has been stroked slowly 100 times with a certain "standard" lodestone held in a certain standard orientation. With a little thought we might even think of a more reliable and reproducible standard!

Already, in the definition of the magnetic-flux density $\mathbf{B}$ (sometimes called the *magnetic induction*), we have a more complicated situation than for the electric field. Further quantitative elucidation of magnetic phenomena did not occur until the connection between currents and magnetic fields was established. A current corresponds to charges in motion and is described by a current density $\mathbf{J}$, measured in units of positive charge crossing unit area per unit time, the direction of motion of the charges defining the direction of $\mathbf{J}$. In electrostatic units, current density is measured in statcoulombs per square centimeter-second, and is sometimes called statamperes per square centimeter, while in mks units it is measured in coulombs per square meter-second or amperes per square meter. If the current density is confined to wires of small cross section, we usually integrate over the cross-sectional area and speak of a current of so many statamperes or amperes flowing along the wire.

Conservation of charge demands that the charge density at any point in space be related to the current density in that neighborhood by a continuity equation:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{J} = 0 \quad (5.2)$$

This expresses the physical fact that a decrease in charge inside a small volume with time must correspond to a flow of charge out through the surface of the small volume, since the total number of charges must be conserved. Steady-state magnetic phenomena are characterized by no change in the net charge density anywhere in space. Consequently in magnetostatics

$$\nabla \cdot \mathbf{J} = 0 \quad (5.3)$$

We now proceed to discuss the experimental connection between current and magnetic-flux density and to establish the basic laws of magnetostatics.

5.2 Biot and Savart Law

In 1819 Oersted observed that wires carrying electric currents produced deflections of permanent magnetic dipoles placed in their neighborhood. Thus the currents were sources of magnetic-flux density. Biot and Savart (1820), first, and Ampère (1820–1825), in much more elaborate and thorough experiments, established the basic experimental laws relating the magnetic induction $\mathbf{B}$ to the currents and established the law of force between one current and another. Although not in the form in which

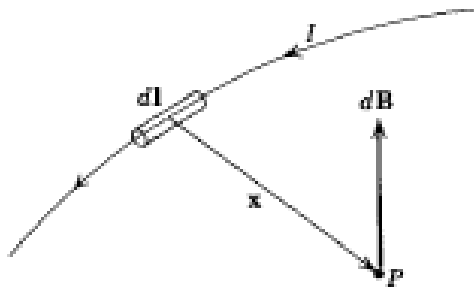


Fig. 5.1 Elemental magnetic induction $d\mathbf{B}$ due to current element $I d\mathbf{l}$.

Ampère deduced it, the basic relation is the following. If $d\mathbf{l}$ is an element of length (pointing in the direction of current flow) of a filamentary wire which carries a current I and $\mathbf{x}$ is the coordinate vector from the element of length to an observation point P , as shown in Fig. 5.1, then the elemental flux density $d\mathbf{B}$ at the point P is given in magnitude and direction by

$$d\mathbf{B} = kI \frac{(d\mathbf{l} \times \mathbf{x})}{|\mathbf{x}|^3} \quad (5.4)$$

It should be noted that (5.4) is an inverse square law, just as is Coulomb's law of electrostatics. However, the vector character is very different.

If, instead of a current flowing there is a single charge q moving with a velocity $\mathbf{v}$, then the flux density will be*

$$\mathbf{B} = kq \frac{\mathbf{v} \times \mathbf{x}}{|\mathbf{x}|^3} = k\mathbf{v} \times \mathbf{E} \quad (5.5)$$

where $\mathbf{E}$ is the electrostatic field of the charge q . (This flux density is, however, time varying. We shall restrict the discussions in the present chapter to steady-state current flow.)

In (5.4) and (5.5) the constant k depends on the system of units used, as discussed in detail in the Appendix. If current is measured in esu, but the flux density is measured in emu, the constant is $k = 1/c$, where c is found experimentally to be equal to the velocity of light *in vacuo* ($c = 2.998 \times 10^{10}$ cm/sec). This system of units is called the Gaussian system. To insert the velocity of light into our equations at this stage seems a little artificial, but it has the advantage of measuring charge and current in a consistent set of units so that the continuity equation (5.2) retains its simple form, without factors of c . We will adopt the Gaussian system here.

Assuming that linear superposition holds, the basic law (5.4) can be integrated to determine the magnetic-flux density due to various configurations of current-carrying wires. For example, the magnetic induction

* True only for particles moving with velocities small compared to that of light.

1. Magnitostatik maydon nima?
2. Chegaraviy shartlar nima?
3. Bir jinsli muhitdagi magnitostatik maydon nima?
4. Vektor-potensial nima?
5. Elementar tokning magnit maydoni nima?

8-mavzu: Elektr dipolning nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati.

Reja:

1. Kechikuvchi va ilgrilovchi potenciallar.
2. O'zgaruvchi dipol va kvadrupol momentga ega bo'lgan sistema
3. Elektr dipolining nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati

Tayanch so'z va iboralar: Kechikuvchi va ilgrilovchi potenciallar. O'zgaruvchi dipol va kvadrupol momentga ega bo'lgan sistema. Elektr dipolining nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati.

Yuqoridagi boblarda biz tinch turgan va statsionar harakatda bo'lgan zaryadlar sistemasi hosil iladigan maydon hamda zaryadsiz fazodagi maydon xossalari bilan bog'liq bo'lgan bir qator masalalarni ko'rib chiqdik. Endi zaryadlar sistemasining harakati ixtiyoriy bo'lgan - umumiy holda masalani ko'rib chiqamiz.

Qandaydir hajmda ixtiyoriy harakatda bo'lgan zaryadlar sistemasi berilgan bo'lsin. Bu hajmda zaryadlarning taqsimoti va harakati vaqt va fazoda o'zgaruvchi zaryad zichligi (ρ, t) va tok zichligi $\mathbf{j}(\mathbf{r}, t)$ bilan aniqlansin. Shu zaryadlar sistemasining maydonini topish kerak. Bu masalani o'rganishni Lorenz kalibrovkasida potensallar uchun yozilgan Dalamber tenglamalarining yechimlarini aniqlashdan boshlaymiz:

$$\begin{aligned}\Delta\varphi(\mathbf{r},t) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi(\mathbf{r},t)}{\partial t^2} &= -4\pi\rho(\mathbf{r},t), \\ \Delta\mathbf{A}(\mathbf{r},t) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}(\mathbf{r},t)}{\partial t^2} &= -\frac{4\pi}{c} \mathbf{j}(\mathbf{r},t).\end{aligned}$$

Bu yerda yuqorida ta'kidlaganimizdek, potentsiallar uchun Lorenz sharti

$$\operatorname{div} \mathbf{A}(\mathbf{r},t) + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi(\mathbf{r},t)}{\partial t} = 0$$

Dalamber tenglamalari - xususiy hosilali evolyutsion (tenglamalarda vaqt bo'yich hosila bor) tenglama bo'lganligi sababli, uning yechimini aniqlash uchun $\varphi(\mathbf{r},t)$ bilan $\mathbf{j}(\mathbf{r},t)$ dan tashqari boshlang'ich va chegaraviy shartlar berilgan bo'lishi lozim. Elektromagnit maydonni topish masalasi quyidagicha qo'yilishi mumkin: Boshlang'ich vaqtga qadar ($t < 0$) zaryadlar tinch turibdi va $t = 0$ momentdan boshlab zaryadlar ixtiyoriy qonuniyat bilan harakat qila boshlaydi deb faraz qilamiz.

Bunda elektromagnit maydonda boshlang'ich holatga nisbatan g'alayonga keladi deb qarash mumkin. Shu sababli (8.1) va (8.2) tenglamalarni aynan shu g'alayon uchun yozilgan deb qaraymiz. Bu holda maydonning o'zgarishi uchun javobgar bo'lgan zaryad va tok zichligi $t > 0$ da ma'lum deb qaraladi. $t \rightarrow 0$ da esa $\varphi(\mathbf{r},0) = 0$, $\mathbf{j}(\mathbf{r},0) = 0$ deb olish kerak. Masalani bunday qo'yilishida boshlang'ich vaqtda $\mathbf{E}(\mathbf{r},0) = 0$ va $\mathbf{H}(\mathbf{r},0) = 0$ bo'ladi. Maydon kuchlanganliklari va potentsiallar orasidagi bog'lanish tenglamalariga asosan bu shartlar potentsiallar uchun quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\begin{aligned}\mathbf{A}(\mathbf{r},0) &= 0, \\ \frac{\partial \mathbf{A}(\mathbf{r},0)}{\partial t} &= 0, \\ \varphi(\mathbf{r},0) &= 0.\end{aligned}$$

Chegaraviy shartlar: $t > 0$ da kuzatish nuqtasi cheksiz uzoqlashganda potentsiallar $1/r$ dan tezroq nolga intilishi talab qilinadi. Yuqorida qo'yilgan masalani aniq matematik metodlar yordamida yechish mumkin. Ammo bu masalaning yechimini ancha qulay bo'lgan fizik usul yordamida topamiz. Bu usulning asosida chiziqli tenglamalar uchun o'rinli bo'lgan superpozitsiya prinsipi yotadi.

Zaryadlar egallagan sohani cheksiz kichik hajm elementlariga bo'lamiz. Shu cheksiz kichik hajm elementlaridan biridagi zaryadlar hosil qilayotgan maydonni aniqlaymiz. Ko'rilayotgan zaryadlar sistemasining maydoni barcha cheksiz kichik hajm elementlaridagi zaryadlar maydonlarining superpozitsiyasiga (yig'indisiga) teng.

Cheksiz kichik hajm elementlaridan birini tanlab olamiz. Undagi zaryad $dq = \rho dV$ bo'lsin. Faqat shu zaryad mavjud deb, uning maydonini dV hajmdan tashqarida aniqlaymiz. dV hajmdan tashqarida zaryadlar yo'q, demak, tok ham bo'lmaydi.

Avval skalyar potensial uchun tenglamaning yechimini aniqlaymiz:

$$\Delta \delta \varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \delta \varphi}{\partial t^2} = 0.$$

Cheksiz kichik hajm elementidagi zaryadning hajmdan tashqarida hosil qilayotgan maydoni sferik simmetriyaga ega bo'ladi, ya'ni u faqat zaryaddan kuzatish nuqtasigacha bo'lgan masofa $R = |\mathbf{r} - \mathbf{r}_0|$ ga va vaqtga bog'liq bo'ladi. Bu holda Laplas operatorini sferik koordinatalarda yozilishidan (A.117 qarang) foydalanib quyidagi ko'rinishda yozib olamiz:

$$\frac{1}{R^2} \frac{\partial}{\partial R} \left(R^2 \frac{\partial \delta \varphi}{\partial R} \right) - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \delta \varphi}{\partial t^2} = 0.$$

(6.79) can be written

$$-\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x = \int_V \left[\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{c}{4\pi} \nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \right] d^3x \quad (6.81)$$

Since the volume V is arbitrary, this can be cast into the form of a differential continuity equation or conservation law,

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = -\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} \quad (6.82)$$

The vector $\mathbf{S}$, representing energy flow, is called *Poynting's vector*. It is given by

$$\mathbf{S} = \frac{c}{4\pi} (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \quad (6.83)$$

and has the dimensions of (energy/area $\times$ time). Since only its divergence appears in the conservation law, Poynting's vector is arbitrary to the extent that the curl of any vector field can be added to it. Such an added term can, however, have no physical consequences. Hence it is customary to make the specific choice (6.83).

The physical meaning of the integral or differential form (6.81) or (6.82) is that the time rate of change of electromagnetic energy within a certain volume, plus the energy flowing out through the boundary surfaces of the volume per unit time, is equal to the negative of the total work done by the fields on the sources within the volume. This is the statement of conservation of energy. If nonlinear effects, such as hysteresis in ferromagnetic materials, are envisioned, the simple law (6.82) is no longer valid, but must be supplemented by terms giving the hysteresis power loss.

Nazorat savollar

1. Kechikuvchi va ilgrilovchi potentsiallar nima?
2. O'zgaruvchi dipol va kvadropol momentga ega bo'lgan sistema nima?
3. Elektr dipolining nurlanishi nima?
4. Nurlanish intensivligi nima?
5. Nurlanish quvvati nima?

9-10-ma'ruza: Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi

Reja:

1. Elektromagnit to'lqin tenglamasi.
2. Yassi elektromagnit to'lqinlar.
3. Elektromagnit to'lqinlarning oqimi zichligi.

Tayanchiboralar: to'lqin tenglamasi, tok va zaryad zichligi, to'lqin tenglamasi, zaryad miqdori, to'lqin tenglamasi yechimi, radiks-vektor, energiya zichligi, oqim zichligi, elektr va magnit maydon kuchlanganliklari, nurlanish intensivligi, dipol, o'zgarish vaqti, to'lqin uzunligi, tezlanish.

Dipol nurlanish

Ma'lumki, maydonning skalyar potentsiali quyidagicha edi:

$$\varphi = \frac{1}{R_0} \int \rho \left(\vec{r}, t - \frac{R_0}{c} + \frac{\vec{r}\vec{n}}{c} \right) dV, \quad (1)$$

bu yerda $\frac{\vec{r}\vec{n}}{c}$ biror vaqt oralig'ida o'zgaradi. Agar zaryadlar tizimining o'zgarish davrini T desak

va agar $\frac{\vec{r}\vec{n}}{c} \ll T$ bo'lsa, $\frac{\vec{r}\vec{n}}{c}$ vaqtda zaryadlarning joylanishi ko'p o'zgarmaydi. Shuning uchun

ρ va $\vec{j}$ qatnashgan ifodalarda $\frac{\vec{r}\vec{n}}{c}$ ni ishlatmaymiz. $\vec{r}$ ning eng katta qiymati zaryadlar

o'lchamiga, ya'ni radius-vektor a ga teng. Agar elektromagnit nurlanishining o'zgarish vaqtini T va to'lqin uzunligini $\lambda = cT$ desak, quyidagi tengsizlikni yozish o'rinli bo'ladi, ya'ni $a \ll cT$ yoki $a \ll \lambda$. (2)

Demak, agar zaryadlar tizimining o'lchami a elektromagnit to'lqinlar uzunligi λ dan kichik bo'lsa, ρ va $\vec{j}$ qatnashgan ifodalarda $\frac{\vec{r}\vec{n}}{c}$ ni hisobga olmasak ham bo'ladi. Yana boshqacha shartni

$$\frac{a}{T} \ll c \text{ yoki } v \ll c \quad (3)$$

ham yozish mumkin.

Demak, zaryadlar tezligi yorug'likning bo'shliqdagi tezligidan kichik bo'lishi kerak. Shunday qilib, ushbu yaqinlashishda potentsiallar uchun quyidagi ifodalarni yozish mumkin:

$$\bar{A} = \frac{1}{cR_0} \int \vec{j} \left(\vec{r}, t - \frac{R_0}{c} \right) dx dy dz, \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{1}{R_0} \int \rho \left(\vec{r}, t - \frac{\vec{R}_0}{c} \right) dx dy dz. \quad (5)$$

Bu yerda integralni yechib bo'ladi. Bunda

$$\vec{j} = \rho \vec{V}(t'), \quad t' = t - \frac{R_0}{c}. \quad (6)$$

Boshqa tomondan, zaryadlar nuqtaviy ekanligidan

$$\rho = \sum_a e_a \delta(\vec{r}_a - \vec{r}) \quad (7)$$

yo'zish mumkin. Bu yerda $\vec{r} - \vec{a}$ zarraning joylashish radius-vektori. Shularni hisobga olgan holda potensial uchun quyidagini yo'zish mumkin:

$$\vec{A} = \frac{1}{cR_0} \sum_a e_a \vec{V}_a(t'). \quad (8)$$

Demak maydon kuchlanganligi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\vec{H} = \frac{1}{c} [\vec{A} \vec{n}] = \frac{1}{c^2 R_0} \left[\sum_a e_a \vec{V}_a(t'), \vec{n} \right], \quad (9)$$

bu yerda $t' = t - \frac{R_0}{c}$, kuzatish nuqtasi ma'lum bo'lsa, $dt' = dt$ bo'ladi. Demak, $\sum_a e_a \vec{V}_a(t')$

mavjud bo'lsa, magnit maydoni paydo bo'lar ekan. Shuning uchun shu hadni qarab chiqaylik, ya'ni

$$\sum_a e_a \vec{V}_a t' = \frac{d}{dt} \sum_a e_a \vec{r}_a(t') = \frac{d}{dt} \vec{d} = \dot{\vec{d}}, \quad (10)$$

bu yerda $\vec{d}$ -tizimning dipol momenti. Shunday qilib,

$$\vec{A} = \frac{1}{cR_0} \dot{\vec{d}}. \quad (11)$$

Demak o'tgan mavzuning (41-§)(30) formulasiga asosan maydon kuchlanganliklari uchun quyidagi ifodalarni yo'zish o'rinli bo'ladi:

$$\vec{H} = \frac{1}{c^2 R_0} [\ddot{\vec{d}}, \vec{n}], \quad (12)$$

$$\vec{E} = \frac{1}{c^2 R_0} \left[\ddot{\vec{d}}, \vec{n} \right] \vec{n}. \quad (13)$$

Shunday qilib, (12) va (13) ifodlardan ko'rinadiki, maydon kuchlanganliklari dipol momentining hosilalari orqali ifodalanar ekan. Shuning uchun bunday nurlanishni **dipol nurlanish** deyiladi.

Boshqa tomondan, $\ddot{\vec{d}}$ zarralarning tezligiga bog'liq. Agarda zarralar notekis harakatda bo'lsa, ular elektromagnit nur chiqaradi. Ushbu nurlanishning to'la intensivligi quyidagicha topiladi:

$$I = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^\pi \sin \theta d\theta |S| R_0^2 = \frac{1}{c^3} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^\pi \sin \theta d\theta \left| \ddot{\vec{d}} \right|^2 \sin^2 \theta, \quad (14)$$

bu yerda $\vec{S} = c \frac{\vec{H}^2}{4\pi} \vec{n}$, $\left| \ddot{\vec{d}}, n \right| = \ddot{d} n \sin \theta = \ddot{d} \sin \theta$.

(14) ifodada integral ostidagi ifoda φ ga bog'liq emas. Shuning uchun uni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$I = \frac{2\pi}{c^3 4\pi} \left| \ddot{\vec{d}} \right|^2 \int_0^\pi \sin^3 \theta d\theta, \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \int_0^\pi \sin^3 \theta d\theta &= -\int_0^\pi \sin^2 \theta d(\cos \theta) = -\int_0^\pi (1 - \cos^2 \theta) d \cos \theta = \\ &= -\left(\cos \theta - \frac{1}{3} \cos^3 \theta \right) \Big|_0^\pi = -\left(-1 - 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right) = \frac{4}{3}. \end{aligned}$$

Demak, (15) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

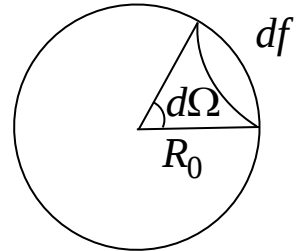
$$I = \frac{2}{3c^3} \left| \ddot{\vec{d}} \right|^2. \quad (16)$$

(16) ifodani bitta murakkab zarra uchun ishlatsak, u quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$\vec{d} = e\vec{r}$ ekanligidan $\ddot{\vec{d}} = e\ddot{\vec{r}} = e\vec{W}$ va

$$I = \frac{2e^2 \vec{W}^2}{2c^3}. \quad (17)$$

bu yerda $\vec{W}$ -zaryad tezlanishi. Endi dipol nurlanish nuqtai nazaridan atom nazariyasini qarab chiqaylik. Ma'lumki, atomda elektron harkati natijasida nurlanadi. Elektron ushbu nurlanish evaziga energiya yo'qotib yadroga tushib qolish ehtimolyati mavjud. Shunga ko'ra, aytish mumkinki, elektrodinamika qonunlarini atom sohasida ishlatib bo'lmas ekan.



38-rasm

Elektromagnit nurlanishi intensivligi

Elektromagnit nurlanishi intensivligi ifodasini topish uchun R_0 radiusli sfera olamiz (38-rasm).

Faraz qilaylikki, biror $d\Omega$ jismoniy burchak ostida sferaning df elementar yuzasi ko'rinsin.

Ushbu elementar yuza quyidagiga teng:

$$df = R_0^2 d\Omega, \quad (1)$$

bu yerda $d\Omega = d\varphi \sin \theta d\theta$, $0 \leq \varphi \leq 2\pi$, $0 \leq \theta \leq \pi$.

Maydonning df elementar yuzasidan o'tayotgan nurlanish intensivligi deb, quyidagi ko'rinishdagi ifodaga aytilad:

$$dI = |S|df, |S| \sim H^2 \sim \frac{1}{R_0^2} \quad (2)$$

yoki

$$dI \sim \frac{1}{R_0^2} R_0^2 d\Omega \quad (3)$$

Demak, nurlanish intensivligi R_0 ga bog'liq emas ekan.

Shunday qilib, nurlanish intensivligi hamma masofalarda bir xil bo'ladi. Bu degani, nurlanish hiech qayerda yutilmaydi. To'la nurlanish intensivligini topish uchun (3) ifodani integrallash lozim, ya'ni

$$I = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta |S| R_0^2, \quad (4)$$

bu yerda S -energiya oqimi zichligi.

Elektromagnit to'lqinlar deb, bo'shliqdagi elektromagnit maydonga aytiladi. Elektromagnit maydonga nisbatan bo'shliqni shunday tushunish kerakki, fazoda elektromagnit zardlar yo'q (tok ham bo'lmaydi). Demak, elektromagnit to'lqinlarni olish uchun Maksvell tenglamalarida zaryad va tok zichliklarini nolga tenglashtirib ($\rho = 0$, $j = 0$) olish kerak.

To'lqin tenglamasi

Maksvell tenglamalar tizimidagi tenglamalarga $\rho = 0$ va $j = 0$ larni hisobga olsak, ular quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \text{div} \vec{H} = 0, \quad (1) \text{rot} \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \text{div} \vec{E} = 0. \quad (2)$$

To'lqin tenglamasini chiqarish uchun (2) tenglamani birinchisiga

$$\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} - \text{grad} \varphi, \vec{H} = \text{rot} \vec{A}$$

larni va potensialni biror nuqtaga nisbatan o'lchash mumkinligini (shunday o'lchaymizki, $\varphi = 0$ bo'lsin) hisobga olamiz. $\varphi = 0$ bo'lsa,

$$\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t}.$$

Bundan tashqari elektromagnit to'liqlari vaqt bo'yicha o'zgarishi kerak. Agar o'zgarmasa, $\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = 0$ va $\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = 0$ bo'lib, elektrostatik va magnitostatik maydonga kelimiz.

$$\text{Demak, } \operatorname{rot} \vec{A} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} \text{ yoki}$$

$$-\Delta \vec{A} + \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{A} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2}. \quad (3)$$

(2) tenglamani ikkinchisidan esa, quyidagini hosil qilamiz:

$$\operatorname{div} \vec{E} = 0. \text{ Buning uchun } \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{div} \vec{A} = 0$$

$$\text{yoki } \operatorname{div} \vec{A} = f(x, y, z).$$

Elektromagnit maydoni *grad* invariantlik shartini qanoatlantiradi. Demak, yuqoridagi ifodadagi integrallash doimiyligini nolga tenglashtirish kerak bo'ladi, ya'ni

$$\operatorname{div} \vec{A} = 0$$

tenglamani hosil qilamiz. Shularni hisobga olganda (3) tenglamani ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$-\Delta \vec{A} = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} \quad \text{yoki} \quad \Delta \vec{A} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = 0.$$

Endi (1) va (2) tenglamalardan **rot** olsak, elektr va magnit maydon kuchlanganliklari ham d'Alamber tenglamasini qanoatlantiradi,

$$\Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0, \quad \Delta \vec{H} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0. \quad (5)$$

Shunday qilib ko'ramizki, elektromagnit maydon uchun $\vec{E}$ va $\vec{H}$ lar d'Alamber tenglamasni qanoatlantiradi. Agar bu tenglamalarni yechsak, elektromagnit to'liqlarning fazoda tarqalishini aniqlagan bo'lamiz. Bunday tenglamalarning umumiy yechimini topish qiyin. Shuning uchun xususiy hollarni qarab chiqib, keyin esa xulosa chiqaramiz.

Demak, xulosa qilish mumkinki, ushbu tenglamalar yechimga ega. Bu elektromagnit to'liqlarning bo'lishliqda tarqalishidan dalolat beradi.

Yassi elektromagnit to'liqlar

Faraz qilaylikki, to'liq faqat X o'qi yo'nalishida tarqalmoqda. Bu holda Laplas operatori

quyidagicha bo'ladi:

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2}.$$

X o'qi yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan to'lqinlar maydon potentsiali orqali quyidagi tenglamani

qanoatlantiradi:
$$\frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = 0, \quad \vec{A} = \{A_x, A_y, A_z\}, \quad A_i(x, t),$$

bu yerda A_x, A_y, A_z proyeksiyalar uchun f funksiyani qabul qilib tenglamani yechsak ham

bo'ladi, ya'ni
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = 0 \quad \text{yoki}$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) f = 0.$$
 Ushbu ifodani quyidagicha ham yozish mumkin:

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} - \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \right) \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \right) f = 0. \quad (1)$$

(1) tenglamani yechish uchun quyidagi almashtirish o'tkazamiz:

$$\begin{aligned} \xi &= t - \frac{x}{c}, \quad \eta = t + \frac{x}{c}, \text{ bunda} \\ \xi + \eta &= 2t, \quad t = \frac{1}{2}(\xi + \eta), \\ \eta - \xi &= \frac{2x}{c}, \quad x = \frac{c}{2}(\eta - \xi). \end{aligned} \quad (2)$$

$f(x, t)$ funksiyani quyidagicha ifodalash mumkin:

$$f(x, t) = f[\xi, \eta],$$

u holda

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \xi} &= -\frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial \xi} + \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial t}{\partial \xi} = -\frac{\partial}{\partial x} \frac{c}{2} + \frac{\partial}{\partial t} \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial t} - c \frac{\partial}{\partial x} \right), \\ \frac{\partial}{\partial \eta} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial t} + c \frac{\partial}{\partial x} \right). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

(1) va (3) ifodalarni birgalikda qarab quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{\partial}{\partial \xi} \frac{\partial}{\partial \eta} f(\xi, \eta) = 0 \text{ yoki } \frac{\partial^2 f(\xi, \eta)}{\partial \xi \partial \eta} = 0. \quad (4)$$

(4) tenglamani ξ va η bo'yicha integrallab, quyidagi ifodalarni olamiz:

$$\frac{\partial}{\partial \eta} f(\xi, \eta) = f_1(\xi), \quad \frac{\partial}{\partial \eta} f(\xi, \eta) = f_2(\eta). \quad (5)$$

Demak f funksiya uchun tenglamaning yechimi quyidagicha bo'ladi:

$$f(\xi, \eta) = f_1(\xi) + f_2(\eta) \quad (6) \text{ yoki } f(x, t) = f_1\left(t - \frac{x}{c}\right) + f_2\left(t + \frac{x}{c}\right). \quad (7)$$

(7) ifoda X yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan to'lqin uchun d'Alamber tenglamasining yechimidir. Endi (7) ifodani (yechimni) fizik ma'nosini qarab chiqaylik:

1. Agar $f_2 = 0$ bo'lsa, (7) yechimdan quyidagini olamiz:

$$f(x, t) = f_1\left(t - \frac{x}{c}\right).$$

$\left(t - \frac{x}{c}\right) = \text{const}$ bo'lganda funksiya bitta qiymatga ega bo'ladi. Demak maydon bir xilda bo'ladi.

Bu ifodadan

$$x = -\text{const} + ct$$

tenglarni olamiz. bu tekis harakat tenglamasidir. Bu yerdan ko'rinadiki, elektromagnit to'lqinlari fazoda yorug'lik tezligi bilan tarqalar ekan. Ushbu to'lqinlar, X o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan to'lqinlardir. Bir yo'nalishda tarqalayotgan to'lqinlar **yassi to'lqinlar** deyiladi. Bundan ko'rinadiki, yorug'lik to'lqinlari yassi to'lqinlardan iborat ekan. f_1 yechim x o'qining musbat yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan yassi to'lqinlarga mos keladi.

2. Agar $f_1 = 0$ bo'lsa, $x = \text{const} - ct$ tenglikka ega bo'lamiz. f_2 yechim x o'qining manfiy yo'nalishi bo'yicha tarqalayotgan to'lqinlarga mos keladi. Demak, yassi to'lqinlar qarama-qarshi yo'nalishda bir xil tezlik bilan tarqalar ekan. Yorug'lik to'lqinlari to'lqin uzunliklariga qarab radio to'lqinlar, infraqizil, ko'rish oblasti spektrlari, ... larga bo'linadi. Bularning hammasi elektromagnit to'lqinlarning tarkibiy qismini tashkil etadi. To'lqin amplitudasini bilish uchun kuchlanganliklarni

hisoblash kerak. Yassi to'lqinlarning maydon potentsiali $t - \frac{x}{c}$ dan bog'liq, ya'ni $\vec{A} = \vec{A}\left(t - \frac{x}{c}\right)$.

$$\vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{A}}{\partial t} = -\frac{1}{c} \vec{A}', \text{ bu yerda } \vec{A}' = \frac{\partial \vec{A}}{\partial \left(t - \frac{x}{c}\right)}.$$

$$\vec{H} = \text{rot} \vec{A} = [\vec{\nabla}, \vec{A}] = \left[\vec{\nabla}\left(t - \frac{x}{c}\right), \vec{A}' \right], \quad \vec{\nabla} r = \frac{\vec{r}}{r}; \quad -\vec{\nabla} \frac{x}{c} = -\frac{1}{c} \vec{n},$$

bu yerda $\vec{n}$ -to'lqinning tarqalish yo'nalishi. Shunday qilib,

$$\vec{H} = -\frac{1}{c} [\vec{n}, \vec{A}'].$$

Bu yerdan ko'rinadiki, $\vec{H} \perp \vec{n}$ ekan. Demak elektromagnit to'lqinlari ko'ndalang to'lqinlar ekan.

$\vec{A}' = -c\vec{E}$ bo'lsa, $\vec{H} = [\vec{n}\vec{E}]$ olamiz. Bu yerdan ko'rinadiki, $\vec{H} \perp \vec{E}$ ekan.

Elektromagnit to'liqlarning oqimi zichligi

Ma'lumki, Umov-Poynting vektori quyidagicha edi, ya'ni

$$\vec{S} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E}\vec{H}]. \quad (1)$$

Maydon energiya zichligi esa,

$$W = \frac{\vec{E}^2 + \vec{H}^2}{8\pi}. \quad (2)$$

Oqim zichligini topish uchun (1) ifodaga $\vec{H}$ va $\vec{E}$ larning qiymatlarini qo'yib quyidagini olamiz:

$$\vec{S} = \frac{c}{4\pi} [\vec{E}[\vec{n}\vec{E}]] = \frac{c}{4\pi} (\vec{n}(\vec{E}\vec{E})) - \vec{E}(\vec{n}\vec{E}) \quad (3)$$

(3) ifodaning o'ng tomonidagi ikkinchi hadda $\vec{n} \perp \vec{E}$ ekanligi tufayli u had nolga teng. Demak (3) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\vec{S} = \frac{c}{4\pi} \vec{E}^2 \vec{n}, \quad (4)$$

bu yerda oqim to'liq tarqalish yo'nalishida bo'ladi. energiya zichligini quyidagicha topamiz:

$$|\vec{H}| = |\vec{E}|, \quad W = \frac{\vec{E}^2}{4\pi} = \frac{\vec{H}^2}{4\pi},$$

bu yerda $\vec{n}\vec{S} = cW$ ekanligidan quyidagini hosil qilamiz:

$$W = \frac{\vec{S}\vec{n}}{c}. \quad (5)$$

Relyativistik mexanikadan ma'lumki, zarraning energiyasi va impulsi orasida quyidagicha bog'liqlik mavjud:

$$W = pc. \quad (6)$$

(5) va (6) tenglamalarni birgalikda yechib, elektromagnit to'liq impulsini aniqlash mumkin, ya'ni

$$\vec{p} = \frac{\vec{S}\vec{n}}{c^2}. \quad (7)$$

Shunday qilib, yuqorida hosil qilingan formulalarni elektromagnit to'liq va zarralar uchun yozib chiqsak, ular quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

1. Elektromagnit to'liq uchun: to'liq impuls

$$\vec{p}_{\text{эл.м}} = \frac{\vec{S}}{c^2} = \frac{1}{4\pi c} \vec{E}^2 \vec{n}, \quad \vec{p}_{\text{эл.м}} = \frac{W}{c} \vec{n}. \quad (8)$$

2. Zarra uchun:

$$\vec{p}_{\text{зар.}} = \frac{\varepsilon \vec{V}}{c^2}, \quad \vec{V} = c\vec{n}, \quad \vec{p}_{\text{зар.}} = \frac{\varepsilon}{c} \vec{n}. \quad (9)$$

Yuqoridagi keltirilgan ifodalardan xulosa qilish mumkinki, elektromagnit to'liqlarning tarqalishi zarralarning tarqalishdek bo'lar ekan. Demak elektromagnit to'liqlar zarra xususiyatiga ega. Shunday qilib, yorug'likning bunday to'liq va zarra xususiyatiga ega bo'lishi uning to'liq va zarra dualizmi deyiladi. Zarraning to'liq xususiyatiga ega ekanligini birinchi bo'lib de Broyl ochdi. U buni elektron va molekulalar diffraksiya panjaradan o'tganda diffraksiya hodisasini kuzatish bilan isbotlab berdi.

6.8 Poynting's Theorem

The forms of the laws of conservation of energy and momentum are important results to establish for the electromagnetic field. We begin by considering conservation of energy, often called *Poynting's theorem* (1884). For a single charge q the rate of doing work by external electromagnetic fields $\mathbf{E}$ and $\mathbf{B}$ is $q\mathbf{v} \cdot \mathbf{E}$, where $\mathbf{v}$ is the velocity of the charge. The magnetic field does no work, since the magnetic force is perpendicular to the velocity. If there exists a continuous distribution of charge and current, the total rate of doing work by the fields in a finite volume V is

$$\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x \quad (6.77)$$

This power represents a conversion of electromagnetic energy into mechanical or thermal energy. It must be balanced by a corresponding rate of decrease of energy in the electromagnetic field within the volume V . In order to exhibit this conservation law explicitly, we will use Maxwell's equations to express (6.77) in other terms. Thus we use the Ampère-Maxwell law to eliminate $\mathbf{J}$:

$$\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x = \frac{1}{4\pi} \int_V \left[c\mathbf{E} \cdot (\nabla \times \mathbf{H}) - \mathbf{E} \cdot \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right] d^3x \quad (6.78)$$

If we now employ the vector identity,

$$\nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) = \mathbf{H} \cdot (\nabla \times \mathbf{E}) - \mathbf{E} \cdot (\nabla \times \mathbf{H})$$

and use Faraday's law, the right side of (6.78) becomes

$$\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x = \frac{-1}{4\pi} \int_V \left[c\nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) + \mathbf{E} \cdot \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{H} \cdot \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right] d^3x \quad (6.79)$$

To proceed further we must make two assumptions. The first one is not fundamental, and is made for simplicity only. We assume that the macroscopic medium involved is *linear* in its electric and magnetic properties. Then the two time derivatives in (6.79) can be interpreted, according to equations (4.92) and (6.16), as the time derivatives of the electrostatic and magnetic energy densities. We now make our second assumption, namely, that the sum of (4.92) and (6.16) represents the total electromagnetic energy, even for time-varying fields. Then if the total energy density is denoted by

$$u = \frac{1}{8\pi} (\mathbf{E} \cdot \mathbf{D} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{H}) \quad (6.80)$$

(6.79) can be written

$$-\int_V \mathbf{J} \cdot \mathbf{E} d^3x = \int_V \left[\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{c}{4\pi} \nabla \cdot (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \right] d^3x \quad (6.81)$$

Since the volume V is arbitrary, this can be cast into the form of a differential continuity equation or conservation law,

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{S} = -\mathbf{J} \cdot \mathbf{E} \quad (6.82)$$

The vector $\mathbf{S}$, representing energy flow, is called *Poynting's vector*. It is given by

$$\mathbf{S} = \frac{c}{4\pi} (\mathbf{E} \times \mathbf{H}) \quad (6.83)$$

and has the dimensions of (energy/area $\times$ time). Since only its divergence appears in the conservation law, Poynting's vector is arbitrary to the extent that the curl of any vector field can be added to it. Such an added term can, however, have no physical consequences. Hence it is customary to make the specific choice (6.83).

The physical meaning of the integral or differential form (6.81) or (6.82) is that the time rate of change of electromagnetic energy within a certain volume, plus the energy flowing out through the boundary surfaces of the volume per unit time, is equal to the negative of the total work done by the fields on the sources within the volume. This is the statement of conservation of energy. If nonlinear effects, such as hysteresis in ferromagnetic materials, are envisioned, the simple law (6.82) is no longer valid, but must be supplemented by terms giving the hysteresis power loss.

Nazorat savollari

1. Elektromagnit to'liqin nima?
2. Telegraf tenglamasi nima?
3. Elektromagnit to'liqin funksiyasi va gruppaviy tezlik?
4. Elektromagnit to'liqlarning xususiyatlari nimadan ibaort?

11-mavzu : Maksvell-Lorents tenglamalari.

Reja:

1. Fenomenologik va klassik electron nazariaya.
2. Maksvell-Lorents tenglamalari.
3. Fizik kattaliklarning o'rtachalash.

Tayanch so'zlar va iboralar: Fenomenologik, klassik electron nazariaya, o'rtachalash, fizik cheksiz kichik hajm va vaqt, Maksvell-Lorents tenglamalari

Mikroskopik elektrodinamikada bo'shliqdagi elektromagnit jarayonlarini ko'rib chiqdik. Endi shu masalani muhit uchun o'rganishni boshlaymiz. Elektrodinamikaning bunday jarayonlarni o'rganadigan qismi makroskopik elektrodinamika deyiladi. Muhitda - dielektrlarda, o'tkazgichlarda, ferromagnetiklarda va boshqa ko'pgina boshqa xossaga ega bo'lgan muhitlarda kechadigan elektromagnit jarayonlar birbiridan jiddiy farq qilib, ularning xossalariga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, muhitning anizotropiya xossalari va bir jinsli bo'lmashligi ham ko'riladigan jarayonlarda o'z aksini topadi. Bunday holatlarni sanab o'tishni yana davom ettirish mumkin.

Yuqoridagi sanab o'tilgan muhitning xossalaridan kelib chiqadigan bo'lsak, bir qarashda makroskopik elektrodinamikani umumiy holda yaratib bo'lmaydigan ko'rinadi. Ammo, muhitning xossalarini bir qancha shartlar bilan chegaralasak, makroskopik elektrodinamikani umumiy holda yaratish mumkin bo'ladi.

Birinchi navbatda muhit bir jinsli va izotrop bo'lishi, ikkinchidan, muhitning xossalari tashqi elektromagnit maydonga bo'liq bo'lmashligi talab etiladi. Oxirgi holat maydon kuchsiz bolishini taqazo qiladi. Uchinchidan maydonning o'zgarishini aniqlovchi xarakterli vaqt (davr) muhitda tashqi elektromagnit maydon ta'sirida yuz beruvchi qutblanish va magnitlanishni barqaror topish (relaksatsiya) vaqtidan yetarlicha katta bo'lishi kerak.

Bu holda muhitning xossalarini aniqlovchi moddiy kattaliklar maydon chastotasiga bog'liq bo'lmaydi. Yuqoridagi shartlarni qanoatlantiruvchi elektrodinamika ko'p hollarda tajriba natijalariga tayangan bo'lib, fenomenologik xarakterga egadir.

Mikroskopik elektrodinamika tenglamalarida ishtirok etuvchi kattaliklar berilgan niqtaga va vaqtga tegishli edi. Muhitda holat tubdan farq qiladi. Ma'lumki, moddani tashkil qilgan atom, molekula va ionlarning fazodagi holati tez o'zgartiradi. Masalan, kristall panjara tugunlaridagi atom yoki ionlar issiqlik harakati tufayli muvozanat holati atrofida katta chastota bilan tebranishda bo'ladi. Atom ichidagi maydon undan tashqaridagi maydondan ancha katta, bundan tashqari

atomlar tebranishda bo'lganligi sababli uning koordinatasini vaqt va fazoda aniq belgilab bo'lmaydi. Ya'ni maydon atom o'lchamlari tartibidagi masofalarda va tebranish davrida keskin o'zgarib turadi. Shuning uchun maydon berilgan nuqtaga va vaqtga tegishli deyish o'z ma'nosini yo'qotadi. Boshqa tomondan tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, maydonning fazo va vaqtda bunday o'zgarishi makroskopik jismlar uchun kuzatilmaydi.

Yana shuni ta'kidlash lozimki, modda mikro zarrachalardan tashkil topgan bo'lishiga qaramasdan makroskopik jismlar ustida o'tkazilgan tajribalarda bunday holat kuzatilmaydi. Demak, makroskopik jismlar ustida o'tkazilgan tajribalarda vaqt va fazoda o'rtachalangan fizik kattalik o'lchanadi. Shuning uchun muhitdagi elektromagnit jaryonlarni o'rganishda fizik kattaliklarning o'rtacha qiymatlari ma'noga ega bo'ladi.

Yuqoridagi mulohazalardan kelib chiqib koordinata va vaqtni ikki qismga ajratamiz. Birinchisi, sekin o'zgaruvchi (r, t) bo'lib, muhitdagi makroskopik jarayonlarni, ikkinchisi esa tez o'zgaruvchi (r_0, t_0) bo'lib, elementar hajm v va elementar vaqt T doirasi o'zgarib, mikroskopik jarayonlarni ifodalaydi. Fizik kattaliklarning tez o'zgaruvchi koordinata va vaqt bo'yicha o'rtachasi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$F(\mathbf{r}, t) = \frac{1}{T} \frac{1}{v} \int_0^T \int_v F(\mathbf{r} + \mathbf{r}', t + t') dV' dt'.$$

O'zgaruvchilarni ikki qismga ajratish fizik kattaliklardan koordinata va vaqt bo'yicha olingan hosilalarning o'rtacha qiymatini quyidagi ko'rinishda yozish imkonini beradi. Masalan,

$$\frac{\partial \overline{F}}{\partial \tau} = \frac{\partial \overline{F}}{\partial t}, \quad \frac{\partial \overline{F}}{\partial \xi_\alpha} = \frac{\partial \overline{F}}{\partial x_\alpha}.$$

Bu yerda $\tau = t + t_0$, $\xi_\alpha = x_\alpha + x_{0\alpha}$, $\alpha = 1, 2, 3$. Tajribalarda usul bilan o'rtachalangan kattaliklar o'lchanadi. Maksvell–Lorentz tenglamalarini yuqoridagi ma'noda o'rtalashni amalga oshirish uchun belgilashlar kiritamiz: $\mathbf{e} = \mathbf{E}$, $\mathbf{h} = \mathbf{H}$. Bu belgilashlarda yozilgan o'rtachalangan Maksvell–Lorentz va uzluksizlik tenglamalarini quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \bar{e} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \bar{h}}{\partial t}, \\ \operatorname{div} \bar{h} &= 0, \\ \operatorname{rot} \bar{h} &= \frac{4\pi}{c} \bar{\rho} \bar{v} + \frac{1}{c} \frac{\partial \bar{h}}{\partial t}, \\ \operatorname{div} \bar{e} &= 4\pi \bar{\rho}, \\ \operatorname{div} \bar{\rho} \bar{v} + \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial t} &= 0.\end{aligned}$$

Bu yerda $\bar{\rho}$ va $\bar{\rho} \bar{v}$ mos ravishda zaryad va tok zichligining o'rtacha qiymati. Bu tenglamalarda hosilalar sekin o'zgaruvchi – makroskopik koordinata va vaqt bo'yicha olinadi. Tenglamalarni odatdagi ko'rinishda yozish uchun yana bir marta belgilashlar kiritamiz: $e = E$, $h = B$. Muhitda elektr maydon kuchlanganligining o'rtacha qiymati E ni elektr maydon kuchlanganligi, magnit maydon kuchlanganligining o'rtacha qiymati B ni esa magnit induksiya vektori deb ataymiz. Bu belgilashlarda bu tenglamalar quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} E &= -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}, \\ \operatorname{div} B &= 0, \\ \operatorname{rot} B &= \frac{4\pi}{c} \bar{\rho} \bar{v} + \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t}, \\ \operatorname{div} E &= 4\pi \bar{\rho}.\end{aligned}$$

O'rtachalangan tenglamalarda tok va zaryad zichligining o'rtacha qiymatlarining ishtirok etishi muhitlarni ikki toifaga - o'tkazgich va dielektriklarga ajratishni taqazo qiladi. O'tkazgichlarda tashqi statsionar elektr maydon ta'sirida zaryadlarning tartibli harakati, ya'ni tok yuzaga keladi. Bunday maydon ta'sirida dielektriklarda zaryadlar siljisa-da tok yuzaga kelmaydi. Vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchi maydonlarda holat statsionar maydondagidan tubdan farq qiladi, hatto dielektriklarda ham tok yuzaga kelishi mumkin.

1. Fenomenologik elektrodinamika nima?
2. klassik electron nazariya nima?
3. Maksvell-Lorents tenglamalari nima?
4. Fizik kattaliklarni o'rtachalash nima?

12-ma'ruza: Elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalar harakati

Reja:

1. Zaryadli zarraning kuchsiz maydonda harakati.
2. Zaryadli zarraning kuchli maydonda harakati.

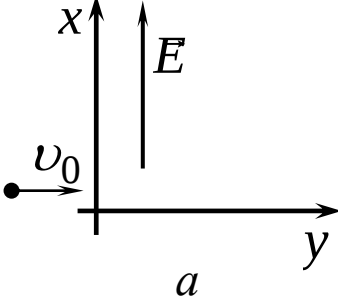
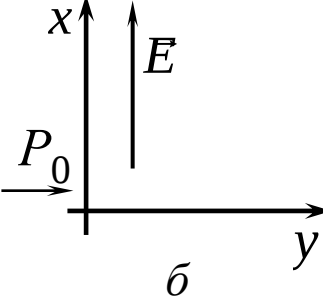
Tayanchiboralar: bir jinsli maydon, kuchsiz va kuchli maydon, boshlang'ich shartlar, tezlik, tezlanish, impuls, energiya, harakat trayektoriyasi.

Ushbu mavzuda ikki xususiy holni ko'rib chiqaylik, ya'ni maydon kuchli vakuchsiz bo'lgan hollarni.

Agar zaryadli zarraning energiyasi katta bo'lmasa, bunday maydon kuchsiz maydon deyiladi.

Agar zaryadli zarraning harakat tezligi katta bo'lsa, bunday maydonga kuchli maydon deyiladi.

Kuchsizmaydon	Kuchlimaydon
Harakattenglamasi	
$m_0 \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = e \vec{E} \cdot \quad (1)$	$\frac{d\vec{P}}{dt} = e \vec{E} \cdot \quad (1')$
Elekt rmaydon ibiror $\vec{E}$ tekisligida yo'nalgan bo'lsa, $\vec{v}$ yo'nalishini $\vec{E}$ ning yo'nalishi deb olaylik (11.1-a,b-rasm).	

 <i>a</i>	 <i>b</i>
Bu yerda $\mathbf{v}$ ga nisbatan differensial tenglama bo'ladi.	Bu yerda $\mathbf{P}$ ga nisbatan differensial tenglama bo'ladi.
Shuninguchun boshlang'ich shartlar qo'yamiz, ya'ni $t = 0$, $\vec{v} = v_{0y} = v_0$. $t = 0, P_0$ bilan kirmoqda. Tezlik $\mathbf{v}$ ham, impuls $\mathbf{P}$ ham vector kattaliklar bo'lganliklari sababli, ularning komponentalari orqali yozib chiqaylik, ya'ni	
1. $m_0 \frac{dv_x}{dt} = eE_x = eE_0$, $\vec{E} = \vec{E}(E_0, 0)$, (2) 2. $m_0 \frac{dv_y}{dt} = 0$. (3) $t = 0$ da zarraning harakati tezlanish nolga teng bo'lganda tekis harakat bo'ladi. Shungako'ra $dv_x = \frac{eE_0}{m_0} dt.$	$\frac{dP_x}{dt} = eE_0$, $\vec{E} = \vec{E}(E_0, 0)$, (2') $\frac{dP_y}{dt} = 0$ (3') Bu yerda ham $t = 0$ bo'lganda zarraning harakati tekis harakat bo'ladi. Shungako'ra $dP_x = eE_0 dt.$
Ushbu ifodalarni $[0, t]$ oraliqda integrallab, boshlang'ich shartlarni hisobga olib quyidagi tengliklarga ega bo'lamiz:	
$dv_x = \frac{eE_0}{m_0} dt,$ $v_x(t) - v_x(0) = \frac{eE_0}{m_0} t,$	$dP_x = eE_0 dt,$ $P_x(t) - P_x(0) = eE_0 t,$

$v_x = \frac{eE_0}{m_0} t. \quad (4)$	$P_x = eE_0 t. \quad (4')$
(3) va (3') ifodalarni integrallab quyidagini olamiz:	
$dv_y = 0,$ $v_y(t) - v_y(0) = c,$ $v_y = v_0 \quad (5)$	$dP_y = 0,$ $P_y(t) - P_y(0) = c,$ $P_y = P_0. \quad (5')$
Zarraning harakati vaqtida U tezlik o'zgaribturadi. Shuning uchun ularning koordinatasini topamiz:	
$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{eE_0 t}{m_0}, \quad (6)$ $v_y = \frac{dy}{dt} = v_0. \quad (7)$ Faraz qilaylikki, boshlang'ichvaqtda ($t=0$ da) $x=0$, $y=0$, ya'ni zarra maydonga uchib kirmoqda. Shuning uchun $[0, t]$ oraliq da integrallab quyidagini olamiz: $dx = \frac{eE_0}{m_0} t dt,$ $x_t - x_0 = \frac{1}{2} \frac{eE_0}{m_0} t^2,$ $t=0$ da $x_0=0$. Demak, $x = \frac{1}{2} \frac{eE_0}{m_0} t^2, \quad (8)$ $y = v_0 t. \quad (9)$ (8) ifoda notekis harakat tenglamasi bo'lganligidan harakat notekis bo'lib $a = \frac{eE_0}{m_0}$ Tezlanish paydo bo'ladi. (9) esa, maydonga perpendi- kulyar bo'lib, tekis harakatni	$\vec{P} = \frac{\varepsilon \vec{v}}{c^2} \text{ bo'lganligidan}$ $v_x = \frac{P_x c^2}{\varepsilon}, \quad (6'')$ $v_y = \frac{P_y c^2}{\varepsilon}. \quad (7')$ Zarraenergiyasi quyidagiga teng: $\varepsilon = \sqrt{m_0^2 c^4 + P^2 c^2} =$ $= \sqrt{m_0^2 c^4 + P_x^2 c^2 + P_y^2 c^2}.$ (*) (*) ifodaga (4') va (5') larni qo'llab quyidagini olamiz: $\varepsilon = \sqrt{m_0^2 c^4 + e^2 E_0^2 t^2 c^2 + P_0^2 c^2} =$ $= \sqrt{\varepsilon_0^2 + e^2 E_0^2 t^2 c^2},$ buyurda $\varepsilon_0 = m_0^2 c^4 + P_0^2 c^2$. Shunday qilib, (6'') va (7') lar quyidagicha bo'ladi: $v_x = \frac{eE_0 t c^2}{\sqrt{\varepsilon_0^2 + e^2 E_0^2 t^2 c^2}}, \quad (6'')$

ifodalaydi, ya'ni $t = \frac{y}{v_0}.$ Demak, (8) ifodani quyidagicha yozish mumkin: $x = \frac{1}{2} \frac{eE_0}{m_0 v_0^2} y^2. \quad (10)$ Shunday qilib, agar zaryadli zarra kuchsiz maydonga joylashtirilsa, uning harakat trayektoriyasi paraboladan iborat bo'lar ekan.	$v_y = \frac{P_0 c^2}{\sqrt{\varepsilon_0^2 + e^2 E_0^2 t^2 c^2}}. \quad (7'')$ $v_x = \frac{dx}{dt}$ va $v_y = \frac{dy}{dt}$ bo'lganligidan $dx = \frac{eE_0 t c^2 dt}{\sqrt{\varepsilon_0^2 + e^2 E_0^2 t^2 c^2}}$ $x = \int_0^t \frac{eE_0 t c^2 dt}{\sqrt{1 + \left(\frac{eE_0 c}{\varepsilon_0}\right)^2 t^2}} =$ $= -\frac{\varepsilon_0}{eE_0} + \frac{\varepsilon_0}{eE_0} \times$ $\times \sqrt{1 + \left(\frac{eE_0 c}{\varepsilon_0} t\right)^2}. \quad (8')$ $dy = \frac{P_0 c^2 dt}{\sqrt{\varepsilon_0^2 + e^2 E_0^2 c^2 t^2}} =$ $= \frac{P_0 c^2}{\varepsilon_0} \frac{dt}{\sqrt{1 - \frac{eE_0^2 c^2 t^2}{\varepsilon_0^2}}}.$ $y = \frac{P_0 c}{eE_0} \operatorname{arcsch} \frac{eE_0 c}{\varepsilon_0} t. \quad (9')$ Bu yerdan $t = \frac{\varepsilon_0}{eE_0 c} \operatorname{sh} \left(\frac{eE_0}{P_0 c} y \right). \quad (9'')$ (8') va (9'')lardan quyidagini hosil qilamiz: $x = \frac{\varepsilon_0}{eE_0} \left[\operatorname{ch} \left(\frac{eE_0}{P_0 c} y \right) - 1 \right]. \quad (10'')$ $eE_0 \ll P_0 c$ bo'lsa, kuchsiz maydon, $eE_0 \gg P_0 c$ bo'lsa esa, kuchli maydon deyiladi.
---	---

Ushbu mavzuda kichik va katta tezlikli zaryadli zarralar hollarini qarab chiqamiz.

Kichiktezlikli	Kattatezlikli
Kichik va katta tezlikli zarralar hollari uchun quyidagi harakat tenglamalarini yozish mumkin:	
$m_0 \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{e}{c} [\vec{v}\vec{H}]$ yoki $\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{e}{m_0 c} [\vec{v}\vec{H}]. \quad (1)$	$\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{e}{c} [\vec{v}\vec{H}] \quad (1')$ Energiya va impuls orasidagi bog'liqlikdan foydalanib, $\vec{P} = \frac{\varepsilon \vec{v}}{c^2} \text{ bundan}$ $\frac{d\vec{P}}{dt} = \frac{\varepsilon}{c^2} \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (1'')$ (1') va (1'') lardan quyidagini hosil qilamiz: $\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{ec}{\varepsilon} [\vec{v}\vec{H}]. \quad (1''')$

Ikkala holu chun ham umumiy holda zaryadli zarraning bir jinsli magnit maydonda harakati uchun quyidagi tenglamani yozish mumkin:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = a [\vec{v}\vec{H}]. \quad (2)$$

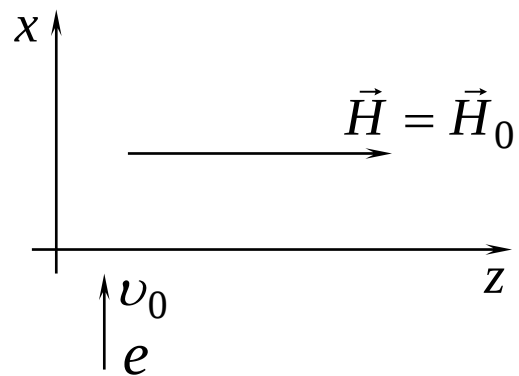
(2) vector tenglamani proyeksiyalari bo'yicha quydagicha yozish mumkin:

$$\frac{dv_x}{dt} = a [\vec{v}\vec{H}]_x = a(v_y H_z - v_z H_y), \quad (3)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = a [\vec{v}\vec{H}]_y = a(v_z H_x - v_x H_z), \quad (4)$$

$$\frac{dv_z}{dt} = a [\vec{v}\vec{H}]_z = a(v_x H_y - v_y H_x), \quad (5)$$

Ushbu tenglamalarni yechish uchun boshang'ich shartdan foydalanamiz va maydon yo'nalishini Z o'qi yo'nalishi bo'yicha deb olamiz (11.2-rasm).



11.2- rasm

Faraz qilaylikki, zaryadli zarra $t = 0$ va qt momentida maydonga perpendikulyar holda v_0 tezlik bilan uchib kirsin. Unda tezlik vektori quyidagicha bo'ladi:

$$\vec{v} = \{v_0, 0, 0\}. \quad (6)$$

(6) ifodaga asosan (3)-(5) larni quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d\nu_x}{dt} = a\nu_y H_0 \text{ bunda } H_y = 0.$$

$$\frac{d\nu_y}{dt} = -a\nu_x H_0,$$

$$\frac{d\nu_z}{dt} = 0.$$

$$\frac{d\nu_x}{dt} = \frac{eH_0}{m_0c} \nu_y \quad (7)$$

$$\frac{d\nu_y}{dt} = -\frac{eH_0}{m_0c} \nu_x \quad (8)$$

$$\omega = \frac{eH_0}{m_0c} \quad (9)$$

$$\frac{d\nu_x}{dt} = \frac{ec}{\varepsilon} H_0 \nu_y \quad (7')$$

$$\frac{d\nu_y}{dt} = -\frac{ec}{\varepsilon} H_0 \nu_x \quad (8')$$

$$\frac{ecH_0}{\varepsilon} = \omega \quad (9')$$

(9) va (9') lar chastota birligini berganli gi uchun ω deb belgilab oldik.

Demak, (7), (8) va (7'), (8') tenglamalarni (9) va (9') lar ni hisobga olgan holda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d\nu_x}{dt} = \omega \nu_y, \quad \frac{d\nu_y}{dt} = -\omega \nu_x \quad (10)$$

$$\frac{d\nu_x}{dt} = \omega \nu_y, \quad \frac{d\nu_y}{dt} = -\omega \nu_x \quad (10')$$

Shunday qilib ko'ramizki, katta va kichik tezliklar uchun bir xil (10) va (10') tenglamalar hosil bo'lar ekan. Faqat ular (9) va (9') ifodalar bilan farq qilar ekan. Ikkala holda ham tenglamani ko'rinishi quyidagicha bo'lar ekan:

$$\begin{cases} \frac{d\nu_x}{dt} = \omega \nu_y, \\ \frac{d\nu_y}{dt} = -\omega \nu_x. \end{cases}$$

Ushbu tenglamalar tizimini yechish uchun ulardan birini $\dot{z}$ ga ko'paytirib, tomonlarini mos ravishda qo'shamiz, ya'ni

$$\frac{d}{dt}(\nu_x + i\nu_y) = \omega \nu_y - i\omega \nu_x = -i\omega(\nu_x + i\nu_y)$$

yoki

$$\frac{dz}{dt} = -i\omega z, \quad (11)$$

Bu yerda $z = \nu_x + i\nu_y$

(11) tenglamani o'zgaruvchilarning ajratish yo'li bilan $[0, t]$ oraliqda integrallab quyidagini hosilqilamiz:

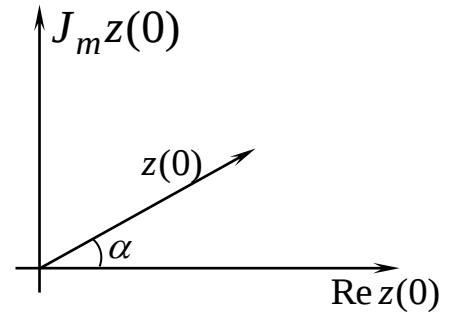
$$\int_0^t \frac{dz}{z} = -\int_0^t i\omega dt$$

Yoki $\ln z(t) - \ln z(0) = -i\omega t$

bundan $z(t) = z(0)e^{-i\omega t}$ (12)

Endi boshlang'ich shartdan foydalanamiz. $z(0)$ kompleks funksiya bo'lganligi sababli haqiqiy va mavhum qismlarga ega ekanligidan unga tekislikda bitta vector to'g'rikeladi (11.3-rasm).

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{J_m z(0)}{\operatorname{Re} z(0)}$$



11.3-rasm

Yoki $z(0) = |z(0)|e^{i\alpha}$. Demak, (12) tenglamamizni

quyidagicha yechish mumkin:

$$z(t) = |z(0)|e^{-i(\omega t - \alpha)},$$

Buyerda $|z(0)| = \sqrt{(\operatorname{Re} z(0))^2 + (J_m z(0))^2}$, $z = v_x + i v_y$.

Shunday qilib,

$$z(0) = \sqrt{v_x^2(0) + v_y^2(0)} = v_x(0) = v_0.$$

Demak,

$$v_x + i v_y = v_0 e^{-i(\omega t - \alpha)} = v_0 [\cos(\omega t - \alpha) - i \sin(\omega t - \alpha)].$$

Haqiqiy va mavhum qismlarini o'zaro tenglashtirib quyidagi tengliklarga ega bo'lamiz:

$$\frac{dx}{dt} = v_x = v_0 \cos(\omega t - \alpha), \quad (13)$$

$$\frac{dy}{dt} = v_y = -v_0 \sin(\omega t - \alpha). \quad (14)$$

Koordinatalarni topish uchun (13) va (14) ifodalarni $[0, t]$ oraliqda integrallaymiz, ya'ni

$$\begin{aligned} \int_0^t dx &= \int_0^t v_0 \cos(\omega t - \alpha) dt = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t - \alpha) \Big|_0^t = \\ &= \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t - \alpha) + \frac{v_0}{\omega} \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\int_0^t dy = - \int_0^t v_0 \sin(\omega t - \alpha) dt = \frac{v_0}{\omega} \cos(\omega t - \alpha) \Big|_0^t =$$

$$= \frac{v_0}{\omega} \cos(\omega t - \alpha) - \frac{v_0}{\omega} \cos \alpha$$

yoki

$$x = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t - \alpha) + x_0, \quad (15)$$

$$y = \frac{v_0}{\omega} \cos(\omega t - \alpha) + y_0, \quad (16)$$

$$\text{buyurda } x_0 = \frac{v_0}{\omega} \sin \alpha, \quad y_0 = \frac{v_0}{\omega} \cos \alpha$$

(15) va (16) tenglamalarni birgalikda yechib quyidagini hosil qilamiz:

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = \frac{v^2}{\omega^2}. \quad (17)$$

Shunday qilib, zaryadli zarrani magnit maydoniga joylashtirsak, uning trayektoriyasi radiusi

$R = \frac{v_0}{\omega}$ bo'lgan aylanadan iborat bo'lar ekan. Demak, zaryadli zarra magnit maydonida aylanma

harakat qilar ekan. Magnit maydonida harakatlanuvchi zaryadli zarrining chastotasi, radiusi va davri quyidagicha bo'ladi:

$$\omega = \frac{eH_0}{m_0c}, \quad R = \frac{v_0m_0c}{eH_0},$$

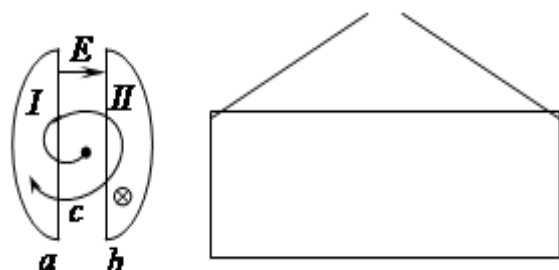
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m_0c}{eH_0}. \quad (18)$$

$$\omega = \frac{ecH_0}{\mathcal{E}}, \quad R = \frac{v_0\mathcal{E}}{ecH_0}, \quad \mathcal{E} = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi\mathcal{E}}{ecH_0}. \quad (18')$$

Shunday qilib xulosa qilish mumkinki, kichik tezliklar uchun zaryadli zarraning davriuning tezligidan bog'liq emas ekan. Katta tezliklar uchun bog'liq, chunki tezlik (18') ifodani $\mathcal{E}$ energiya tarkibiga kirgan.

Ushbu xulosadan foydalangan holda tezlatgichlar yasaladi (quriladi). Shunday



tezlatgichlarning eng oddiy turi, siklotronni qarab chiqaylik.

Siklotronning yuqoridan va yondan ko'rinishi 11.4 a,b-rasmda keltirilgan. avabduantlar deyiladi. $\otimes$ -magnit maydonining tik yo'nalganligini ko'rsatdi.

Zaryadli zarra harakatlanib biror duantga kirganda unga Lorens kuchi ta'sir etib, uni buri baylanma harakatga keltiradi. Zarra C holatga kelganda elekt maydonining yo'nalishi o'zgarib, yanaharakat takrorlanadi. Buning natijasida, zarra aylanma harakat qilib, trayektoriyasi spiraldan iborat bo'ladi. Agar $R \sim v_0$ bo'lganda energiyasi katta bo'lib, davriy vaqti o'zgaradi (U dan bog'liq holda).

Demak, tezlashtirgichlar yasashda elekt maydon (E) yo'nalishining o'zgarishini zarraning davriy vaqtiga moslash kerak. Kichik tezlikli zarralaru chun bunday bo'lishi shart emas, chunki u U dan bog'liq bo'lmaydi. Elektr maydon kuchlanganligi E ning o'zgarishini davriy vaqtga moslashtirilganligi sababli siklotron deb yuritiladi (ham fazasi o'zgaradi). Siklotronda yengil zarralar tezlashtirilmaydi, aks holda og'ir zaryadli zarralar tezlashtiriladi.

Nazorat savollari

1. Zaryadli zarraning kuchsiz maydonda harakati nima?
2. Zaryadli zarraning kuchli maydonda harakati nima?
3. Zaryadli zarrachalarning elektr maydonidagi harakatini qanday tavsiflaysiz?
4. Zaryadli zarrachalarning magnit maydonidagi harakatini qanday tavsiflaysiz?
5. Zaryadli zarrachalarning elektromagnit maydonidagi harakatini qanday tavsiflaysiz?

13-mavzu: Relyativistik elektrodinamika.

Reja:

1. Elektr va magnit maydon kuchlanganliklari uchun Lorens almashtirishi.
2. Elektromagnit maydoni nvariantligi.

Tayanchiboralar: Elektromagnitmaydon tenzori, proporsionallik koeffisiyenti, elektrvamagnit maydon kuchlanganliklari, proporsiona lva perpendikulyar, relyativistik samara, invariant, tenzorningrangleri, xulosalar.

Ma'lumki, elektromagnit maydon tenzori va α_{ik} proporsionallik koeffisiyenti quyidagicha topilgan edi:

$$F_{ik} = \alpha_{im} \alpha_{kn} F_{mn}, \quad (1)$$

$$\alpha_{ik} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} & -i\frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} & 0 & 0 \\ i\frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} & \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

bu yerda $\beta^2 = \frac{v^2}{c^2}$.

(1) ifodani quyidagi ko'rinishda ochib yozish mumkin:

$$\begin{aligned} F'_{01} &= \alpha_{0m} \alpha_{1n} F_{mn} = \alpha_{01}(\alpha_{10}F_{m0} + \alpha_{11}F_{m1} + \alpha_{12}F_{m2} + \\ &+ \alpha_{13}F_{m3}) = \alpha_{10}(\alpha_{00}F_{00} + \alpha_{01}F_{10} + \alpha_{02}F_{20} + \alpha_{03}F_{30}) + \\ &+ \alpha_{11}(\alpha_{00}F_{01} + \alpha_{01}F_{11} + \alpha_{02}F_{21} + \alpha_{03}F_{31}) \end{aligned}$$

Quyidagitenglikni, ya'ni

$$F_{ik} = \begin{pmatrix} 0 & -iE_x & -iE_y & -iE_z \\ iE_x & 0 & H_z & -H_y \\ iE_y & -H_z & 0 & H_x \\ iE_z & H_y & -H_x & 0 \end{pmatrix} \quad (*)$$

va (2) ifodani hisobga olsak, $\alpha_{12}F_{m2}$, $\alpha_{13}F_{m3}$, $\alpha_{00}F_{00}$, $\alpha_{02}F_{20}$, $\alpha_{03}F_{30}$,

$\alpha_{01}F_{11}$, $\alpha_{02}F_{21}$ va $\alpha_{03}F_{31}$ larning nolga tengligini ko'rish qiyinemas.

(1) va (*) tengliklardan quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\begin{aligned} F'_{01} &= -iE'_x, \\ -iE'_x &= \frac{i\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} \frac{-i\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} (iE_x) + \frac{1}{1-\beta^2} (-iE_x) = \\ &= -iE_x \frac{1-\beta^2}{1-\beta^2} = -iE_x. \end{aligned}$$

Demak

$$E'_x = E_x \quad (3)$$

Endi F'_{02} ni hisoblaylik

$$F'_{02} = \alpha_{0m} \alpha_{2n} F_{mn} = \alpha_{0m} (\alpha_{2n} F_{m0} + \alpha_{21} F_{m1} + \alpha_{22} F_{m2} +$$

$$+ \alpha_{23} F_{m3}) = \alpha_{0m} F_{m2} = \alpha_{00} F_{02} + \alpha_{01} F_{12} + \alpha_{02} F_{22} +$$

$$\alpha_{03} F_{32} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} (-iE_y) \left[-\frac{i\beta}{\sqrt{1-\beta^2}} H_z \right] = -iE'_y,$$

buyerda (2) va (*) ifodalardan foydalangan holda $\alpha_{22} = 1$ va $\alpha_{2n} F_{m0}$, $\alpha_{21} F_{m1}$,

$\alpha_{23} F_{m3}$, $\alpha_{02} F_{22}$ va $\alpha_{03} F_{32}$ hisobga olindi.

Demak,

$$E'_y = \frac{E_y + \frac{v}{c} H_z}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (4)$$

Shukabi F'_{03} ning ham hisoblab chiqib, quyidagini hosil qilamiz:

$$E'_z = \frac{E_z - \frac{v}{c} H_y}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (5)$$

Xuddishunday F'_{23} , F'_{12} va F'_{21} larni hisoblab chiqib quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$H'_x = H_x, \quad H'_y = \frac{H_y + \frac{v}{c} E_z}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad H'_z = \frac{H_z + \frac{v}{c} E_y}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (6)$$

(3)-(6) ifodalardan ko'rinadiki, kuchlanganliklarning bo'ylama komponentalarida oimiy qolib, ko'ndalang komponentalarida o'zgararekan.

Boshqa fizikaviy xulosalar chiqarish uchun shu ifodalarni vektorko'rinishda ifodalab olish kerak. Agar nisbatte zliklari xtiyoriy bo'lsa, quyidagini yozish o'rinli bo'ladi:

$$\frac{v_x H_z}{c} \sim -\frac{[\vec{v} \vec{H}]}{c}.$$

Demak,

$$\vec{E}' = \frac{\vec{E} - [\vec{v} \vec{H}]}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad \vec{H}' = \frac{\vec{H} + [\vec{v} \vec{E}]}{\sqrt{1-\beta^2}}. \quad (7)$$

Xulosalar

1. Faraz qilaykiki, xususiyl holda K tizimda elektr maydoni mavjud bo'lsin. (7) almashtirishga asosan

$$\vec{E} \neq 0, \quad \vec{H} = 0,$$

bunda

$$\vec{E}' = \frac{\vec{E}}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad (8) \quad \vec{H}' = \frac{[\vec{v}\vec{E}]}{c\sqrt{1-\beta^2}}, \quad (9)$$

bunda (8) ifodaga asosan quyidagini olamiz:
$$\vec{H}' = \frac{[\vec{v}\vec{E}']}{c}. \quad (10)$$

Demak, $\vec{K}$ tizimdagi kuzatuvchi uchun elektr maydoni mavjud bo'lsa, $\vec{K}'$ tizimdagi kuzatuvchi uchun esa ham elektr ham magnit maydoni mavjud bo'lar ekan.

2. (10) ifodaga asosan $\vec{E} \perp \vec{H}$.

3. (10) ifodaga asosan $\vec{H}' \sim \frac{\vec{v}}{c} \vec{E}'$, buyerda $\frac{\vec{v}}{c}$ -relyativistik samara. Demak, $\vec{H}'$,

$\vec{E}'$ dan $\frac{\vec{v}}{c}$ martakichik.

Boshqa tomondan, agar zaryadli zarra tinch holatda bo'lsa u elektr maydoniga, harakatda bo'lsa esa u ham elektr ham magnit maydonga ega bo'lar ekan.

Elektromagnit maydon variantligi

Elektromagnit maydonning birinchi invarianti $F_{ik}F_{ik}$. Bu yerda i va k lar ikki martadan qatnashayotganligi sababli ikkita yig'indiga ega. Uni quyidagicha yozish mumkin:

$$F_{ik}F_{ik} \sim \vec{H}^2 - \vec{E}^2.$$

Lorens almashtirishi o'tkazib quyidagiga ega bo'lamiz:

$$F_{ik}F_{ik} \sim \vec{H}^2 - \vec{E}^2 = \vec{H}'^2 - \vec{E}'^2.$$

Shunday qilib, elektromagnit maydonning birinchi invarianti

$$\vec{H}^2 - \vec{E}^2 = \text{inV}. \quad (1)$$

Xulosa

1. $\vec{H}^2 - \vec{E}^2 = 0$ bo'lsa, $\vec{H}^2 = \vec{E}^2$ bo'lib, buyerdan $\vec{H} = \vec{E}$ olamiz.

Birkuzatuvchi uchun $\vec{H} = \vec{E}$ bo'lsa, ikkinchi kuzatuvchi uchun $\vec{H}' = \vec{E}'$ bo'ladi.

2. $(\vec{H}^2 - \vec{E}^2) < 0$ 3. $(\vec{H}^2 - \vec{E}^2) > 0$ bo'lishi ham mumkin.

Elektromagnit maydonning ikkinchi invarianti $\mathcal{E}^{iklm}F_{ik}F_{lm}$, (2)

Bu yerda $\mathcal{E}^{iklm}$ -to'rtinchi tartibli to'liq antisimmetrik tenzor.

Ushbutenzorningqiyamatiquyidagitartibdatopiladi:

a. Tenzorningto'rtalaindekslaridankamidaikkitasibirxilbo'lsa, uningqiymatinolgatengbo'ladi.

b. Agar tenzorindekslari 0123 tartibdaberilganbo'lsa, uningqiymati +1 gatengbo'ladi, ya'ni $\varepsilon^{0123} = +1$. Qolganlariquyidagi formula yordamidatopiladi:

$iklm \rightarrow 0123$ tartibgakeltirishkerak. Agar indekslarningo'rnialmashtirishsonitoqbo'lsa, tenzorningqiymati -1 ga, juftbo'lsa, +1 gatengbo'ladi.

Masalan, $\varepsilon^{1023} = -1$ ($1023 \rightarrow 0123$).

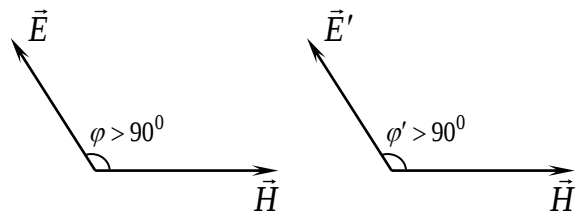
(2) ifodagato'rttayig'indimavjud. Uniyozsak, u quyidagiko'rinishgaegabo'ladi:

$$\varepsilon^{iklm} F_{ik} F_{lm} \sim (\vec{E} \vec{H}).$$

Lorensalmashtirishinio'tkazibquyidagigaegabo'lamiz:

$$(\vec{E} \vec{H}) = (\vec{E}' \vec{H}').$$

Demak, $\vec{E} \vec{H} = inV$. (3)



12.1-

We are now ready to consider the field strengths $\mathbf{E}$ and $\mathbf{B}$. They are defined in terms of the potentials by

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{E} &= -\nabla\Phi - \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \\ \mathbf{B} &= \nabla \times \mathbf{A} \end{aligned} \right\} \quad (11.105)$$

By writing out the components explicitly, for example,

$$\left. \begin{aligned} iE_1 &= \frac{\partial A_1}{\partial x_4} - \frac{\partial A_4}{\partial x_1} \\ B_1 &= \frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3} \end{aligned} \right\} \quad (11.106)$$

it is evident that the electric field and the magnetic induction are elements of the second-rank, antisymmetric, field-strength tensor $F_{\mu\nu}$:

$$F_{\mu\nu} = \frac{\partial A_\nu}{\partial x_\mu} - \frac{\partial A_\mu}{\partial x_\nu} \quad (11.107)$$

Explicitly, the field-strength tensor is

$$(F_{\mu\nu}) = \begin{pmatrix} 0 & B_3 & -B_2 & -iE_1 \\ -B_3 & 0 & B_1 & -iE_2 \\ B_2 & -B_1 & 0 & -iE_3 \\ iE_1 & iE_2 & iE_3 & 0 \end{pmatrix} \quad (11.108)$$

To complete the demonstration of the covariance of electrodynamics we must consider Maxwell's equations. The inhomogeneous pair are

$$\left. \begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{E} &= 4\pi\rho \\ \nabla \times \mathbf{B} - \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} &= \frac{4\pi}{c} \mathbf{J} \end{aligned} \right\} \quad (11.109)$$

Since the right-hand sides form the components of a 4-vector, so must the left-hand sides. With definition (11.108) of the field-strength tensor it is easy to show that the left-hand sides in (11.109) are the divergence of the field-strength tensor. Thus (11.109) takes the covariant form

$$\frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = \frac{4\pi}{c} J_\mu \quad (11.110)$$

Similarly the two homogeneous Maxwell's equations,

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad \nabla \times \mathbf{E} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = 0 \quad (11.111)$$

Nazorat savollari

1. Elektr va magnit maydon kuchlanganliklari uchun Lorens almashtirishi qanday bo'ladi?
2. Elektromagnit maydoni invariantligi nima?

14-mavzu: Maxsus nisbiylik nazariyasida optik hodisalar.

Reja:

1. Yassi elektromagnit to'lqinning va to'lin fazasining invariantligi
2. 4-to'lqin vektor. Chastota va yo'nalishlar uchun almashtirishlar formulalari. Doppler effekti. Yulduz aberratsiyasi.

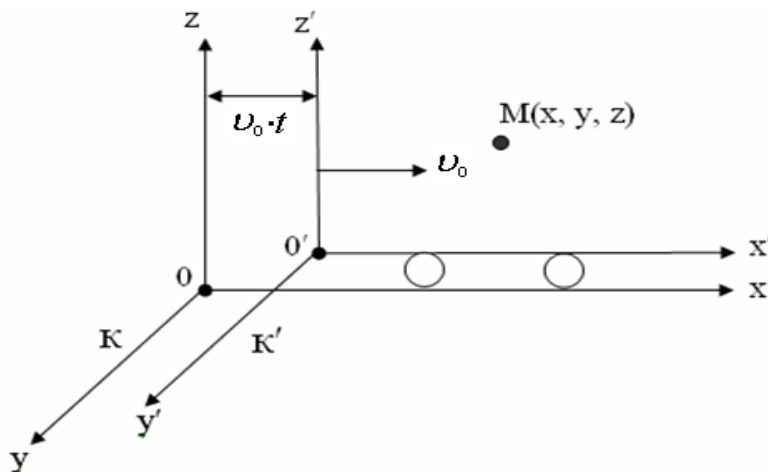
Tayanch so'zlar. Dunyo efiri, Eynshtenning nisbiylik prinsipi, Galiley almashtirishlari, Lorents almashtirishlari, Dopplerning bo'yлама effekti, Dopplerning ko'ndalang effekti.

Jismning harakati va tinch holati biz kuzatayotgan sanoq tizimlariga nisbatan nisbiy tushunchalardir.

Bir-biriga nisbatan tekis va to'g'ri chiziqli harakat qilayotgan sanoq tizimlarning birida Nyuton qonunlari bajarilsa, bunday sanoq tizimlar **inersial sanoq tizimlar deb ataladi.**

Oddiy misolda bir inersial tizimdagi nuqta koordinatalaridan ikkinchi tizimdagi koordinatalarga o'tish formulalarini keltirib chiqarishga harakat qilamiz.

SHartli tinch holatda bo'lgan K sanoq tizimiga nisbatan OX o'qi bo'ylab $v_0 = \text{const}$ tezlik bilan harakatlanayotgan K' sanoq tizimini olamiz (15 - rasm).



15.1 - rasm. Bir-biriga nisbatan tekis va to'g'ri chiziqli harakat qilayotgan inersial sanoq tizimlar

$t=0$ momentda ikki sanoq tizimi bir-birining ustiga tushadi.

t vaqtdan so'ng K - tizimdagi qandaydir M nuqtaning koordinatalari $M(x, u, z)$ bo'lsin.

K' - sanoq tizimida esa, bu nuqtaning koordinatalari

$$x = x' - v_0 \cdot t, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad (15.1)$$

$$K' \rightarrow K$$

Natijada

$$x = x' + v_0 \cdot t, \quad y = y', \quad z' = z, \quad t = t'. \quad (15.2)$$

ga ega bo'lamiz. Har ikki tizimda vaqt bir xil o'tadi $t = t'$.

Bular **Galileyning koordinatalarni almashtirish ifodalari** yoki klassik mexanikaning koordinatalarni almashtirish formulalari deb ataladi.

(15.2) – ifodalardan t bo'yicha hosila olamiz:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx'}{dt} + v_0; \quad \frac{dy}{dt} = \frac{dy'}{dt}; \quad \frac{dz}{dt} = \frac{dz'}{dt}$$

$$v_x = v_x^1 + v_0; \quad v_y = v_y^1; \quad v_z = v_z^1.$$

yoki vektor ko'rinishda:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}_0 \quad (15.3)$$

Bu ifoda **klassik mexanikada tezliklarni qo'shish formulasi** deb ataladi.

Bir sanoq tizimidan ikkinchi sanoq tizimiga o'tishda koordinatalarni almashtirish (15.1) – ifoda bilan, tezliklarni almashtirish esa (15.3) – ifoda bilan amalga oshiriladi.

(15.3) – ifodadan t vaqt bo'yicha hosila olsak:

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}'}{dt} ; \quad \vec{a} = \vec{a}' , \quad (15.4)$$

ga ega bo'lamiz. Barcha sanoq tizimlarida tezlanish bir-xil bo'lib, bir inersial sanoq tizimidan ikkinchi sanoq tizimiga o'tish invariant bo'ladi.

Eynshteynning maxsus nisbiylik – relyativistik nazariyasi ikkita postulatga asoslangan:

1. Nisbiylik prinsipi: barcha inersial sanoq tizimlari teng huquqlidir, bu tizimlarda tabiat hodisalari bir xilda o'tadi va qonunlar bir xil ifodalanadi.

Boshqacha qilib aytganda, barcha fizik hodisalar turli inersial sanoq tizimlarida bir xil sodir bo'lib, mexanik, elektromagnit, optik va shu kabi tajribalar yordamida, berilgan inersial sanoq tizimining tinch turganligini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotganligini aniqlab bo'lmaydi.

2. Yorug'lik tezligining invariantlik prinsipi: yorug'likning bo'shliqdagi tezligi barcha inersial sanoq tizimlarida bir xil bo'lib, manba va kuzatuvchining nisbiy harakat tezligiga bog'liq emas.

Maxsus nisbiylik nazariyasining birinchi postulati Galileyning nisbiylik prinsipiga muvofiq keladi va uni yorug'likning tarqalish qonunlariga joriy etib, umumlashtiradi.

Ammo, ikkala postulatning bir vaqtdagi tadbiqi Galiley almashtirishlariga ziddir. Bu ikkala postulat barcha eksperimental faktlar bilan tasdiqlangani uchun, bu ziddiyat postulatlar orasida emas, balki postulatlar bilan Galiley almashtirishlari orasida mavjuddir. Chunki Galiley almashtirishlarini yorug'lik tezligiga yaqin tezlikdagi harakatlarga tadbiq etib bo'lmaydi.

Eynshteyn shunday almashtirishlarni topdiki, bu almashtirishlar maxsus nisbiylik nazariyasining ikkala postulatiga ham, Galiley almashtirishlariga ham muvofiq keladi.

Bu almashtirishlar oldinroq Lorens tomonidan yuzaki topilganligi uchun – Lorens almashtirishlari deb ataladi.

$$x = \frac{x' + v_0 t'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} ; \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + \frac{v_0 x'}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} , \quad (15.5)$$

Lorens almashtirishlariga bir necha misollar keltiramiz:

1) Biror bir tizimning har xil nuqtalarida bir vaqtda sodir bo'layotgan hodisalar, boshqa tizimda bir vaqtda sodir bo'lmayligi mumkin.

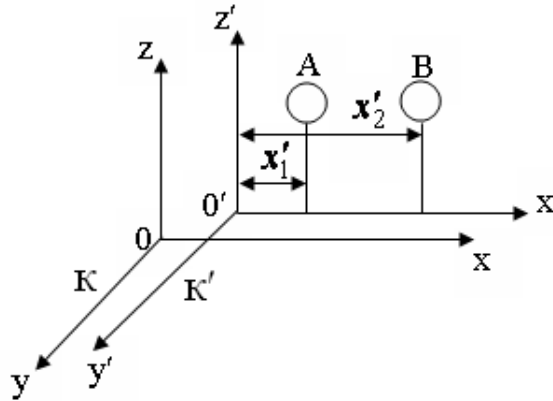
15.2-rasmda K' sanoq tizimida, koordinatalari

$$x'_1 \neq x'_2$$

bo'lgan A va B nuqtalarda bir vaqtda ($t_1^1 = t_2^1$) ikkita lampa yorishgan bo'lsin (15.2 - rasm).

K - sanoq tizimida t_1 va t_2 vaqt momentlari (16.1) – ifodaga binoan quyidagicha bo'ladi:

$$t_1 = \frac{t'_1 + \frac{v_0 x'_1}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \quad \text{va} \quad t_2 = \frac{t'_2 + \frac{v_0 x'_2}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}$$



15.2 - rasm. Bir-biriga nisbatan tekis va to'g'ri chiziqli harakat qilayotgan sanoq tizimlarida sodir bo'ladigan hodisalarning vaqt momentlari

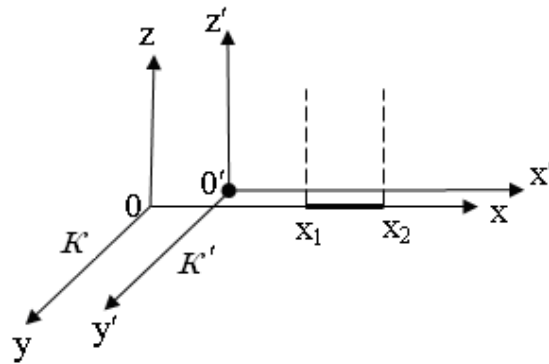
$$t'_1 = t'_2 \quad \text{va} \quad x'_1 \neq x'_2$$

bo'lgani uchun

$$t_1 \neq t_2$$

ya'ni K – sanoq tizimida ikkita lampa har xil vaqtlarda yorishadi.

- 1) K sanoq tizimida OX o'qi bo'ylab koordinatalari x_1 va x_2 bo'lgan sterjen yotgan bo'lsin (15.3 - rasm).



15.3 - rasm. Bir-biriga nisbatan harakatda bo'lgan sanoq tizimida uzunlik o'lchamining o'zgarishi

K sanoq tizimida sterjenning uzunligi

$$\ell_0 = x_2 - x_1$$

bo'ladi, K' - tizimda esa

$$\ell = x'_2 - x'_1$$

bu erda $t'_1 = t'_2$ (16.1) - Lorens almashtirishlariga asosan

$$\ell_0 = x_2 - x_1 = \frac{x'_2 + v_0 t'_2}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} - \frac{x'_1 + v_0 t'_1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} = \frac{\ell}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}}$$

yoki

$$\ell = \ell_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}$$

Sterjen tinch holatda bo'lgan K - sanoq tizimiga nisbatan U_0 – tezlik bilan harakatlanayotgan K' -

sanoq tizimida sterjenning uzunligi $\sqrt{1 - \frac{U_0^2}{c^2}}$ marta kichikdir.

Tizimning U_0 – tezligi, yorug'lik tezligiga yaqinlashishi bilan, sterjenning uzunligi nolga tenglashadi va uning haqiqiy uzunligi yo'qola boradi.

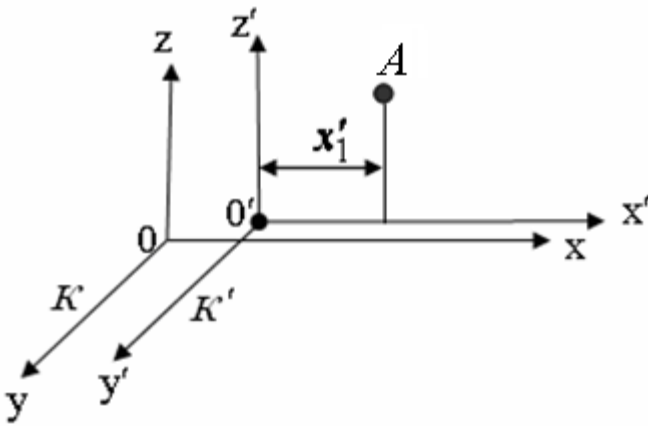
3) K' tizimda koordinatalari $x'_1 \neq x'_2$ bo'lgan A – nuqtada lampa t'_1 – vaqtda yorishib, t'_2 – momentda o'chadi (15.4 - rasm).

K' - tizimda lampaning yonish vaqti

$$\Delta t' = t'_2 - t'_1$$

ga teng.

Lorens almashtirishlaridan foydalanib K – tizimda yonish vaqtini ifodalab ko'ramiz.



15.4 - rasm. Bir-biriga nisbatan harakatda bo'lgan sanoq tizimida vaqtning o'zgarishi

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{t'_2 + \frac{U_0}{c^2} x'_2}{\sqrt{1 - \frac{U_0^2}{c^2}}} - \frac{t'_1 + \frac{U_0}{c^2} x'_1}{\sqrt{1 - \frac{U_0^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{U_0^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t^1}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} ; \quad \Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}} .$$

Hodisa sodir bo'layotgan tizimning tezligi yorug'lik tezligiga yaqinlashishi bilan K – tizimda yonish vaqti cheksizlikka intiladi va o'z ma'nosini yo'qotadi.

4) (15.3) - va (15.5) - formulalardan foydalanib tezliklarni qo'shishning relyativistik ifodasini keltirib chiqarish mumkin. YUqoridagi formulalarning hosilalarini keltiramiz

$$dx = \frac{dx' + v_0 dt'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} ; \quad dt = \frac{dt' + \frac{v_0}{c^2} dx'}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} ,$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx' + v_0 dt'}{dt' + \frac{v_0}{c^2} dx'} , \quad v_x = \frac{v'_x + v_0}{1 + \frac{v_0}{c^2} v'_x}$$

yoki

$$v'_x = \frac{v_x - v_0}{1 - \frac{v_0}{c^2} v_x}$$

5) Klassik mexanikaga asosan, jismning massasi o'zgarmasdir. Ammo, zarrachalar tezligining oshishida o'tkazilgan tajribalarda massaning tezlikka bog'liqligi kuzatilgan

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} , \quad (15.6)$$

bu erda m_0 – tinch holatda turgan elektronning massasi, m – relyativistik massa deb ataladi.

Nyutonning dinamikasiga asosan:

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Moddiy nuqta relyativistik dinamikasining asosiy qonunini shunday yozish mumkin:

$$\vec{F} = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \cdot \vec{v} \right), \quad (15.7)$$

yoki

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}; \quad \vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} \cdot \vec{v}, \quad (15.8)$$

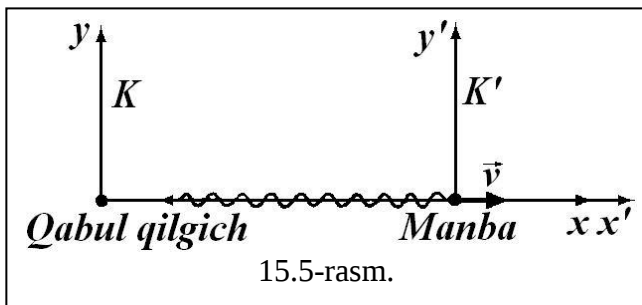
Bu moddiy nuqtaning **relyativistik impulsidir**.

Doppler effekti. Akustikada Doppler effekti natijasida yuz beradigan chastota o'zgarishi manba va qabul qilgichning tovush to'lqinlarini tarqatuvchi muhitga nisbatan bo'lgan harakat tezliklari orqali aniqlanadi. YOrug'lik to'lqinlari uchun ham Doppler effekti mavjud. Lekin, elektromagnit to'lqinlarni tashuvchi alohida bir muhit mavjud bo'lmaganligi tufayli, yorug'lik to'lqinlari chastotasining Doppler siljishi manba va qabul qilgichlarning faqat nisbiy tezligi orqali aniqlanadi.

YOrug'lik qabul qilgich bilan K sistemaning koordinata boshini manba bilan esa K' sistemaning koordinata boshini bog'laylik (26.6-rasm). Odatdagidek x va x' o'qlarini K' sistema (ya'ni manbaning K sistemaga (ya'ni qabul qilgichga) nisbatan harakat tezligining $\vec{v}$ vektori bo'ylab yo'naltiramiz. Manbaning qabul qilgich tomonga tarqatayotgan yorug'lik yassi to'lqinlarining tenglamasi K' sistemada quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$E(x', t') = A' \cos \left[\omega' \left(t' + \frac{x'}{c} \right) + \alpha' \right], \quad (15.9)$$

bu erda ω' – manba bilan bog'liq bo'lgan sanoq sistemasida o'lchangan to'lqin chastotasi, ya'ni manbaning tebranayotgan chastotasi. Umumiylikni buzmaslik uchun biz α' boshlang'ich fazani noldan



farqli deb faraz qilamiz. Biz hamma sanoq sistemalarida bir xil bo'lgan c dan boshqa hamma kattaliklarni shtrixli qilib yozdik.

Nisbiylik prinsipiga asosan tabiat qonunlari hamma inersial sanoq sistemalarida bir xil ko'rinishga ega bo'ladi. Demak, (15.9) ko'rinishdagi to'lqin K sistemada:

$$E(x, t) = A \cos \left[\omega \left(t + \frac{x}{c} \right) + \alpha \right] \quad (15.10)$$

tenglama ko'rinishda yoziladi. Bu erda ω – K sanoq sistemada o'lchangan, ya'ni qabul qilgichda turib o'lchangan chastota.

To'lqinning K sistemadagi tenglamasini (15.9) tenglamadan x' va t' lardan x va t larga Lorents almashtirishlari orqali o'tish bilan keltirib chiqarish mumkin: (15.9) da x' va t' larni (15.8) ga asosan almashtirib:

$$E(x, t) = A' \cos \left[\omega' \left(\frac{t - (v/c^2)x}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} + \frac{x - vt}{c\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} \right) + \alpha' \right]$$

ga ega bulamiz. Bu ifodani quyidagi ko'rinishga osonlik bilan keltirish mumkin:

$$E(x, t) = A' \cos \left[\omega' \frac{t - (v/c)x}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} \left(t + \frac{x}{c} \right) + \alpha' \right]. \quad (15.11)$$

(26.15)tenglama (26.14) tenglamadagi to'lqinning o'zginasini K sistemada ifodalaydi. SHuning uchun quyidagi munosabatning bajarilishi shart:

$$\omega = \omega' \frac{1 - (v/c)}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} = \omega' \sqrt{\frac{1 - (v/c)}{1 + (v/c)}}.$$

Doiraviy ω chastotadan odatdagi ν chastotaga o'tib, manba sistemasidagi ν' chasgotani ν_0 bilan belgilab:

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 - (v/c)}{1 + (v/c)}} \quad (15.12)$$

ifodaga ega bulamiz:

Manbaning qabul qilgichga nisbatan v tezligi algebraik kattalikdir. Manba uzoqlashganda $v > 0$ va (15.12) ga muvofiq $\nu < \nu_0$, manba qabul qilgichga yaqinlashganda esa $v < 0$ va $\nu > \nu_0$ bo'ladi.

$v \ll c$ bo'lgan hol uchun (15.12) formulani quyidagi taxminiy holga keltirish mumkin:

$$\nu \approx \nu_0 \frac{1 - \frac{1}{2} \frac{v}{c}}{1 + \frac{1}{2} \frac{v}{c}} \approx \nu_0 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v}{c}\right) \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v}{c}\right),$$

bu erda v/c – tartibli a’zolar bilan chegaralanib quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$\nu = \nu_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right) \quad (15.13)$$

(26.17) dan chastotaning nisbiy o‘zgarishini topish mumkin.

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} = -\frac{v}{c}, \quad (15.14)$$

bu erda $\Delta \nu = \nu - \nu_0$.

Biz qarab chiqqan *bo‘ylama effektdan* tashqari yopyg‘lik to‘lqinlari uchun nisbiylik nazariyasidan *Dopplerning ko‘ndalang effekti* ham mavjudligi kelib chiqadi. Bu effekt qabul qilgichga etib kelayotgan chastotaning nisbiy tezlik vektori qabul qilgich va manbalardan o‘tgan to‘g‘ri chiziqqa perpendikulyar yo‘nalgan (masalan, manba aylana bo‘ylab harakat qilib, uning markazida qabul qilgich turgan) hol uchun kamayib borishidan iborat). Bu holda manba sistemasidagi ν_0 chastota qabul qilgich sistemasidagi ν chastota bilan quyidagi munosabat orqali bog‘langan:

$$\nu = \nu_0 \sqrt{1 - (v^2 / c^2)} \approx \nu \left(1 - \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2}\right). \quad (15.15)$$

Dopplerning ko‘ndalang effekti chastotaning nisbiy o‘zgarishi

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} = -\frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \quad (15.16)$$

bo‘lib, v/c nisbatning kvadratiga proporsionaldir, demak, bo‘ylama effektdagidan ancha kichik (uning uchun chastotaning nisbiy o‘zgarishi v/c ning birinchi darajasiga proporsional).

Dopplerning ko‘ndalang effekti mavjudligini 1938 yilda Ayvs eksperimental isbot qilgan. Ayve tajribalarida katod nurlaridagi vodorod atomlarining nurlanish chastotasining o‘zgarishi aniqlangan. Atomlar tezligi taxminan $2 \cdot 10^6$ m/sek ga teng edi. Bu tajribalar Lorents almashtirishlarining o‘rinli ekanligining bevosita eksperimental tasdiqi hisoblanadi.

Umumiy holda nisbiy tezlik vektorini ikkita tashkil etuvchiga ajratish mumkin, ularning biri nurga parallel, ikkinchisi esa unga perpendikulyar yo‘nalgan bo‘ladi. Birinchi tashkil etuvchi Dopplerning bo‘ylama va ikkinchisi esa ko‘ndalang effektini yuzaga keltiradi.

Dopplerning bo'ylama effektidan yulduzlarning «radial» tezligini aniqlashda foydalaniladi. Yulduzlar spektridagi chiziqlarning nisbiy siljishni o'lchab, (26.18) formuladan v ni aniqlash mumkin.

Yorug'lik sochayotgan gazdagi molekullarning issiqlik harakati Doppler effekti tufayli spektr chiziqlarining kengayishiga olib keladi. Issiqlik harakatining xaotikligi tufayli molekulaning spektrografiga nisbatan tezligining hamma yo'nalishlari ehtimolligi bir xil. SHuning uchun asbobga kelib tushayotgan nurlanishda $\nu_0(1 - v/c)$ dan boshlab $\nu_0(1 + v/c)$ gacha bo'lgan intervaldagi chasgotalar ishtirok egadi. Bu erda ν_0 molekuladan chiqayotgan yorug'lik chastotasi, v –issiqlik harakat tezligi. SHunday qilib, spektral chiziqlarning asbobda o'lchanayotgan kengligi $2\nu_0 \frac{v}{c}$ ga teng bo'ladi. Bu

$$\delta\nu_D = \nu_0 \frac{v}{c} \quad (15.17)$$

kattalikni *spektral chiziqlarning Doppler kengligi* deb atash qabul qilingan.

Spektral chiziqlarning Dopplercha kengayish kattaligiga qarab molekullarning issiqlik harakat tezligi, demak, yopiq'lik sochuvchi gaz temperaturasi haqida fikr yurgizish mumkin.

15-mavzu: Umumiy nisbiylik nazariyasining elementlari.

Reja:

1. Umumiy nisbiylik nazariyasining prinsiplari.
2. Gravitasion maydon va fazo-vaqt metrkasi.
3. Umumiy nisbiylik nazariyasining eksperimental tasdiqlanishi.
4. Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika.

Tayanch so'zlar. Dunyo efiri, Eynshtenning nisbiylik prinsipi, Galiley almashtirishlari, Lorents almashtirishlari, Shvarsschild yechimi, gravitasion to'liqlar, Gravitasion kollaps, kvantomexanik bosim, oq mittilar, Neytron yulduzlar va pulsarlar.

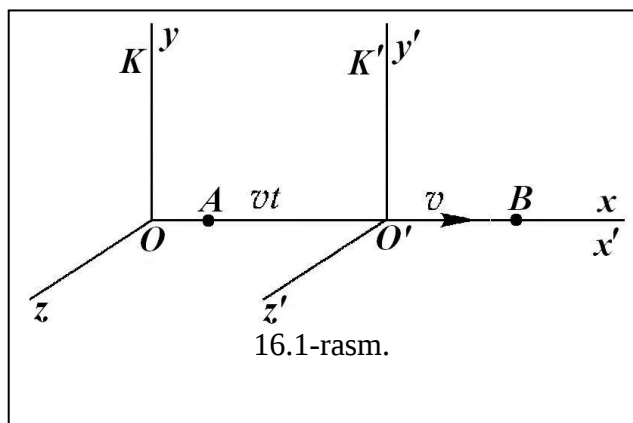
SHu paytgacha qaralganda yorug'lik tarqalishi, yorug'lik manbalari, qabul qilgichlar va boshqa jismlar harakatsiz deb faraz qilindi. Agar yorug'lik to'liqlari manbai (qabul qilgichi) harakatlansa yorug'likning tarqalishi qanday bo'lishi optikani qiziqtiruvchi savollardan biridir. Bunda harakat nimaga nisbatan sodir bo'layotganligini ko'rsatish zaruriyati tug'iladi. Tovush

to'liqlarining manbalari va qabul qilgichlarining shu to'liqlar tarqalayotgan muhitga nisbatan harakati akustik hodisalarning borishiga ta'sir ko'rsatadi (Doppler effekti).

Gyuygensning to'liq nazariyasiga binoan yorug'lik «dunyo efiri» deyiluvchi muhitda tarqaluvchi elastik to'liq deb talqin etilishi yuqorida qarab o'tildi. Maksvellning elektromagnit nazariyasi paydo bo'lgach elastik efir o'rnini elektromagnit to'liqlari va maydonlarni eltuvchi efir egalladi. Bu efir o'zidan avvalgi elastik efir kabi butun dunyoni egallagan va hamma jismlardan o'ta oladigan alohida bir muhit deb faraz qilingan. Efir biror muhit bo'lganligi sababli jismlarning bu muhitga nisbatan harakatlarini sezishni nazarda tutish mumkin edi. Xususan, Erning Quyosh atrofidagi harakatiga ta'sir ko'rsatuvchi «Efir shamoli» ning mavjudligini kutish mumkin edi.

Jismlarning efirga nisbatan harakatini bilish absolyut sanoq sistemaning paydo bo'lishiga olib kelar va hamma boshqa sistemalarning harakatini esa shu sistemaga nisbatan qarash mumkin bo'lar edi. Mexanikadagi Galileyning nisbiylik prinsipiga asosan hamma mexanikaviy hodisalar turli inersial sanoq sistemalarida birday o'tadi. Bundan esa hamma inersial sanoq sistemalar mexanika nuqta nazaridan butunlay teng kuchli ekanligi kelib chiqadi. Efirni sezish (optik hodisalar yordami bilan) boshqa sanoq sistemalariga nisbatan ustun va alohida (efir bilan bog'liq bo'lgan) absolyut sanoq sistemani ajratish imkoni tug'ilgan bo'lar edi. U vaqtda boshqa sistemalarning harakatini shu absolyut sistemaga nisbatan qarab chiqish mumkin bo'lar edi.

Eynshteyn alohida absolyut sanoq sistemasi vazifasini o'tashi mumkin bo'lgan muhit – dunyo efiri mavjud emas degan xulosaga keldi. SHunga asosan Eynshteyn Galileyning mexanikaviy nisbiylik prinsipini hamma fizikaviy hodisalarga tatbiq qildi. Eynshteynning nisbiylik prinsipiga asosan, *tabiatning hamma qonunlari bir inersial sanoq sistemadan ikkinchisiga o'tishga nisbatan invariantdir* (maxsus nisbiylik nazariyasida faqat inersial sanoq sistemalari bilan ish ko'riladi). Keyinchalik Eynshteyn tajriba dalillariga muvofik, *yorug'lik tezligi bo'shliqda hamma inersial sanoq sistemalarda bir xil va yorug'lik manbai hamda qabul qilgichlarning harakatiga bog'liq emas* degan postulatni yaratdi.



Nisbiylik prinsipi va yorug'lik tezligining o'zgarmaslik prinsipi o'z mazmuni bilan fazo va vaqtning fizikaviy nazariyasi hisoblanib, maxsus nisbiylik nazariyasining asosini tashkil qiladi.

Klassik mexanikada fazo va vaqt birbirlariga bog'liq bo'lmagan holda qaralardi. Nyuton absolyut fazo va absolyut vaqt mavjud deb hisoblardi. U absolyut fazoni tashqi biror narsaga

bog'liq bo'lmagan, buyumlarning doim bir xil va harakatsiz qoluvchi makonidir deb ta'rifladi. SHunga muvofiq, biror sanoq sistemada bir vaqtda sodir bo'luvchi ikki hodisaning boshqa qolgan sanoq sistemalarida ham bir xil vaqtda sodir bo'lishi mutlaqo o'rinlidir, deb hisoblanardi. Lekin bu keyingi tasdiqnomaning yorug'lik tezligining o'zgarmaslik prinsipiga qarama-qarshi ekanligiga ishonch hosil qilishi kiyin emas.

Ikkita inersial sanoq sistemalarini olib, ularni K va K' lar bilan belgilaylik (26.5-rasm). K' sistema K sistemaga nisbatan v tezlik bilan harakatlanayotgan bo'lsin. x va x' o'qlarni $\vec{v}$ vektor bo'ylab yo'naltiraylik, y va y' hamda z va z' o'qlarini esa o'zaro parallel deb hisoblaylik. Ikkala sistemada ham bitta jarayonni, ya'ni K' sistemaning O' koordinata boshida turuvchi jismning yorug'lik signalini tarqatishi va bu signalning A va B jismlarga etib borishini ko'rib chiqaylik. Signal manbai hamda A va B jismlar K' sistemaga nisbatan tinch holatda turibdi. Undan tashqari bu sistemada o'lchangan $O'A$ va OB oraliqlari ham o'zaro teng. Demak, signal K' sistemada A va B jismlarga bir xil vaqt momentlarida etib boradilar, chunki yorug'lik tezligi hamma yo'nalishda bir xil va c ga teng. Xuddi shu jarayonni K sanoq sistemasida ko'rib chiqaylik. Yorug'lik bu sistemaga nisbatan ham, shuningdek hamma yo'nalishda s tezlik bilan tarqaladi. A jism yorug'lik nuriga qarab harakat qiladi, B jism esa nurga etib olishi kerak. SHuning uchun nur A jismga B jismga qaraganda oldinroq etib keladi. SHunday qilib, K' sistemada bir xil vaqtli bo'lgan hodisa K sistemada turli xil vaqtli bo'lib chiqdi. Bundan ko'rinadiki, turli xil sistemalarda vaqt turlicha o'tadi. Eynshteyn ikki hodisaning bir vaqtililigini tasdiqlash, har qanday boshqa fizikaviy tasdiqnomanalar kabi, eksperimental tekshirishga muhtoj deb ko'rsatdi. Biror sanoq sistemadagi hodisani tavsiflash uchun, uning qayerda va qachon sodir bo'layotganligini ko'rsatish lozim. Agar fazoning biror hodisa sodir bo'layotgan eridagi har bir nuqtaning koordinatalarini ko'rsatuvchi belgi hamda vaqt momentini ko'rsatuvchi soatlarni joylashtirish mumkin bo'lsa, bu masalani hal qilish imkoni bo'lar edi. Koordinata belgilarini birlik masshtab yordamida ko'rib chiqish mumkin. Soatlar sifatida davriy qaytariluvchi jarayonni yuzaga keltirayotgan istalgan sistemani olish mumkin. Fazoning turli nuqtalaridagi ikki hodisaning sodir bo'lish vaqtlarini solishtirish uchun, bu nuqtalarda turgan soatlarning sinxron yurayotganliklariga ishonch hosil qilish lozim.

Soatlarni birga qo'yib, ko'rsatishlarini solishtirilgandan so'ng ularni fazoning belgilangan nuqtalarga olib borib qo'yish bilan sinxronizatsiyani amalga oshirishi mumkinday tuyuladi. Lekin bunday usul noto'g'ri, chunki biz soatlarni bir erdan ikkinchi erga ko'chirish, ularning yurishiga qanday ta'sir ko'rsatishini bilmaymiz. SHuning uchun soatlarning avval o'z o'rinlariga olib borib qo'yib, so'ng ularning ko'rsatishlarini solishtirib ko'rish lozim. Buni soatlarning biridan

ikkinchisiga yorug'lik signalini yuborish yo'li bilan bajarish mumkin. A nuqtadan t_1 momentda (A dagi soat bo'yicha) yorug'lik signali B nuqtaga qo'yilgan ko'zguga yuborilib, undan qaytib yana A nuqtaga t_2 momentda etib keladi deb faraz qilaylik. Agar signalning B nuqtaga etib borish momentidagi soatning ko'rsatish vaqti $t = (t_1 + t_2)/2$ ga teng bo'lsa, B dagi soatni A dagi soat bilan sinxron deb hisoblash lozim. Bunday solishtirishni K sistemaning turli nuqtalariga o'rnatilgan hamma soatlar uchun o'tkazish zarur. Agar A va B nuqtalardagi soatlar bo'yicha hisoblangan vaqtlar teng bo'lsa, shu nuqtalardagi hodisalarni K sistemada bir vaqtda o'tdi deyish mumkin.

K' sistemadagi va shuningdek, istalgan boshqa inersial sanoq sistemadagi hamma soatlar ham shunga o'xshash sinxronlashtiriladi. Sinxronlashtirishni amalga oshirishda tezligi hamma inersial sanoq sistemalarda bir xil bo'lgan yorug'lik signalidan foydalaniladi. SHuning uchun ham soatlarning yurishini sinxronlashtirishda faqat yorug'lik signalidan foydalaniladi. Ma'lumki, yorug'lik tezligi eng katta chegaraviy tezlik hisoblanadi. Hech qanday signal va hech qanday bir jismning ikkinchi jismga ta'siri yorug'lik tezligidan katta tezlik bilan tarqala olmaydi. Yorug'lik tezligining hamma sanoq sistemalarida bir xil bo'lishi yuqoridagi hol bilan tushuntiriladi. Nisbiylik prinsipiga asosan tabiat qonunlari hamma sistemalyarda bir xil bo'lishi lozim. Signalning tezligi chegaraviy qiymatdan katta bo'la olmasligi haqidagi dalil ham tabiat qonunidir. SHuning uchun chegaraviy tezlik qiymati hamma sanoq sistemalarida bir xil bo'lishi lozim.

Yana K va K' inersional sanoq sistemalarini ko'rib chiqamiz (K' sistema K ga nisbatan $\vec{v}$ tezlik bilan harakatlanadi. Koordinata o'qlarini 26.5-rasmda ko'rsatilganday qilib yo'naltiramiz. Biror hodisaga K sistemada x, y, z, t – kordinata va vaqt qiymatlari, K' sistemada esa – x', y', z', t' qiymatlari mos kelsin. Klassik fizikada vaqt ikkala sistemada birday utadi, ya'ni $t = t'$ deb hisoblanadi. Agar $t = t' = 0$ momentda ikkala sistemaning koordinata boshlari ustma-ust tushgan bo'lsa, hodisaning ikkala sistemadagi koordinatalari orasida quyidagi munosabat mavjud bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} x &= x' + vt' = x' + vt \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= t \end{aligned} \right\} \quad (16.1)$$

(16.1) tenglamalar to'plami *Galiley almashtirishlari* nomi bilan yuritiladi. Ulardan klassik mexanikaning tezliklarini qo'shish qonuni kelib chiqadi, ya'ni:

$$u_x = u'_x + v; \quad u_y = u'_y; \quad u_z = u'_z. \quad (16.2)$$

Bu qonun yorug'lik tezligining o'zgarmaslik prinsipiga mos emasligini ko'rish qiyin emas. Haqiqatdan ham, agar yorug'lik signali K' sistemada c ($u'_x = c$) tezlik bilan tarqalayotgan bo'lsa, u holda (16.3) ga asosan K sistemada signal tezligi $u_x = c + v$ ga teng bo'ladi, ya'ni c dan ortib ketadi. Demak, Galiley almashtirishlarini boshqa formulalar bilan almashtirish lozim. Bu formulalarni topish qiyin emas.

Fazo bir jinsli bo'lganidan almashtirish formulalari koordinata boshini ko'chirish (ya'ni x ni $x + v$ va h.k. ga almashtirish) bilan o'zgarmasligi lozim, degan xulosa chiqadi. Bu shartni faqat chiziqli almashtirishlarga qanoatlantiradi. Koordinata o'qlarini 26.5-rasmda ko'rsatilganday, tanlanganda, $y=0$ tekislik $y'=0$ tekislik bilan, $z=0$ tekislik esa $z'=0$ tekislik bilan ustma-ust tushadi. Demak, y va y' koordinatalari faqat

$$y = \varepsilon y'$$

munosabat bilan bog'langan bo'lishi mumkin. K va K' sistemalarning to'liq teng kuchliligi sababli, birinchi holdagi ε ning o'zi ishtirok etgan $y' = \varepsilon y$ munosabat o'rinli bo'ladi. Ikkala munosabatni o'zaro ko'paytirib $\varepsilon^2 = 1$ ga ega bo'lamiz. Bundan $\varepsilon = \pm 1$ bo'ladi. Musbat ishora bir tomonga yo'nalgan y va y' o'qlariga, manfiy ishora esa qarama-qarshi yo'nalgan o'qlarga tegishlidir. O'qlarni bir xil yo'naltirib,

$$y = y' \quad (16.4)$$

ga ega bo'lamiz. Xuddi shunday mulohazalardan

$$z = z' \quad (16.5)$$

ni hosil qilamiz.

x va t lar uchun almashtirish formulasini topaylik. K sistemaning koordinata boshi K sistemada $x=0$, K' sistemada esa $x' = -vt'$ ga ega. Demak, $x' + vt'$ nolga peng bo'lganda x koordinata ham nolga tenglashadi. Buning uchun chiziqli almashinish quyidagi ko'rinishga ega bo'lishi lozim:

$$x = \gamma(x' + vt'). \quad (16.6)$$

SHunga o'xshash K' sistemaning koordinata boshi K' sistemada $x'=0$ koordinataga, K sistemasida $x = vt$ koordinataga ega bo'ladi.

Bundan:

$$x = \gamma(x - vt) \quad (16.7)$$

ekanligi kelib chiqadi.

K va K' sistemalarning to'liq teng kuchliligidan har ikkala tenglamada ham faqat birgina proporsionallik koeffitsientining o'zi ishtirok etishi kelib chiqadi (bu formulalarda v ning ishorasi har xilligi sistemalarning bir-birlariga nisbatan qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanayotganligi natijasidir; agar sistema K ga nisbatan o'ngga qarab harakat qilsa, K sistema K' ga nisbatan chapga qarab harakatlanadi).

Hodisaning K' sistemada ma'lum bo'lgan x' koordinata va t' vaqtlar yordamida K sistemadagi x koordinatasini (16.6) formula orqali aniqlash mumkin. Hodisaning K sistemadagi t vaqtni aniqlash uchun (16.6) va (16.7) tenglamalardan x ni yo'qotib, hosil bo'lgan ifodani t ga nisbatan echiladi. Natijada:

$$t = \gamma \left[t' + \frac{x'}{v} \left(1 - \frac{1}{\gamma^2} \right) \right] \quad (16.8)$$

hosil bo'ladi.

Proporsionallik koeffitsienti γ ni topish uchun yorug'lik tezligining o'zgarmaslik prinsipidan foydalanamiz. Vaqt $t = t' = 0$ bo'lgan paytda (ikkala sistemada vaqt koordinata boshlari ustma-ust tushgan paytdan boshlab hisoblanadi) x o'qi yo'nalishida $x = a$ koordinatali nuqtada turgan ekranda chaqnash hosil qiladigan yorug'lik signali beriladi deb faraz qilaylik. Bu hodisa (chaqnash) K sistemada $x = a$, $t = b$. K' sistemada esa $x' = a'$, $t' = b'$ koordinatalar bilan belgilanadi. Hodisa koordinatalarini $a = cb$, $a' = cb'$ ligidan foydalanib, ikkala sistemada quyidagi

$$x = cb, \quad t = b \quad \text{va} \quad x' = cb', \quad t' = b'.$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bu qiymatlarni (26.6) va (26.7) formulalarga qo'yib:

$$\begin{aligned} cb &= \gamma(cb' + vb') = \gamma(c + v)b'; \\ cb' &= \gamma(cb - vb) = \gamma(c - v)b \end{aligned} \quad (16.9)$$

ga ega bo'lamiz. Ikkala tenglamani o'zaro ko'paytirsak,

$$c^2 = \gamma^2(c^2 - v^2)$$

munosabat kelib chikadi. Bundan

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v^2 / c^2)}} \quad (16.10)$$

qiymatni olamiz.

Bu qiymatni (16.6) va (16.8) larga qo'yilsa, x va t larning eng so'nggi ko'rinishdagi formulasi hosil bo'ladi. Ularga (16.4) va (16.5) formulalarni qo'shib, quyidagi tenglamalar to'plamiga ega bo'lamiz:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, \\ y &= y', \\ z &= z', \\ t &= \frac{t' + (v/c^2)x'}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} \end{aligned} \right\} \quad (16.11)$$

K' sistemada o'lgan koordinata va vaqtdan (16.11) formula yordamida K sistemadagi koordinata va vaqtga (qisqacha K' sistemadan K sistemaga) o'tiladi. Agar (16.11) tenglamalarni shtrixlangan miqdorlarga nisbatan echilsa, K sistemadan K' sistemaga o'tish uchun kerak bo'lgan almashtirish formulalari hosil bo'ladi:

$$\left. \begin{aligned} x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}, \\ y' &= y, \\ z' &= z, \\ t' &= \frac{t - (v/c^2)x}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}} \end{aligned} \right\} \quad (16.12)$$

K va K' sistemalarning teng kuchga egaligini nazarda tutilganda (16.12) formulaning (16.11) formuladan faqat v ning oldidagi ishora bilan farq qilishi kutilgandidek kelib chiqdi. (16.11) va (16.12) formulalar Lorents almashtirishlari deb yuritiladi. Lorents almashtirishlari $v \ll c$ bo'lgan holda Galiley almashtirishlari (16.2) ga o'tishini ko'rish qiyin emas. SHunday qilib, Galiley almashtirishlari yorug'lik tezligiga nisbatan ancha kichik bo'lgan tezliklar uchun o'z qiymatini saqlab qoladi. $v > c$ bo'lgan hollarda x , t , x' va t' lar uchun (16.11) va (16.12) ifodalar mavhum bo'lib qoladi. Bu hol yorug'likning bushlikdagi tezligidan katta bo'lgan tezlikning yuqqligiga mos keladi. Hatto c tezlik bilan harakat qilayotgan sanoq sistemadan foydalanish mumkin emas, chunki $v = c$ bo'lganda x va t larning formulalaridagi maxraj nolga teng bo'lib qoladi.

Nazorat savollar

1. Umumiy nisbiylik nazariyasining prinsiplari nima?
2. Gravitasion maydon va fazo-vaqt metrasi deganda nimani tushunasiz?
3. Umumiy nisbiylik nazariyasining eksperimental tasdiqlanishi nima?
4. Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika bog'liqligi qanday tushuntiriladi?

AMALIY MASHG'ULOT

1-mavzu: Vektorlar algebrasiga doir masalalar yechish.

Ushbu mavzuda vektorlar algebrasiga vector operatorlarga doir masalalar yechiladi. Bu yerda yuqorida ma'ruza mashg'lotida keltirilgan vektorlar algebrasi va vektorlar operatorlarining qonuniyatlaridan foydalaniladi.

1.1-Masala.Quyidagi tengliklarni isbotlang.

1. $[k[dL]] + [d[Lk]] + [L[kd]] = 0$
2. $([\vec{a}\vec{b}][\vec{c}\vec{d}]) = (\vec{c}\vec{a})(\vec{d}\vec{b}) - (\vec{c}\vec{b})(\vec{d}\vec{a})$
3. $[[\vec{a}\vec{b}], [\vec{c}\vec{d}]] = \vec{c}(\vec{d}[\vec{a}\vec{b}]) - \vec{d}(\vec{c}[\vec{a}\vec{b}])$
4. $[\vec{a}\vec{b}]^2 = a^2 b^2 - (\vec{a}\vec{b})^2$
5. $[\vec{a}, (\vec{a}, \varphi)] = 0, \quad \vec{a}[\vec{a}\vec{b}] = 0$
6. $(\vec{a}[\vec{b}\vec{c}]) = (\vec{b}[\vec{c}\vec{a}]) = (\vec{c}[\vec{a}\vec{b}])$
7. $(\vec{c}[\vec{a}\vec{b}]) = \vec{a}(\vec{c}\vec{b}) - \vec{b}(\vec{c}\vec{a})$

2-mavzu: Vektor operatorlarga doir masalalar yechish.

Ushbu mavzuda vector operatorlarga doir masalalar yechiladi. Bu yerda yuqorida ma'ruza mashg'lotida keltirilgan vektorlar operatorlari (gradient,divergensiya, rotor, nabla)ning qonuniyatlaridan hamda Ostrogradiskiy – Gauss va Stoks teoremlaridan foydalaniladi.

1.1-Masala.Quyidagi tengliklarni isbotlang.

1. $\text{divrot}\vec{a}=0$
2. $\text{rotrot}\vec{a}=\text{graddiv}\vec{a}-\nabla^2\vec{a}$
3. $\text{div}\vec{r}=3$ (buyerda $\vec{r}$ -radiusli vector)
4. $\text{rotgrad}\varphi = 0$
5. $\text{divrod}\vec{a} = 0$
6. $\text{divgrad}\varphi = \nabla^2\varphi$
7. $\text{rotrot}\vec{a} = \text{graddiv}\vec{a} - \nabla^2\vec{a}$

8. $\text{grad}(\varphi\psi) = \varphi \text{grad}\psi + \psi \text{grad}\varphi$
9. $\text{rot}(\varphi\vec{a}) = ?$ nimaga tengligini aniqlansin?
10. $\text{div}(\varphi\vec{a}) = ?$ Nimaga tengligi aniqlansin?
11. $\text{div}[\vec{a}\vec{b}] = \vec{b}\text{rot}\vec{a} - \vec{a}\text{rot}\vec{b}$ munosabatni isbotlang.

AMALIY MASHG'ULOT

3-mavzu: Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalarining to'liq sistemasiga doir masalalar yechish.

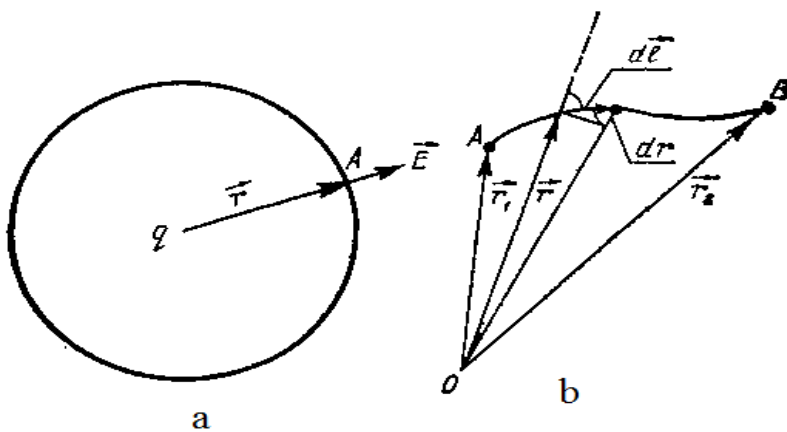
Ushbu mavzuda elektr maydonini hisoblashda Maksvell tenglamalar sistemasining integral va differensial ko'rinishidan foydalaniladi.

3.1-Masala.Quyidagi tengliklarni keltirib chiqaring.

$$\text{a) } \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q \vec{r}}{r^3},$$

$$\text{b) } \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right),$$

$$\text{b) } \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon r},$$



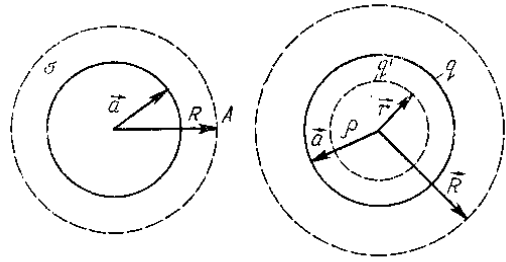
5.1-rasm

3.2-Masala.Quyidagi tengliklarni keltirib chiqaring. Sirti bo'yicha zaryad zichlik bilan bir tekis zaryadlangan a radiusli metal sferaning tashqarisidagi maydon uchun quyidagi formulalar topilsin.

$$\text{a) } \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q \vec{r}}{r^3},$$

$$\text{b) } \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right),$$

$$\text{b) } \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon r},$$



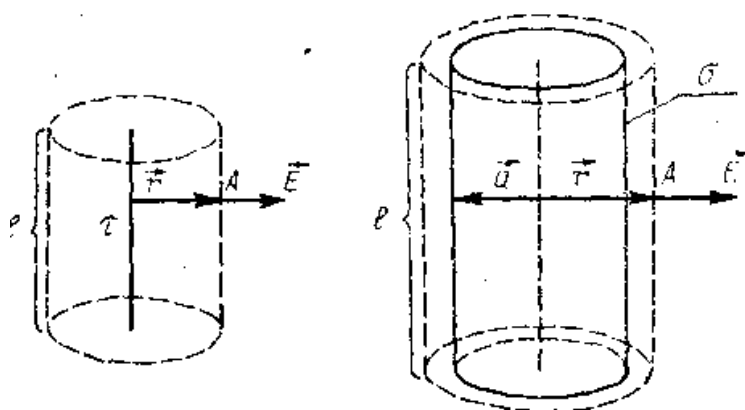
3.2-rasm

3.3-Masala.Quyidagi tengliklarni keltirib chiqaring. Hajmi bo'yicha zaryad zichlik bilan bir tekis zaryadlangan a radiusli metal sferaning tashqarisidagi maydon uchun quyidagi formulalar topilsin.

$$\begin{aligned} \text{a)} \quad \vec{E}_T &= \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q \vec{R}}{R^3} = \frac{1}{3} \frac{\rho}{\epsilon} \frac{a^3 \vec{R}}{R^3}, \\ \text{b)} \quad \vec{E}_u &= \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q \vec{r}}{a^3} = \frac{1}{3} \frac{\rho}{\epsilon} \vec{r}, \\ \text{v)} \quad \varphi_1 - \varphi_2 &= \frac{1}{3} \frac{\rho}{\epsilon} a^3 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right), \\ \text{r)} \quad \varphi_T &= \frac{1}{3} \frac{\rho}{\epsilon} \frac{a^3}{R}, \quad \varphi_u = \frac{1}{6} \frac{\rho}{\epsilon} (3a^2 - r^2), \\ \text{d)} \quad \varphi_s &= \frac{1}{3} \frac{\rho}{\epsilon} a^2. \end{aligned}$$

3.4 -Masala. Uzunligi bo'yicha zaryad zichlik bilan bir tekis zaryadlangan cheksiz o'tkazgich maydoni uchun quyidagi formulalar isbotlangasin.

$$\begin{aligned} \vec{E} &= \frac{1}{2\pi\epsilon} \frac{\tau \vec{r}}{r^2}, \\ \varphi_1 - \varphi_2 &= \frac{\tau}{2\pi\epsilon} \ln \frac{r_2}{r_1} \end{aligned}$$



3.3-rasm

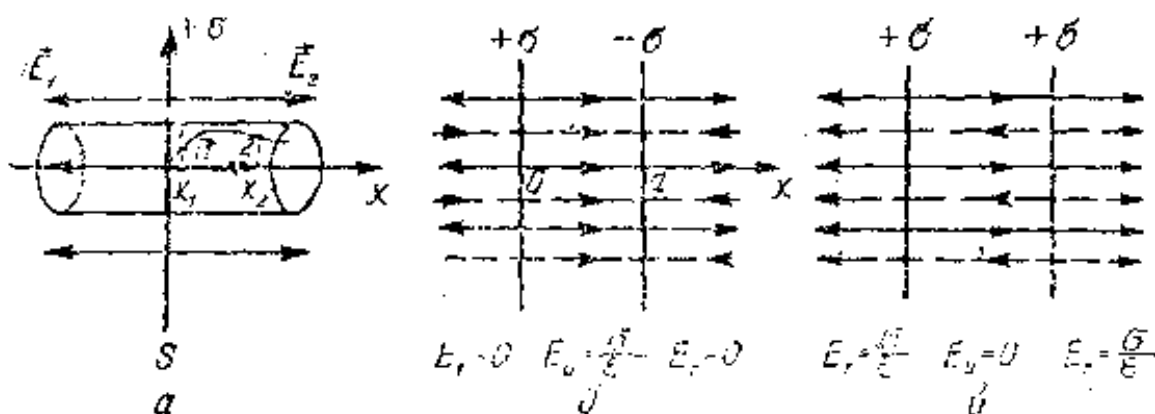
3.4 - Masala. Sirti bo'yicha zaryad zichlik bilan bir tekis zaryadlangan a radiusli va L uzunlikdagi slindr maydoni uchun quyidagi formulalar keltirib chiqarilsin.

$$\vec{E} = \frac{q}{2\pi\epsilon l} \frac{\vec{r}}{r^2} = \frac{\sigma}{\epsilon} \frac{a}{r^2} \vec{r},$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\sigma}{\epsilon} a \ln \frac{r_2}{r_1},$$

$$\varphi = \varphi_s - \frac{\sigma}{\epsilon} a \ln \frac{r}{a}.$$

3.5- Masala. Quyidagi tengliklarni keltirib chiqaring. σ sirt zichligi bilan zaryadlangan cheksiz tekislikning va parallel tekisliklar (rasmga qarang) elektr maydon kuchlanganligini hisoblash formulasini keltirib chiqaring.



3.4-rasm

AMALIY MASHG'ULOT

4-mavzu: Elektrostatik maydon uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish.

Ushbu mavzuda elektr maydonini hisoblashda Maksvell tenglamalar sistemasining integral va differensial ko'rinishidan foydalaniladi.

4.1-Masala. Uzunligi bo'yicha τ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan r radiusli halqani uning markazidan o'tuvchi o'qda yotuvchi va halqa markazidan L masofadagi nuqtaning elektr maydon kuchlanganligini hisoblang.

4.2-Masala. Sirti bo'yicha σ zaryad zichligi bilan bir tekis zaryadlangan r radiusli metal sferanig sirtidagi h masofadagi elektr maydon kuchlanganligi Ostrogradskiy-Gauss teoremasi orqali keltirib chiqaring.

4.3-Masala. Nuqtaviy zaryadning undan biror r masofadagi maydon kuchlanganligi va potensialini Ostrogradskiy-Gauss teoremasi orqali keltirib chiqaring.

4.4-Masala. Sirt bo'yicha σ zichlik bilan bir tekis zaryadlangan parallel plastinka orasidagi va tashqarisidagi maydon kuchlanganligi va potentsiali topilsin. Zaryad zichliklari $+\sigma_1$ va $-\sigma_2$ ga teng deb olinsin.

4.5-Masala. Sirti bo'yicha σ zichlik bilan bir tekis zaryadlangan a radiusli metall sferaning tashqarasidagi maydonning $\vec{E}$, kattaliklari topilsin?. Hamda sfera sirtidan o'tishda maydonni sakrab o'zgarishi topilsin?

4.6-Masala. Sirti bo'yicha bir tekis σ zichlik bilan zaryadlangan a radiusli l uzunlikdagi silindr maydoni uchun $\vec{E}$ kattalik topilsin? Silindr sirtidan o'tishda chegaraviy shartning bajarilishi tekshirilsin?

4.7-Masala. Sirti bo'yicha bir tekis σ zichlik bilan zaryadlangan a radiusli l uzunlikdagi silindr maydoni uchun $\vec{E}$, $\varphi_1 - \varphi_2$, φ va φ_{srti} kattaliklar topilsin? Silindr sirtidan o'tishda chegaraviy shartning bajarilishi tekshirilsin?

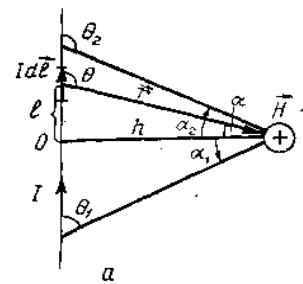
AMALIY MASHG'ULOT

5-mavzu: Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalarining to'liq sistemasiga doir masalalar yechish.

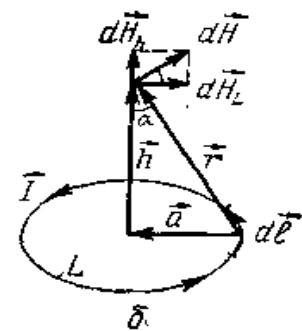
Ushbu mavzuda elektr maydonini hisoblashda Maksvell tenglamalar sistemasining integral va differensial ko'rinishidan foydalaniladi.

5.1. Chekli L uzunlikdagi chekli tok magnit maydoninigundan h masofada yotuvchi nuqtadagi kuchlanganligini keltirib chiqaring.

$$H = \frac{I}{4\pi h} (\sin\alpha_1 + \sin\alpha_2) = \frac{I}{4\pi h} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$



5.2. a radiusli aylanma I tok markazidan o'tuvchi o'qning undan h masofada yotuvchi nuqtadagi magnit maydon kuchlanganligi va induksiya vektori topilsin?



5.2-rasm

5.3. Tomonlari a va b ga teng bo'lgan to'rtburchak shakldagi I tokli o'tkazgich markazidagi magnit maydon kuchlanganligi topilsin?

5.4. Tomonlari a ga teng bo'lgan muntazam uchburchak shakldagi I tokli o'tkazgich markazidagi magnit maydon kuchlanganligi topilsin?

5.6. Tomonlari a ga teng bo'lgan muntazam oltiburchak shakldagi I tokli o'tkazgich markazidagi magnit maydon kuchlanganligi topilsin?

5.7. Tok kuchlari $I_1 = I_2 = I$ ga teng bo'lgan ikkita parallel tokli o'tkazgichlardan bir tomonga yo'nalgan toklar oqib o'tsa va ular orasidagi masofa r ga teng bo'lsa, $r_1 > r$ hamda $r_2 < r$ masofalardagi nuqtada magnit maydon kuchlanganlik vektorini aniqlang?

- 5.8. a radiusli aylanma I tok markazidan o'tuvchi o'qning undan qanday masofada magnit maydon kuchlanganligi va induksiya vektorini maksimal qiymatda bo'ladi?
- 5.9. Cheksiz uzunlikdagi chiziqli tok magnit maydonining undan a masofada yotuvchi nuqtadagi maydon induksiya vektorini va kuchlanganligi aniqlansin?
- 5.10. Chekli tokli o'tkazgichdan $2A$ tok o'tmoqda. O'tkazgichdan 10sm masofada magnit maydon kuchlanganligini toping.

AMALIY MASHG'ULOT

6- mavzu: Magnitostatik maydon uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish.

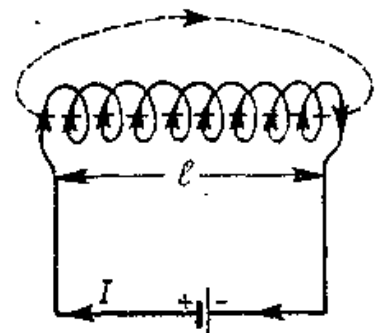
Ushbu mavzuda elektr maydonini hisoblashda Maksvell tenglamalar sistemasining integral va differensial ko'rinishidan foydalaniladi.

6.1. l uzunlikdagi tokli o'tkazgichdan halqadan I tok o'tmoqda. Halqaning radiusi R bo'lsa, halqa markazidagi magnit maydon induksiya vektorini Bio-Savar-Laplas qonunidan keltirib chiqaring.

6.2. l uzunlikdagi tokli halqadan I tok o'tmoqda. Halqaning radiusi $2R$ bo'lsa, halqa markazidan o'tuvchi o'qda yotuvchi nuqtani halqa markazidan L nuqtadagi magnit maydon induksiya vektorini Bio-Savar-Laplas qonunidan keltirib chiqaring.

6.3. l uzunlikdagi tokli o'tkazgichdan halqadan I tok o'tmoqda. Halqaning radiusi $2R$ bo'lsa, halqa markazidagi magnit maydon induksiya vektorini Bio-Savar-Laplas qonunidan keltirib chiqaring.

6.4. Bir jinsli magnit maydoni $B = (0,20,0)\text{mT}$ ko'rinishda berilgan bo'lib, bu maydonga 14sm radiusli yarimhalqa



6.1-rasm

2A tokli o'tkazgich joylashtirilgan. Bu tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir ta'sir etuvchi kuchni toping.

6.5. Yoy shaklidagi 20sm uzunlikdagi o'tkazgichdan 4A tok o'tmoqda. Yoyning radiusi 6sm bo'lsa, yoy markazidagi magnit maydon induksiya vektorini toping.

6.6. I tok oqayotgan N o'ramli cheksiz uzun solenoid ichidagi magnit maydon

$$H = \frac{NI}{l} = nI$$

kuchlanganligini keltirib chiqaring.

AMALIY MASHG'ULOT

7-8-mavzu: To'lqin tenglamasi. Elektromagnit to'lqinlar va ularni tarqalishiga doir masalalar yechish.

Ushbu mavzuda elektr maydonini hisoblashda Maksvell tenglamalar sistemasining integral va differensial ko'rinishidan foydalaniladi.

7.1-masala. Ikkita bir xil chastotali, o'zaro perpendikulyar yo'nalishlar bo'yicha chiziqli qutblangan, amplitudalari E_{01} , E_{02} fazalar farqi φ bo'lgan yassi monoxramatik to'lqin bir xil yo'nalaishdatorqaladi. Natijaviy to'lqinning qutblanishi aniqlansin.

7.2-masala. Tushush tekisligining normal bilan E vektori α burchak ostida hosil qiluvchi chiziqli yassi monoxramatik to'lqinning qaytish koeffitsienti aniqlansin. Olingan natijadan foydalanib tabiiy yorug'likning qaytish koeffitsienti ham topilsin.

7.3-masala. To'lqin tarqalish yo'nalishidagi dZ yo'lda yo'qotgan energiyasi shu yo'lda ajralovchi issiqlik miqdoriga tengligi ko'rsatilsin.

7.4-masala. To'la ichki qaytishda elektromagnit to'lqinning muhit ichida so'nishi aniqlansin.

7.5-masala. Qalinligi d, dielektriksinidiruvchanligi ϵ bo'lgan yassi parallel plastinkadan qaytuvchi va undan o'tuvchi elektromagnit to'lqinlar amplitudasi topilsin va qaytuvchi to'lqinning minimal bo'lish sharti aniqlansin.

AMALIY MASHG'ULOT

9-mavzu: O'zgarmas elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalarning harakatiga doir masalalar yechish.

9.1-masala. Bir jinsli elektr maydoniga $\vec{E}$ kuchlanganlik vektoriga perpendikulyar yo'nalishda $\vec{v}_0$ boshlang'ich tezlik bilan kiritilgan elektronning harakat qonuni va trayektoriya tenglamasi topilsin.

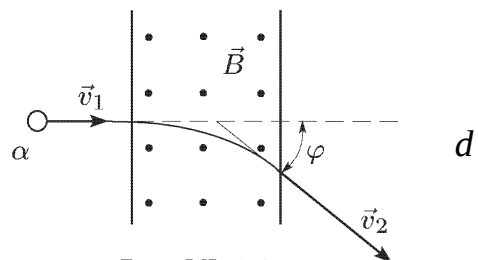
9.2-masala. Bir jinsli magnit maydoniga $\vec{B}$ kuchlanganlik vektoriga perpendikulyar yo'nalishda $\vec{v}_0$ boshlang'ich tezlik bilan kiritilgan elektronning harakat qonuni va trayektoriya tenglamasi topilsin.

9.3-masala. Elektron kuchlanganligi 10V/sm bo'lgan bir jinsli elektr maydoniga maydon yo'nalishi bo'ylab 10^4m/s tezlik bilan kiritilgan. Uning to'xtaguncha bosib o'tgan yo'li va harakatlanish vaqti aniqlansin. ($0,3\text{m}$, $5,7 \cdot 10^{-8}\text{s}$)

9.4-masala. Elektr maydoniga perpendikulyar yo'nalishda $\vec{v}_0$ boshlang'ich tezlik bilan kiritilgan elektronning L yo'lni o'tib, maydondan chiqib ketishida boshlang'ich yo'nalishdan og'ish burchagi m , L , e , $\vec{v}_0$ va E lar orqali aniqlansin. ($tga = eEL/mv^2$)

9.5-masala. Induksiyasi 1mT bo'lgan bir jinsli magnit maydonining kuch chiziqlari yo'nalishiga 30° burchak ostida praton uchib kirdi. Bunda pratonning vint qadamni uzunligini va vintning radiusini aniqlang. (5mm , $5,3\text{sm}$)

9.6-masala. α -zarracha kuchlanishi U bo'lgan elektr maydonidan tezlashtirilib, induksiyasi B va qalinligi bo'lgan bir jinsli magnit maydoniga gorizontaal yo'nalishda maydon kuch



chiziqlariga tik ravishda kirib borgan bo'lsa, α -zarrachani dastlabki yo'nalishidan og'ish burchagi α ni toping. ($\arcsin(\alpha B(e/mU)^{-1/2})$))

AMALIY MASHG'ULOT

10-mavzu: O'zgaro'vchan elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalarning harakatiga doir masalalar yechish.

10.1-masala. Elektrostatik maydon uchun quyidagi qaysi shrt bajarilishi kerak?

- A. Zaryadlar qo'zg'almas va barcha kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.
- B. Zaryadlar qo'zg'almas va barcha kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.
- C. Zaryadlar qo'zg'aladi va barcha kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.
- D. To'g'ri javob yo'q.

10.2-masala. Magnitostatik maydon uchun quyidagi qaysi shrt bajarilishi kerak?

- A. Doimiy toklar mavjud va barcha kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.
- B. Doimiy toklar mavjud va barcha kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.
- C. Doimiy va o'zgaruvchan toklar mavjud va barcha kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.
- D. To'g'ri javob yo'q.

10.3-masala. $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} = 0$ qanday maydonga tegishli? A. Magnit maydonga B. Elektr maydonga. C. Elektromagnit maydonga. D. Kvazistatsionar maydonga.

10.4-masala. $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ qanday maydonga tegishli.

A. Magnit maydonga B. Elektr maydonga. C. Elektromagnit maydonga. D. Kvazistatsionar maydonga.

10.5-masala. $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ tenglama qanday maydonga tegishli? A. Elektrostatik maydonga. B. Magnitostatik maydonga. C. Kvazistatsionar maydonga. D. elektromagnit maydonga.

10.6-masala. Ushbu $\vec{E} = 0$ shartga ko'ra elektromagnit maydon qanday maydonga aylanadi?

A. Uyurmaviy elektr maydonga. B. Elektrostatik maydonga C. Magnitostatik maydonga. D. O'zgaruvchan elektromagnit maydonga.

10.7-masala. Bir jinsli magnit maydoniga burchak ostida uchib kirgan zaryadli zarrachaning harakat trayektoriyasi qanday bo'ladi? A. To'g'ri chiziq. B. Parabola. C. Aylana. D. Vintsimon.

10.8-masala. Bir jinsli o'zgarmas elektr maydoniga burchak ostida uchib kirgan zaryadli zarrachaning harakat trayektoriyasi qanday bo'ladi? A. To'g'ri chiziq. B. Parabola. C. Aylana. D. Vintsimon.

10.9-masala. Bir xil yonalgan bir jinsli elektr va magnit maydoniga perpendikulyar yo'nalishda uchib kirgan musbat zaryadli zarracha qanday trayektoriya bo'ylab harakatlanadi. A. To'g'ri chiziq. B. O'sib boruvchi qadam bilan vintsimon. C. Aylana. D. Vintsimon.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

1-mavzu: Elektromagnit maydon potentsallari va ular uchun Dalamber, Puasson, Laplas tenglamalari

Reja:

1. Elektromagnit maydon potentsiallari
2. Elektromagnit maydon uchun D'alamber tenglamasi
3. Elektromagnit maydon uchun Puasson tenglamasi.
4. Elektromagnit maydon uchun Laplas tenglamasi

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan elektromagnit maydonni xarakterlovchi kattaliklar ya'ni maydon potentsiali bo'yicha umumiy tushunchalar beradi. Elektromagnit maydon uchun va uning xususiyatlarini to'liq o'rganish uchun D'alamber ($\square = \Delta - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2}$), Puasson ($\Delta\Phi = -f$) va Laplas ($(\Delta\Phi = 0, f = 0)$) tenglamalari mavjud bo'lib, bu tenglamalarni keltirib chiqaradi va

uning fizik , matemati mohiyatini yoritib beradi. Talabaning bilimni bahaolash uchun quyidagi savollar bilan tekshirib ko'riladi:

1. Elektromagnit maydonni hosil qiluvchi manba nima?
2. Elektromagnit maydon potentsiallari deganda nimani tushunasiz?
3. Elektromagnit maydon uchun D'alamber tenglamasini fizik mohiyatini yoritib bering.
4. Elektromagnit maydon uchun Puasson tenglamasini fizik mohiyatini yoritib bering.
5. Elektromagnit maydon uchun Laplas tenglamasini fizik mohiyatini yoritib bering.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

2-mavzu: Elektrostatik maydondagi o'tkazgichlar.O'tkazgich potentsial bilan zaryad orasidagi bog'lanish. Elektr sig'imi.Kondensatorlar.

Reja:

1. Elektrostatik maydondagi o'tkazgichlar
2. O'tkazgich potentsial bilan zaryad orasidagi bog'lanish.
3. Elektr sig'imi.Kondensatorlar.

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan elektrostatika qonunlarini yoritib berdi. Elektrostatik maydonga kiritilgan o'tkazgichning elektr maydon kuchlanganliga, potentsiali va elektr sig'imi haqida ma'lumotlar beradi va uning fizik mohiyatini yoritib beradi.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

3-mavzu: Elektrostatik maydon energiyasi. Zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasi.

Reja:

1. Elektrostatik maydon energiyasi.
2. Zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasi
3. Elektrostatik maydonning mexanik kuchlari.

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan elektrostatika qonunlarini yoritib berdi. Elektrostatik maydon energiyasi, zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasi va Elektrostatik maydonning mexanik kuchlari haqida ma'lumotlar beradi va uning fizik mohiyatini yoritib beradi.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

4-mavzu: Magnitostatik maydonning magnitklari. Magnitlanish vektori. Magnitik muhitdagi magnit mayon. Molekulyar toklar.

Reja:

1. Magnitostatik maydon energiyasi.
2. Parallel toklarni o'zaro ta'sir energiyasi
3. Magnitostati maydonning mexanik kuchlari.

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan magnitostatika qonunlarini yoritib berdi. Magnitostatik maydon energiyasi, toklarning o'zaro ta'sir energiyasi va magnitostatik maydonning mexanik kuchlari haqida ma'lumotlar beradi va uning fizik mohiyatini yoritib beradi.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

5-mavzu: O'zgaruvchan tokning o'tkazgich ko'ndalang kesim bo'ylab noteks taqsimlanishi. Skin effekti.

Reja:

1. O'zgaruvchan tokning o'tkazgich ko'ndalang kesim bo'ylab noteks taqsimlanishi.

2. Skin effikti.

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan o'zgaruvchan tokning o'tkazgich ko'ndalang kesim bo'ylab noteks taqsimlanishi. Skin effiktini yoritib berdi.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

6-mavzu: Maksvell tenglamalarini elektromagnit maydon potentsiallari yordamida yechish. Kechikuvchi va ilgariluvchi potentsiallar

Reja:

1. **Maksvell tenglamalarini elektromagnit maydon potentsiallari yordamida yechish.**
2. **Kechikuvchi va ilgariluvchi potentsiallar**

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan Maksvell tenglamalarini elektromagnit maydon potentsiallari yordamida yechish. Kechikuvchi va ilgariluvchi potentsiallar yoritib berdi.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

7-mavzu: Elektromagnit to'lqinning o'tkazgich bo'ylab tarqalishi. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar. Volnavod va rezanotirlar.

Reja:

1. Elektromagnit to'lqinning o'tkazgich bo'ylab tarqalishi.
2. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar.
3. Volnavod va rezanotirlar.

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan elektromagnit to'lqinning o'tkazgich bo'ylab tarqalishi, bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar, volnavod va rezanotirlar.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

8-mavzu: Mikroskopik zaryad va mikroskopik tok zichligini o'rtachalash.

Reja:

1. Mikroskopik zaryadni o'rtachalash.
2. mikroskopik tok zichligini o'rtachalash.

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan mikroskopik zaryad va mikroskopik tok zichligini o'rtachalash qonunlarini yoritib berdi.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

9-mavzu: Nisbiylik nazariyasining matematik apparati.

Reja:

1. Nisbiylik nazariyasining elementlari haqida tushunchalar.
2. Nisbiylik nazariyasining matematik apparati.
3. Nisbiylik nazariyasidan kelib chiqadigan asosiy xulosalar

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan mikroskopik zaryad va mikroskopik tok zichligini o'rtachalash qonunlarini yoritib berdi.

SIMENAR MASHG'ULOTI.

10-mavzu: Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika

Reja:

1. Umumiy nisbiylik nazariyasining prinsiplari.
2. Gravitation maydon va fazo-vaqt metrkasi.
3. Umumiy nisbiylik nazariyasining eksperimental tasdiqlanishi.
4. Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika.

Talaba ushbu mavzuni reja asosida yoritib beradi. Rejaga asosan mikroskopik zaryad va mikroskopik tok zichligini o'rtachalash qonunlarini yoritib berdi.

3. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI

Mustaqil ta'lim tashkil etishning shakli va mazmuni.

“Nazariy fizika” fani bo'yicha talabaning mustaqil ta'limi shu fanni o'rganish jarayonining tarkibiy qismi bo'lib, uslubiy va axborot resurslari bilan to'la ta'minlangan. Talabalar auditoriya mashg'ulotlarida professor-o'qituvchilarning ma'ruzasini tinglaydilar, misol va masalalar yechadilar. Auditoriyadan tashqarida talaba darslarga tayyorlanadi, adabiyotlarni konspekt qiladi, uy vazifa sifatida berilgan misol va masalalarni yechadi. Bundan tashqari ayrim mavzularni kengroq o'rganish maqsadida qo'shimcha adabiyotlarni o'qib referatlar tayyorlaydi hamda mavzu bo'yicha testlar yechadi. Mustaqil ta'lim natijalari reyting tizimi asosida baholanadi. Uyga vazifalarni bajarish, qo'shimcha darslik va adabiyotlardan yangi bilimlarni mustaqil o'rganish, kerakli ma'lumotlarni izlash va ularni topish yo'llarini aniqlash, internet tarmoqlaridan foydalanib ma'lumotlar to'plash va ilmiy izlanishlar olib borish, ilmiy to'garak doirasida yoki mustaqil ravishda ilmiy manbalardan foydalanib ilmiy maqola va ma'ruzalar tayyorlash kabilar talabalarning darsda olgan bilimlarini chuqurlashtiradi, ularning mustaqil fikrlash va ijodiy qobiliyatini rivojlantiradi. SHuning uchun ham mustaqil ta'limsiz o'quv faoliyati samarali bo'lishi mumkin emas. Uy vazifalarini tekshirish va baholash amaliy mashg'ulot olib boruvchi o'qituvchi tomonidan, konspektlarni va mavzuni o'zlashtirish darajasini tekshirish va baholash esa ma'ruza darslarini olib boruvchi o'qituvchi tomonidan har darsda amalga oshiriladi. “Nazariy fizika” fanidan mustaqil ish majmuasi fanning barcha mavzularini qamrab olgan va quyidagi 10 ta katta mavzu ko'rinishida shakllantirilgan.

Talabalar mustaqil ta'limining mazmuni va hajmi

T/r	Mustaqil ta'lim mavzulari	Berilgan topshiriqlar	Bajarilish muddati	Hajmi (soatlarda)
1	Elektromagnit maydon impulsi va impuls momentlarining aqlanish qonunlari. Yorug'lik bosimi. Elektromagnit massa.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	1, 2-havtalar	2
2	Doimiy toklar maydonining energiyasi. O'zinduksiya va o'zaroinduksiya koeffitsientlari	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	3-4-havtalar	2
4	Magnitostatik maydondagi mexanik kuchlar. Magnit maydoniga kiritilgan tok elementiga, elementar tokka va magnetikka ta'sir etuvchi kuchlar	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	4-5-havtalar	4
5	Kvazistatsionar tokli o'tkazgichlar sistemasida o'zinduksiyani va o'zaroinduksiya	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	5-6-havtalar	4

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

	duksiyani hisobga olish.			
6	O'zgaruvchan tokning o'tkazgich ko'ndalang kesim bo'ylab noteks taqsimlanishi.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	6-7-haftalar	4
7	Elektr dipolining nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	7-8-havtalar	4
8	Elektromagnit to'lqinlarning bir jinsli izotrop dielektrik muhitda tarqalishi. Yassi monoxramatik to'lqin	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	8-9-havtalar	4
9	Qutublangan va qutblanmagan to'lqinlar. Qaytishda to'lqinning to'la qutblanishi.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	9-10-havtalar	4
10	Nurlanishning klassik elektron nazariyasi. Nurlanuvchi atomning klassik modeli.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	10-11-havtalar	4
11	Dielektriklar qutblanishining klassik elektron nazariyasi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	11-12-havtalar	4
12	Magnetiklarning magnitlanishning klassik elektron nazariyasi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	12-13-havtalar	4
13	Elektr o'tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	13-14-havtalar	6
14	Umumiy nisbiylik nazariyasining prinsiplari	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	14-15-havtalar	4
15	Umumiy nisbiylik nazariyasining eksperimental tasdiqlanishi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	15-16-havtalar	4
16	Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	18-19-havtalar	4
	Jami			50

4. «NAZARIY FIZIKA» FANI BO`YICHA GLOSSARIY

Glossariy

№	o'zbekcha	ruscha	inglizcha	lug'aviy ma'nosi
1	fizika	fizika	physis	fizika-grekcha “physis” so'zidan olingan bo'lib, tabiat degan ma'noni anglatadi.
2	elektrodinamika	elektrodinamika	electrodynamics	nazariy fizikaning bo'limi bo'lib, bu fanda elektr va magnit maydon hodisalari o'rganiladi.
3	zaryad	zaryad	charge	elektr zaryad miqdori ikki xil bo'lib, musbat va manfiy bo'ladi.
4	kulon	kulon	coulomb's	elektr zaryadining 'lcoy birligi bo'lib, sh. kulon sharafiga qo'yilgan
5	kuchlanganlik	naprijenost	field	masalan, elektr maydon kuchlanganligi deb, birlik musbat zaryadga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuchga teng bo'lgan vector kattalikdir.
6	maksvell	maksvell	maxwell's	elektromagnit maydonning nazariyasini yaratgan olim. elektromagnit maydonning fizik mohiyatini ochib bergan va o'zining tenglamalar sistemasini yaratgan ingliz olimi.
7	tenglama	urovneniye	equation	birior fizik qonuniyatning matematik ifodasi.

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

8	divergensiya	divergensiya	divergence	tarqalish, sochilish, oqim yo'nalishini bildiradi.
9	rotor	rotor	rotors	uyurmaviy degan ma'noni anglatadi.
10	magnit	magnit	magnetic	magnit maydonini manbai.
11	nazariya	teoriya	theory	biror fizik jarayonni tajribada aniqlangan natijalariga qarab uning qonuniyati ya'ni nazariyasi ishlab chiqiladi.
12	energiya	energiya	energy	mexanizmni ish bajara olish qoblyatiga energiya deyiladi. tabiatda energiyaning turlar ko'p bolib, bu energiyalar bir biriga aylanaib turadi.
13	oqim	potok	flow	oqim so'zining ma'nosi shuki biror kattalikni yo'nalishini ko'rsatadi.
14	elektrostatika	elektrostatika	electrostatics	nuqtaviy qo'zg'almas zaryadlar atrofida hosil bo'lgan elektr maydonini o'rganadigan bo'lim.
15	tok	tok	current	tok-oqim degan ma'noni anglatadi.
16	kvazistatsio- nar	kvazistatsionar-niy	cvazi-statsionar's	guyoki statsionar ya'ni statsionarga yaqin degan ma'noni anglatadi.
17	dipol	dipol	dipole	ikki qutbli degan ma'noni anglatadi.
18	nurlanish	izlucheniya	radiation	chiqish, tarqalishdegan ma'noni anglatadi.
19	quvvat	moshnost	power	vaqt birligi ichida bajarilgan ish.
20	to'lqin	volna	wave	tebranishlarni fazodagi tarqalishi.

5. ILOVALAR:

A) «NAZARIY FIZIKA» FANI BO`YICHA O`QUV DASTURI

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

Ro'yxatga olindi
BD-5110200 -3.05
2016- yil "05" 08

Oliy va o'rta maxsus ta'lim
vazirligi
2016- yil "05" 08



NAZARIY FIZIKA
FAN DASTURI

Bilim sohasi: 100000 - Gumanitar
Ta'lim sohasi: 110000 - Pedagogika
Ta'lim yo'nalishi: 5110200 - Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi

Toshkent - 2016

Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2016-yil "25" "08" dagi "355"-sonli buyrug'ining 4 -ilovasi bilan fan dasturi ro'yxati tasdiqlangan.

Fan dasturi Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi yo'nalishlari bo'yicha O'quv-uslubiy birlashmalar faoliyatini Muvofiqlashtiruvchi kengashning 2016-yil "8" "08" dagi "3" -sonli bayonnomasi bilan ma'qullangan.

Fan dasturi Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universitetida ishlab chiqildi va turdosh oliy ta'lim muassalari bilan kelishildi.

Tuzuvchilar:

- M.Djoraev – TDPU «Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi» kafedrası
professori, ped.f.d., professor
T.Murodov – TDPU «Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi» kafedrası
katta o'qituvchisi
E.Xo'janov – TDPU «Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi» kafedrası
o'qituvchisi

Taqrizchilar:

- I.M.Maxmudov – Qo'qon DPI "Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi"
kafedrası dotsenti, f.-m.f.n.,
D.T.Kuletov – Toshkent turizm kasb-hunar kolleji fizika va astronomiya
o'qituvchisi

Fan dasturi Nizomiy nomidagi Toshkent davlat pedagogika universiteti o'quv-uslubiy kengashida ko'rib chiqilgan va tavsiya qilingan (2015- yil "14" "04" dagi 10 -sonli bayonnomasi).

Kirish

“Nazariy fizika” fani Klassik mexanika, Elektrodinamika, Kvant mexanika, Statistik fizika va termodinamika bo‘limlarini o‘z ichiga oladi. Ushbu fan 5110200 - fizika va astronomiya o‘qitish metodikasi bakalavriat ta‘lim yo‘nalishida tahsil olayotgan talabalarga “Nazariy fizika” kursi sifatida o‘qitiladi.

O‘quv faninig maqsadi va vazifalari

“Nazariy fizika” fanini o‘qitishdan maqsad – talabalarda, bo‘ljak fizika o‘qituvchisiga zarur bo‘lgan darajada: makro va mikro dunyoda modda va maydonning harakat qonunlarini nazariy jihatdan asoslash, moddaning va uni tashkil etgan mikrozaralar xossalarini o‘rganish, mikro va makroskopik sistemalarning turli holatlari nazariyasi, ularning fizik modellari xaqida nazariy bilim, ko‘nikma va malaka shakllantirishdir.

Fanning vazifasi - talabalarga Nazariy fizika kursining bo‘limlari (Klassik mexanika, Elektrodinamika, Kvant mexanika hamda Statistik fizika va termodinamika) doir eng kichik ta‘sir prinsipini, Lagranj tenglamalari, mexanikadagi saqlanish qonunlarini, harakat tenglamalarini integrallashni, finit va infinit potensial maydonlardagi harakat tebranma harakat qonunlari; muhitlar chegarasidagi elektr maydoni, vakuumda va muhitda elektromagnit maydon xususiyatlarini, Maksvell tenglamalarini, elektrodinamikaning eksperimental asoslarini, elektrostatik potentsiallarni; noaniqlik, moslik, qo‘shimchalik kvant prinsiplari, operatorlar, Shredenger tenglamasi va uni yechish metodlari va misollarini, g‘alayon nazariyasini; makroskopik sistemaning muvozanat va nomuvozantli holatlari, termodinamik potentsiallar, statistik sistemalarning kvant va klassik xususiyatlari, kvant sistemasining kanonik va mikrokanonik taqsimoti, ideal gaz xususiyatlari kabi vazifalarni o‘rgatishdan iborat.

Fan bo‘yicha talabalarning bilimi, ko‘nikma va malakasiga qo‘yiladigan talablar

“Nazariy fizika” fani bo‘yicha talabalarning bilimiga qo‘yiladigan talablar: kursni o‘zlashtirishi jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida

Klassik mexanikadan

Bakalavr:

konservativ va nokonservativ sistemalar va ularda energiyaning saqlanish va aylanishlari;

uzluksiz muhit mexanikasi asoslari;

sano? sistemasini almashtirishlar: fazoviy va vaqt bo‘yicha siljishlar, fazoviy inversiya,

akslantirilish;

Puasson qavslari ***to‘g‘risida tasavvurga ega bo‘lishi;***

saqlanish qonunlari va ularning fazo va vaqt simmetriyalari bilan bog‘lanishi;

dinamik holat va uning o'zgarish qonuni;
qattiq jism harakati;
Puasson qavslari, saqlanish qonunlari;
fizik nuqta;
massaning saqlanish qonuni, uzluksizlik tenglamasi;
impulsning o'zgarish qonuni, harakat tenglamasi davri;
umumlashgan koordinatalar va umumlashgan impulslar;
Gamiltonning kanonik tenglamasi;
markaziy maydonda zarra harakati;
klassik mexanikaning modellari: moddiy nuqta, zarralar sistemasi, absolyut qattiq jism,
uzluksiz muhit;
zarralarning kinematik xarakteristikallari;
qattiq jism harakati, chiziqli va burchak tezliklarni ***bilishi va ulardan foydalana olishi;***
harakat tenglamalari, Nyuton qonunlarini;
analitik mexanika asoslari;
Gamilton funksiyasi;
kanonik tenglamalarni;
chiziqli garmonik ostillyator, fazoviy traektoriya;
radius - vektorning o'zgarishi, tezlik va tezlanish vektorlari;
yo'l va ko'chish tushunchalarini qo'llash ***ko'nikmalariga ega bo'lishi lozim;***

Elektrodinamikadan

Bakalavr:

moddalarning magnit xossalari;
dipol va uning xossalari;
elektromagnit to'lqinlarning qutblanishi;
umumiy nisbiylik nazariyasi asoslari;
ekvivalentlik prinsipi;
Eynshteyn tenglamasi ***to'g'risida tasavvurga ega bo'lishi;***
Maksvell tenglamalarining eksperimental asoslari;
diamagnetiklar, diamagnetizm;
paramagnetiklar, paramagnetizm;
ferromagnetiklar, ferromagnetizm;
elektromagnit maydon energiyasi zichligi;
maxsus nisbiylik nazariyasi postupatlari;
vakuumdagi elektromagnit maydonning Maksvell tenglamalari;
muhitdagi elektromagnit maydonning Maksvell tenglamalari;
elektromagnit maydonning skalyar va vektor ***parametrlarini bilishi va ulardan foydalana olishi;***
magnit moment;
to'rt o'lchamli fazo; to'rt o'lchamli tezlik;
to'rt o'lchamli impulsni;
Maksvell tenglamalarining fizik ma'nosi;

Doppler effekti;

massa bilan energiya orasida bog'lanishni tushunish **ko'nikmalariga ega bo'lishi lozim;**

Kvant mexanikadan

Bakalavr:

mikroob'ektlarning xossalari;

relyativistik kvant mexanika asoslari **to'g'risida tasavvurga ega bo'lishi;**

yorug'likning korpuskulyar xossalari;

Frank-Gers tajribasi;

korpuskulyar – to'liq dualizmi, Jermer-Devisson tajribasi;

Geyzenbergning noaniqlik munosabatlari;

markaziy maydonda zarra harakati;

vodorod atomi va energetik spektrlari;

elektron spini;

Shtern - Gerlax tajribalari, Pauli prinsipi;

kvant sonlar;

mikroob'ektlarning holatlari;

to'liq funksiya;

chiziqli va o'zaro qo'shma operatorlar;

xususiy funksiyalar; xususiy qiymatlar;

operatorlarning kommutatorlari;

stasionar holatlar;

erkin zarra; potensial o'radagi zarra;

tunnel effektini **bilishi va ulardan foydalana olishi;**

koordinata va impuls operatorlari;

impuls momenti operatori;

energiya operatori - gamiltonian;

chiziqli garmonik ossillyator; chiziqli garmonik ostillyator energiyasi spektrlari; fotoeffekt;

Kompton effekti;

atom nurlanishdagi spektr chiziqlari;

mikroob'ektlarning to'liq tabiati;

atom tuzilishi, Mendelev davriy sistemasi **ko'nikmalariga ega bo'lishi lozim;**

Statistik fizika va termodinamikadan

Bakalavr:

tartiblilikka intilish va o'ztashkillanish;

qaytar va qaytmas jarayonlar;

muvozanatli va nomuvozanatli holatlar;

ikkinchi tur fazaviy o'tishlar, Erenfest ta'rifi;

kvant korrelyator;

fonon gaz;

ko'chish tenglamalari;

momentlar to'g'risida tasavvurga ega bo'lishi;

moddaning tartibli xolati va uning xaosga intilishi;

Gibbs ansambli;
makroskopik va mikroskopik holatlar;
statistik fizikaning postulati;
fluktuasiya xodisalari;
aynish temperaturasi; absolyut temperatura
termodinamik ehtimol, statistik vazn;
metallarning elektr o'tkazuvchanligi; yarimo'tkazgichlarning elektr
o'tkazuvchanligi;
kimyoviy potensial; juft o'zaro potensial;
Gibbsning fazalar qoidasi;
Broun harakati, kaos;
statistik integral (yig'indi);
Boze taqsimoti. Bozonlar;
Fermi taqsimoti. Fermionlar;
foton gaz;
eng katta ehtimollik holat; holat tenglamalari;
fazaviy o'tishlar;
makroskopik (termodinamik) sistemalar; yakka, berk va ochiq
sistemalar;
taqsimot funksiyalari (mikrokanonik, kanonik va katta kanonik taqsimotlar);
ichki energiya; issiqlik miqdori;
makroskopik ish;
entropiya;
termodinamikaning ikkinchi qonuni;
birinchi tur fazaviy o'tish, Klapeyron - Klauzius tenglamasi;
Bolsman taqsimoti funksiyasi;
termodinamik muvozanat shartlarini ***bilishi va ulardan foydalana olishi***;
Plank formulasini;
Reley - Jins, Vin qonunlarini;
entropiyaning statistik ma'nosini;
ideal gaz qonunlarini;
termodinamikaning birinchi qonuni;
Karno siklini;
energiyaning teng taqsimlanish qonunini;
Debay qonunini;
Stefan - Bolsman qonunini;
Geyzenbergning noaniqlik munosabatini tushuntirish ***ko'nikmalariga ega
bo'lishi lozim***;

**Fanning o'quv rejasidagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'liqligi va uslubiy
jihatdan uzviyligi**

Nazariy fizika fani fizikaning barcha bo'limlari, oliy matematikaning differentsial va integral hisobi, ehtimollar nazariyasi, matematik statistika, astoronomiya va astrofizika, tabiiy-ilmiy va boshqa fanlar bilan uzviy bog'langan.

Fanning ta'limdagi o'rni

«Nazariy fizika»ni o'zlashtirgan talaba makro va mikro dunyodagi moddalarning tuzilishi, ularning tashkil etuvchilarning xususiyatlarini, ulardagi turli jarayonlarning o'tish modellari va nazariyalari haqidagi qonuniyatlarini o'rganadi, yangi axborot texnologiyalarini qo'llab, olgan bilimlari pedagogik va ilmiy faoliyatida qo'llaydi.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

“Nazariy fizika” fanini o'qitishda yangi ta'lim texnologiyalari, elektron plakatlar, tarqatma materiallar, elektron darsliklar va qo'llanmalar, virtual laboratoriyalar, internet ma'lumotlari, lokal tarmoqdagi turli o'quv, ilmiy bilimni nazorat qilish bo'yicha ma'lumotlar jamlamasidan foydalaniladi. Mustaqil ta'lim, aqliy hujum, vaziyatli masalalarni yechish, diskussiya, rolli o'yinlar, referatlar yozish kabi pedagogik usullar bilan fanning o'qitilishi amalga oshiriladi.

Asosiy qism

Klassik mexanika

Nazariy fizika va olam manzarasi. Eksperiment va nazariya. Nazariyaning funksiyalari. Nazariy fizika predmeti va metodlari. Bilish sikli va nazariya strukturasi. Fizikada fazo vaqt tushunchasi. Fazo va vaqtning geometrik modellari. Klassik. Maydon va kvant-relyativistik modellar. Fizika qonunlarining simmetriyasi. Simmetriya va saqlanish qonunlari va ularning turlari. Moddiy nuqta. Erkinlik darajasi. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar. Statsionar va nostatsionar boglanishlar. Eng kichik ta'sir prinsipi. Lagranj funksiyasi. Lagranj tenglamalari. Dekart koordinatalarida harakat tenglamalari. Umumlashgan koordinatalarda harakat tenglamalari. Galiley almashtirishlari va nisbiylik prinsipi. Inertsial sanoq sistemalarida Lagranj funksiyasi. Erkin moddiy nuqta (zarra) uchun Lagranj funksiyasi. Moddiy nuqtalar sistemasi uchun Lagranj funksiyasi

Lagranj funksiya va energiya. Sistemaning potensial va kinetik energiyasi. Saqlanish qonunlari va lagranj tenglamalari. Maxsus nisbiylik nazariyasi: nisbiylik prinsipi. Lorents almashtirishlari. To'rt o'lchamli tezlik va tezlanish. Zarraning impulsi va energiyasi. Relyativistik zarralar uchun ta'sir prinsipi. Vaqt birjinsligi va energiyaning saqlanish qonuni

Fazo birjinsligi va impulsning saqlanish qonuni. Umumlashgan impuls va umumlashgan kuch. Fazo izotropiqligi va impuls momentining saklanish qonuni. Massa markazi. Impuls momenti. Bir o'lchovli harakat. Bir o'lchovli harakatning integral tenglamasi. Burilish nuqtalari. Finit va infinit harakat. Potensial o'ra va potensial to'siq. Qattiq jism kinematikasi. Eyler burchaklari. Inertsia tenzori. Rotator. Qattiq jismning impuls momenti. Massa markazi. Inertsia momenti. Qattiq

jismning harakat tenglamalari. Eyler tenglamalari. Gamilton tenglamalari va ularni Lagranj tenglamalaridan keltirib chiqarish. Gamilton tenglamasini integrallari. Gauss funksiyasi. Tebranma harakatning davrini topish tenglamasi. Tebranish davriga qarab potensial energiyani aniqlash. Puasson qavslari. Mopertyui prinsipi. Kanonik almashtirishlar. Gamilton-Yakobi tenglamalari.

Elektrodinamika

Maksvell tenglamalari. Gerts tajribalari Elektromagnit to'liqlarni modulyatsiyalash. Elektromagnit to'liqlar shkalasi. Zamonviy aloqa vositalari (radio, televidenie, radiotelefoniya, lazer nurlari vositasidagi axborotlarni uzatish, axborotlarni sonli tarzda uzatish). Maksvell siljish toki. Vakuumdagi elektromagnit maydon. Elektromagnit maydon potentsiallari. Kalibrli invariantliklik. Elektromagnit maydon energiyasi, zichligi va energiyasi oqimining zichligi. Energiyaning saqlanish qonuni. Elektromagnit maydon impulsi va potentsiali. Puasson tenglamalari, yechimi. Zaryadlar sistemasining hajm bo'yicha taqsimlanishi, ularning katta masofadagi potentsiali. Tinchlikdagi zaryadlar sistemasi energiyasi. Elektrostatik maydon energiyasining zichligi. Zaryadlar sistemasining dipol va kvadrupol momentlari. Vektor potentsial. Puasson tenglamasi, yechimi. Statsionar toklar magnit maydoni. Magnit moment va uning xossalari. Kechikuvchi potentsiallar. O'zgaras elektr va magnit maydonlarida zaryadlarning xarakati. To'liq tenglamasi. Elektromagnit to'liqlar va ularning tarqalishi. To'liq kutblanishi. Dipol nurlanish. Elektromagnit toliq fazasining relyativistik invariant miqdorligi. Nurlanish intensivligi. Oddiy nurlatuvchi sistemalar. Nurlanish reaksiyasi. Nurlanish spektr chizig'ining kengligi. Maksvell-Lorents tenglamalari. Mikroskopik maydon. Magnitlanish, qutblanish va ularning vektori. Muhit uchun Maksvell tenglamasi. Chegaraviy shartlar. O'zgaras tok magnit momenti. Skin effekt. Chiziqli o'tkazgichlarda kvazistatsionar toklar. Kvazistatsionar magnit maydon energiyasi. Yuqori chastotali elektromagnit maydon. Elektromagnit to'liqning muhitda tarkalishi va muxitdan qaytishi. Dalamber tenglamalarining kovariant ifodasi. Lorents shartining kovariant ifodasi. Elektromagnit maydon antisimmetrik tenzori. Maksvell tenglamalarining kovariant ifodasi. Elektromagnit maydon invariantlari. Elektr va magnit maydonlarni almashtirish. Foton – relyativistik zarra. Yulduzlar aberratsiyasi. Doppler effekti. Noinertsial sanoq sistema. Gravitatsiya. Gravitatsion va inert massa. Gravitatsiya maydoni va vaqt-fazo metrikasi. Energiya-impuls tenzori. Enshteyn tenglamasi (isbotsiz). Umumiy nisbiylik nazariyasini tasdiqlovchi omillar. Olamning ochiq va yopiq modellari. Olamning kengayishi. Xabbl qonuni. Singulyarlik.

Kvant mexanika

Kvant mexanikasining predmeti va nazariy fizika kursida tutgan o'rni. Mikroob'ektlarning xossalari tavsiflashda klassik fizikaning zaifligi. Mikroob'ektlarning xossalari. Fizik kattaliklar qiymatlarining diskretligi. Korpuskulyar-to'liq dualizmi. Geyzenbergning noaniqlik munosabati Mikrozarra xossalari ehtimoliy xarakterga egaligi. Kvant mexanikada mikroob'ektlarning holatlari. Mikro ob'ektlar holatlarining tavsifi. To'liq funksiya va uning ma'nosi. Superpozitsiya prinsipi. Kvant mexanikada kuzatiladigan kattaliklarni tavsiflash.

Chiziqli va o'zaro qo'shma operatorlar. Ermit operatorlarining xususiy funksiyalari va xususiy qiymatlari. Ularning fizik ma'nosi. Kuzatiladigan kattaliklarning o'rtacha qiymati. Operatorlarning kommutatorlari: Geyzenberg noaniqlik munosabati, kattaliklarning bir vaqtda o'lchanish (aniqlanish) shartlari. Koordinata va impuls operatorlari. Erkin zarra va tashqi maydon ta'siridagi zarraning gamiltoniani. Impuls momentining operatori. Shredinger tenglamasi. Sababiyat prinsipi va Shredinger tenglamasi. Ehtimollar zichligining uzluksizlik tenglamasi. Klassik mexanika- kvant mexanikaning chegaraviy holi. Puasson qavslari. Saqlanish qonunlarining fazo, vaqt simmetriyasi bilan bog'lanishi. Statsionar Shredinger tenglamasi. Statsionar holatlar va ularning xossalari. Erkin zarra. Potensial o'radagi zarra. Potensial bar'er (to'siq). Tunnel effekt Chiziqli garmonik ostsillyator. Uning energiya spektrlari va to'lqin funksiyalari. Tanlash qoidasi. Markaziy simmetrik maydonda zarra harakati. Orbital moment operatorlarining xususiy funksiyalari va xususiy qiymatlari. Rotator. Shredingerning radial tenglamasi. Vodorod atomi; to'lqin funksiyalar; energetik spektrlar. Kvant sonlari va ular yordamida holatlarni tavsiflash. Atom tuzilishi. Atomdagi "elektron buluti". Atomning Rezerford va Bor modelining tanqidi. Elektronning spini. Elektron va atomning harakat miqdorlarini turli momenti. Momentlarni qo'shish. Bog'lanish turlari. Majburiy va spontan nurlanishlarning Eynshteyn nazariyasi. Lazerlar. Aynan bir xil zarralar sistemasi. Zarralarning aynanlik prinsipi. Spin bilan statistika orasidagi bog'lanish. Bozonlar. Simmetrik holatlar. Fermionlar. Antisimmetrik holatlar. Pauli prinsipi. Kvant mexanikaning taqribiy metodlari. Chetlanishning (g'alayonlanishning) statsionar nazariyasi. Chetlanishning (g'alayonlanishning) nostatsionar nazariyasi. Atomlar. Molekulalar. Geliy atomi. Vodorod molekulas. Kimyoviy bog'lanishlarning tabiati va turlari. Valentlik. Atom va molekularlarning xossalari. Relyativistik kvant mexanika haqida tushuncha. Olamning ilmiy manzarasi haqida.

Statistik fizika va termodinamika

Makroskopik sistema va uning turlari. Mikroskopik parametrlar. Muvozanatli va nomuvazanatli holatlar. Sistemaning mikroholatlari. Fazaviy fazo, fazaviy nuqta, fazaviy traektoriya.

Statistik fizikaning asosiy tushunchalari va prinsiplari. Vaqt va ansambl bo'yicha o'rtachalash. Statistik fizikadagi holat. Taqsimot funksiyalari. Fluktatsiya. Muvozanatli holat. Termodinamik ehtimollik. Statistik vazn. Mikrokanonik, kanonik va katta kanonik taqsimot funksiyalari ifodalari. Termodinamik taqsimot. Parametrlar. Issiqlik va ish; Ichki energiya. Entropiya. Termodinamikaning birinchi qonuni; Holat tenglamalari. Qaytar va qaytmas jarayonlar. Sikllar. Nomuvazanatli, qaytmas jarayonlar; Jarayonlarning qaytuvchanlik va qaytmaslik shartlari. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Ikkinchi qonunning miqdoriy munosabati va uning isbotlari. Gibbsning umumiy formulasi. Termodinamik potentsiallar Ichki energiya va uning o'zgarishi. Erkin energiya va uning o'zgarishi. Entalpiya. Gibbs va Gelmgolts termodinamik potentsiallari. Kimyoviy potentsial. Termodinamikaning uchinchi qonuni. Nernst teoremasi. Past temperaturalarni olish metodlari. Gomogen va geterogen sistemalar. Fazaviy o'tishlar. Klapeyron-Klauzius tenglamasi. Birinchi va ikkinchi tur fazaviy o'tishlar. Ideal gaz. Eng katta ehtimoliy taqsimot. Maksvell taqsimoti. Termodinamik parametrlar orasida bog'lanish. Maksvell-Boltsman taqsimoti. Barometrik formula. Real gaz. Xolat tenglamasi; Van-der-Vaals

tenglamasi. Energiyaning teng taqsimoti qonuni. Mikroholat. Fermionlar. Bozonlar. Fermi-Dirak va Boze-Eynshteyn statistikalari. Elektron sistema uchun aynish temperaturasi. Plank formulasi. Reley-Jins qonuni. Vin qonuni. Stefan-Boltsman qonuni. Dyulong-Pti qonuni. Eynshteyn nazariyasi. Debay nazariyasi. Fononlar. Fluktuatsiya nazariyasi. Termodinamik parametrlar fluktuatsiyalari. Broun harakati. Eynshteyn nazariyasi. Fluktuatsion-dissipatsion teorema. Fazaviy korrelyatsiya. Boltsmanning kinetik tenglamasi va uni relaksatsiya vaqti yaqinlashish uslubida yechish.

Amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Amaliy mashg'ulotda talabalar asosiy mavzularga oid masalalar yechishni o'rganadilar.

Amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish bo'yicha kafedra professor-o'qituvchilari tomonidan ko'rsatma va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Unda talabalar asosiy ma'ruza mavzulari bo'yicha olgan bilim va ko'nikmalarini amaliy masalalar yechish orkali yanada boyitadilar. Shuningdek, darslik va o'quv qo'llanmalar asosida talabalar bilimlarini mustahkamlashga erishish, tarqatma materiallardan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni chop etish orqali talabalar bilimini oshirish, masalalar yechish, mavzular bo'yicha ko'rgazmali qurollar tayyorlash va boshqalar tavsiya etiladi.

Amaliy mashg'ulotlarning taxminiy tavsiya etiladigan mavzulari:

Klassik mexanika

Nazariy fizika va olam manzarasi. Eksperiment va nazariya. Nazariyaning funksiyalari. Nazariy fizika predmeti va metodlari. Bilish sikli va nazariya strukturasi. Fizikada fazo vaqt tushunchasi. Fazo va vaqtning geometrik modellari. Klassik. Maydon va kvant-relyativistik modellar. Fizika qonunlarining simmetriyasi. Simmetriya va saqlanish qonunlari va ularning turlari. Moddiy nuqta. Erkinlik darajasi. Umumlashgan koordinatalar va umumlashgan tezliklar. Statsionar va nostatsionar boglanishlar. Eng kichik ta'sir prinsipi. Lagranj funksiyasi. Lagranj tenglamalari. Dekart koordinatalarida harakat tenglamalari. Umumlashgan koordinatalarda harakat tenglamalari. Galiley almashtirishlari va nisbiylik prinsipi. Inertsial sanoq sistemalarida Lagranj funksiyasi. Erkin moddiy nuqta (zarra) uchun Lagranj funksiyasi. Moddiy nuqtalar sistemasi uchun Lagranj funksiyasi

Elektrodinamika

Maksvell tenglamalari. Gerts tajribalari Elektromagnit to'lqinlarni modulyatsiyalash. Elektromagnit to'lqinlar shkalasi. Zamonviy aloqa vositalari (radio, televidenie, radiotelefoniya, lazer nurlari vositasidagi axborotlarni uzatish, axborotlarni sonli tarzda uzatish). Maksvell siljish toki. Vakuumdagi elektromagnit maydon. Elektromagnit maydon potentsiallari. Kalibrli invariantliklik. Elektromagnit maydon energiyasi, zichligi va energiyasi oqimining zichligi. Energiyaning saqlanish qonuni. Elektromagnit maydon impulsi va potentsiali. Puasson tenglamalari, yechimi. Zaryadlar sistemasining hajm bo'yicha taqsimlanishi, ularning katta

masofadagi potentsiali. Tinchlikdagi zaryadlar sistemasi energiyasi. Elektrostatik maydon energiyasining zichligi. Zaryadlar sistemasining dipol va kvadrupol momentlari. Vektor potentsial. Puasson tenglamasi, yechimi.

Kvant mexanika

Shredinger tenglamasi. Sababiyat prinsipi va Shredinger tenglamasi. Ehtimollar zichligining uzluksizlik tenglamasi. Klassik mexanika- kvant mexanikaning chegaraviy holi. Puasson qavslari. Saqlanish qonunlarining fazo, vaqt simmetriyasi bilan bog'lanishi. Statsionar Shredinger tenglamasi. Statsionar holatlar va ularning xossalari. Erkin zarra. Potensial o'radagi zarra. Potensial bar'er (to'siq). Tunnel effekt. Chiziqli garmonik ostsillyator. Uning energiya spektrlari va to'lqin funksiyalari. Tanlash qoidasi. Markaziy simmetrik maydonda zarra harakati. Orbital moment operatorlarining xususiy funksiyalari va xususiy qiymatlari. Rotator. Shredingerning radial tenglamasi. Vodorod atomi; to'lqin funksiyalar; energetik spektrlar. Kvant sonlari va ular yordamida holatlarni tavsiflash. Atom tuzilishi. Atomdagi "elektron buluti". Atomning Rezerford va Bor modelining tanqidi. Elektronning spini. Elektron va atomning harakat miqdorlarini turli momenti. Momentlarni qo'shish. Bog'lanish turlari.

Statistik fizika va termodinamika

Makroskopik sistema va uning turlari. Mikroskopik parametrlar. Muvozanatli va nomuvazanatli holatlar. Sistemaning mikroholatlari. Fazaviy fazo, fazaviy nuqta, fazaviy traektoriya.

Statistik fizikaning asosiy tushunchalari va prinsiplari. Vaqt va ansambl bo'yicha o'rtachalash. Statistik fizikadagi holat. Taqsimot funksiyalari. Fluktatsiya. Muvozanatli holat. Termodinamik ehtimollik. Statistik vazn. Mikrokanonik, kanonik va katta kanonik taqsimot funksiyalari ifodalari. Termodinamik taqsimot. Parametrlar. Issiqlik va ish; Ichki energiya. Entropiya. Termodinamikaning birinchi qonuni; Holat tenglamalari. Qaytar va qaytmas jarayonlar. Sikllar. Nomuvazanatli, qaytmas jarayonlar; Jarayonlarning qaytuvchanlik va qaytmaslik shartlari. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Ikkinchi qonunning miqdoriy munosabati va uning isbotlari. Gibbsning umumiy formulasi.

Seminar mashg'ulotlarni tashkil etish bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Seminar mashg'ulotlarini tashkil etish bo'yicha kafedra professor-o'qituvchilari tomonidan ko'rsatma va tavsiyalar ishlab chiqiladi. Unda talabalar asosiy ma'ruza mavzulari bo'yicha olgan bilim va ko'nikmalarini amaliy masalalar yechish orqali va ularni diskussiya shaklida bayon etadilar, darslik va o'quv qo'llanmalar asosida talabalar bilimlarini mustahkamlashga erishish, tarqatma materiallardan foydalanish, ilmiy maqolalar va tezislarni chop etish orqali talabalar bilimini oshirish, mavzu bo'yicha referatlar tayyorlash va boshqalar tavsiya etiladi.

Seminar mashg'ulotda talaba "Nazariy fizika"ning barcha bo'limlarining asosiy mavzulari bo'yicha masalalar yechishni o'rganadi.

Seminar mashg'ulotlarning taxminiy tavsiya etiladigan mavzulari:
Klassik mexanika

1. Fizik ob'ektlarga to'la adekvat bo'lmagan matematik ob'ektlar (son, vektor, funksiya funktsional operator, tenglama)
2. Lagranj funksiyani oddiy fizik sistemalar uchun ko'rinishlari.
3. Lagranj funksiyalari uchun ta'sir integralini hisoblash.
4. Ikkilangan yassi mayatnik uchun Lagranj funktsisini topish.
5. Erkin nuqta uchun Lagranj tenglamasini tuzish.
6. Saqlanish va simmetriya qonunlari.
7. Moddiy nuqta harakati.
8. Aylanma harakatdagi qattiq jismlar.
9. Reaksiya kuchlari.
10. Gamilton tenglamasi.
11. Yassi matematik mayatnikni tebranish davri.
12. Puasson qavslari.

Elektrodinamika

1. Elektrodinamikaning matematik apparati.
2. Lorents kuchi va tsiklotron chastotasi.
3. Statsionar toklar maydoni.
4. Zaryadlar sistemasining nurlanishi.
5. Nurlanish chizig'ining kengligi.
6. Chiziqli o'tkazgichlarda kvazistatsionar toklar.
7. Maksvell tenglamalar sistemasi.
8. Tezliklarni qo'shish.
9. Vaqt va uzunlik masshtablari nisbiyligi.
10. Eynshteyn formulasi.

Kvant mexanika

1. Elektromagnit maydonlarning nurlanish tabiati.
2. Atom modellari.
3. Vodorod va vodorodsimon atomlar.
4. Zarralarning to'lqin xossalari.
5. Atomdagi elektronlarning holatlari.
6. Radioaktivlik hodisasi.
7. Yadro reaksiyalari.
8. Elementar zarralar.
9. Fotoeffekt va Kompton effektini asoslash.
10. De-Broyl postulatlar.
11. Operatorlar
12. Impuls momenti.
13. Kinetik energiya va potensial energiya operatorlari
14. Geyzenberg noaniqlik prinsipi.
15. Simmetriya va saqlanish qonunlari.

16. Tunnel effekti va α -emirilish nazariyasi.

17. Boze va Fermi sistemalari

Statistik fizika va termodinamika

1. Taqsimot funksiyasyalari.
2. Kanonik taqsimot.
3. Entropiya va termodinamikaning ikkinchi qonuni.
4. Ideal va real gaz holat tenglamalari.
5. Gibbsning taqsimot funksiyalari.
6. Karno teoremasi va Karno sikli.
7. Kritik holat va uchlanma nuqta.
8. Fermi-gaz xossalari.
9. Aynigan fermi-gaz.
10. Boze statistikasi va uning tadbiqu.
11. Fluktuatsiya va fluktuatsion munosabatlari.
12. Korrelyatsion funksiyasi.
13. Entropiya uchun Boltsman formulasi.
14. Termodinamikaning uchinchi qonuni.
15. Past va o'ta past temperaturalarda modda xossalari.
16. Kvazizarralar.
17. Qattiq jismlarning issiqlik sig'imi va uning tahlili.

Mustaqil ta'limni tashkil etishning shakli va mazmuni

Talaba mustaqil ta'limni tayyorlashda nazariy fizika fanining xususiyatlarini hisobga olgan holda quyidagi shakllardan foydalanishi tavsiya etiladi:

- darslik va o'quv qo'llanmalar bo'yicha fan boblari va mavzularini o'rganish;
- tarqatma materiallar bo'yicha ma'ruzalar qismini o'zlashtirish;
- avtomatlashtirilgan o'rgatuvchi va nazorat qiluvchi tizimlar bilan ishlash;
- maxsus adabiyotlar bo'yicha fanlar bo'limlari yoki mavzulari ustida ishlash;
- yangi texnikalarni, apparaturalarni, jarayonlar va texnologiyalarni o'rganish;
- talabaning o'quv-ilmiy-tadqiqot ishlarini bajarish bilan bog'liq bo'lgan fanlar bo'limlari va mavzularni chuqur o'rganish;
- faol va muammoli o'qitish uslubidan foydalaniladigan o'quv mashg'ulotlari;
- masofaviy (distantion) ta'lim.

Tavsiya etilayotgan mustaqil ta'limning mavzulari:

Klassik mexanika

1. Harakat tenglamalari va variatsion prinsip
2. Lagranj funksiyasi.
3. Galiley almashtirishlari va nisbiylik prinsipi.
4. Sistemaning potensial va kinetik energiyasi.
5. Saqlanish qonunlari va lagranj tenglamalari
6. Maxsus nisbiylik nazariyasi

7. Lorents almashtirishlari.
8. To'rt o'lchamli tezlik va tezlanish.
9. Harakat tenglamalarini integrallash
10. Qattiq jismning impuls momenti
11. Gamilton tenglamalari
12. Puasson qavslari
13. Gamilton-Yakobi tenglamalari
14. Mopertyui prinsipi.

Elektrodinamika

1. Maksvellning siljish toki xaqidagi gipotezasi va uni tasdiqlanishi.
2. Elektromagnit maydon energiyasining oqimi va impulsi.
3. Elektromagnit to'liqlarni xossalari: qaytishi, sinishi, qutblanishi, interferentsiyasi.
4. Gerts tajribalari
5. Elektromagnit to'liqlar shkalasi.
6. Elektromagnit o'zaro ta'sir va uning xarakteristikalar
7. Vakuumdagi elektromagnit maydon.
8. Lorents kuchi.
9. Superpozitsiya prinsipi.
10. Maksvell siljish toki
11. Puasson tenglamalari
12. Elektrostatik maydon energiyasining zichligi.
13. Dipol va kvadrupol momentlari
14. Vektor potensial.
15. Dipol nurlanish.
16. To'liqin kutblanishi.
17. Muhit uchun Maksvell tenglamasi.
18. Skin effekt.
19. Elektromagnit maydon invariantlari.
20. Doppler effekti.
21. Umumiy nisbiylik nazariyasi
22. Energiya-impuls tenzori

Kvant mexanika

1. Bor postulatlar
2. Frank-Gerts tajribalari
3. Balmerning umumlashgan formulasi
4. To'liqlar superpozitsiyasi
5. Fazaviy va gruppaviy tezliklar.
6. Shtern-Gerlax tajribasi.
7. Pauli prinsipi
8. Zeeman effekti.
9. Plank gipotezasi
10. Korpuskulyar-to'liqin dualizmi
11. To'liqin funktsiya va uning ma'nosi.

12. Geyzenberg noaniqlik munosabati
13. Sababiyat prinsipi
14. Potensial o'radagi zarra.
15. Tunnel effekt
16. Chiziqli garmonik ostsillyator
17. Kvant sonlari
18. Lazerlar.
19. Spin
20. Fermionlar
21. Bozonlar.
22. Kimyoviy bog'lanishlarning tabiati va turlari
23. Valentlik.
24. Relyativistik kvant mexanika

Statistik fizika va termodinamika

1. Vaqt va ansambl bo'yicha o'rtachalash.
2. Statistik fizikadagi holat.
3. Mikrokanonik, kanonik va katta kanonik taqsimot funksiyalari ifodalari.
4. Termodinamikaning birinchi qonuni va uning tadbiqu.
5. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.
6. Termodinamik potentsiallar.
7. Erkin energiya va uning o'zgarishi.
8. Gibbs va Gelmgolts termodinamik potentsiallari.
9. Kimyoviy potentsial.
10. Nernst teoremasi.
11. Fazaviy o'tishlar.
12. Van-der-Vaals tenglamasi.
13. Plank formulasi.
14. Reley-Jins qonuni.
15. Vin qonuni.
16. Stefan-Boltsman qonuni.
17. Dyulong-Pti qonuni.
18. Eynshteyn nazariyasi.
19. Debay nazariyasi.
20. Fononlar.
21. Boltsmanning kinetik tenglamasi

Dasturning informatsion-uslubiy ta'minoti

Mazkur fanni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot-kommunikatsion texnologiyalari, ilmiy va o'quv adabiyotlar davriy ilmiy jurnallardan olingan ma'lumotlarning qo'llanilishi nazarda tutilgan.

Didaktik vositalar

- 1. Jihozlar va uskunalar, moslamalar:** elektron doska-Hitachi, LCD-monitor, elektron ko'rsatkich (ukazka).
- 2. Video-audio uskunalar:** video va audiomagnitafon, mikrafon, kalonkalar.
- 3. Kompyuter va multimediali vositalar:** kompyuter, Dell **tipidagi proektor**, DVD- diskovod, Web-kamera, video-ko'z (glazok). Fizika fani uchun tayyorlangan slaydlar, rangli rasmlar, sxemalar, plakatlari, yangi pedagogik texnologiyalar uchun tayyorlangan jihozlar shuningdek, elektron kutubxonalarda fizika uchun tayyorlangan materiallar.

Foydalanadigan asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar ro'yxati

Asosiy darslik va o'quv qo'llanmalar:

1. M.S. Yaxyoev. K. Muminov Nazariy mexanika. T. O'qituvchi. 1992y.
2. A. Boydedaev Maxsus nisbiylik nazariyasi . T, TDPU. 2001y.
3. B.B. Мултановский. Курс теоретической физики. Классическая физика. М. Наука., 2000 г.
4. R. Bobojonov, A. M. Xudayberganov, G. A. Kochetkov. Atom fizikasidan masalalar yechish uchun qo'llanma. Toshkent. Universitet. 1993 y.
5. E.N. Rasulov, U.SH.Begimqulov, K.R.Nasriddinov, SH.X.Axmadjanova Kvant fizikadan masalalar to'plami. TDPU. 2004 y.
6. A.Boydedaev. Klassik statistik fizika. T. O'zbekiston. 2003y .
7. A.Boydedaev. Nomuvozanatli statistik fizika asoslari. T.O'qituvchi, 1992 y.
8. R.Mamatqulov va boshqalar. Statistik fizika va termodinamikadan masalalar to'plami, O'qituvchi, 2000 y.
9. G. X. Xoshimov, R. Ya. Rasulov, N. X. Yo'ldoshev. "Kvant mexanika asoslari". T., "O'qituvchi", 1999y.

Qo'shimcha adabiyotlar:

1. И.В. Мещерский. Сборник задач по теоретической механике. М., Наука., 1992 г.
2. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. M.S.Sedrik tahriri ostida Toshkent, O'qituvchi, 1992 y.

3. Tursunov S., Kamolov J. “Elektr va magnitizm”, T., O’qituvchi, 1996y.
4. В.В.Мултановский,А.С.Васильевский. Электродинамика. М., Просвещение. 1998г.
5. О. Qodirov, A. Boydedaev. Kvant fizika. Toshkent, “O’zbekiston” nashriyoti., 2005y.
6. Е.М.Гершензон и др. Курс общей физики. Оптика и атомная физика. М., "Просвещение", 1997 г.
7. E.Rasulov . U.Begimqulov Kvant fizikasi.1-tom.,T.”Fan va texnologiya”, 2009 y.
8. E.Rasulov. U. Begimqulov Kvant fizikasi. 2- tom T.”Fan va texnologiya”, 2009 y.
9. Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшиц. Статистическая физика. М.Наука.. 1999 г.
10. И.В. Савельев Основы теоретической физики. Том 1. М. Наука. 1992 г.
11. В. Шпольский. Атомная физика. В двух томах. Москва. Наука. 1992г.
12. К. Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика. В двух томах. Москва., 1998г.
13. А. И. Наумов. Физика атомного ядра и элементарных частиц. Москва., 2000г.

Elektron ta’lim resurslari

1. [www. tdpu.uz](http://www.tdpu.uz)
2. [www. pedagog. uz](http://www.pedagog.uz)
3. [www. ziyonet. uz](http://www.ziyonet.uz)
4. [www. edu. Uz](http://www.edu.Uz)

B) «NAZARIY FIZIKA» FANIDAN ISHCHI DASTUR

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O`RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI
NAVOIY DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI**

Ruyxatga olindi:

№ _____

2019 y. “_____” _____

“TASDIQLAYMAN”

O’quv ishlari bo’yicha prorektor

_____ **b.f.n. A.J.Qo’shoqov**

“_____” _____ 2019yil

NAZARIY FIZIKA (Elektrodinamika)

fanining ishchi o’quv dasturi

Bilim sohasi: 100000-Gumanitar

Ta’lim sohasi: 110000-Pedagogika

Ta’lim yo’nalishi: 5110200-Fizika va astranomiya o’qitish metodikasi

Navoiy – 2019

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

Fan dasturi Oliy va o'rta maxsus , kasb-hunar ta'limi o'quv –uslubi birlashmalari faoliyatining Muvofiqlashtirish Kengashining 201 yil , « » dagi « » –sonli majlis bayoni bilan maqullangan .

Tuzuvchi:

Abdullayev J.M. – NavDPI, “Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi” kafedrasida katta o'qituvchisi

Taqrizchi:

Xudoyberdiyev E.N. - Nav.DPI, “Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi o'qitish metodikasi” kafedrasida dotsenti.

Fanning ishchi o'quv dasturi “Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi” kafedrasining 2018- yil –avgustdagi 1-sonli yig'lishida muhokamadan o'tgan va fakultet kengashida muhokama qilish uchun tavsiya etilgan.

Kafedra mudiri:

dots. A.Axmedov

Fanning ishchi o'quv dasturi “Fizika-matematika” fakultet kengashida muhokama etilgan va foydalanishga tavsiya qilingan(2019-yil _____-avgust 1- sonli bayonnoma).

Fakultet kengashi raisi:

dots. I.R.Kamolov

Kelishild:

O'quv- uslubiy boshqarma boshlig'i _____ k.o'q. N.A.Xolmirzayev

Kirish

Oliy ta'limning Davlat ta'lim standartiga ko'ra "Pedagogika" ta'lim sohalarida o'qitiladigan "Nazariy fizika" fani Klassik mexanika, Elektrodinamika, Kvant mexanika, Statistik fizika va termodinamika, bo'limlarini o'z ichiga olUshbu fan 5110200-fizika va astronomiya o'qitish metodikasi bakalavriat ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan talabalarga "Nazariy fizika" kursi sifatida o'qitiladi.

Faninig maqsadi va vazifalari

"Nazariy fizika" fanini o'qitishdan maqsad – talabalarda, bo'lajak fizika o'qituvchisiga zarur bo'lgan darajada: makro va mikro dunyoda modda va maydonning harakat qonunlarini nazariy jihatdan asoslash, moddaning va uni tashkil etgan mikrozararlar xossalarini o'rganish, mikro va makroskopik sistemalarning turli holatlari nazariyasi, ularning fizik modellari xaqida nazariy bilim, ko'nikma va malaka shakllantirishdir.

Fanning vazifasi - talabalarga Nazariy fizika kursining bo'limlari (Klassik mexanika, Elektrodinamika, Kvant mexanika hamda Statistik fizika va termodinamika) doir eng kichik ta'sir prinsipini , Lagranj tenglamalari, mexanikadagi saqlanish qonunlarini, harakat tenglamalarini integrallashni, finit va infinit potensial maydonlardagi harakat tebranma harakat qonunlari; muhitlar chegarasidagi elektr maydoni, vakuumda va muhitda elektromagnit maydon xususiyatlarini, Maksvell tenglamalarini, elektrodinamikaning eksperimental asoslarini, elektrostatik potentsiallarni; noaniqlik, moslik, qo'shimchalik kvant prinsiplari, operatorlar, SHredenger tenglamasi va uni yechish metodlari va misollarini, g'alayon nazariyasini; makroskopik sistemaning muvozanat va nomuvozantli holatlari, termodinamik potentsiallar, statistik sistemalarning kvant va klassik xususiyatlari, kvant sistemasining kanonik va mikrokanonik taqsimoti, ideal gaz xususiyatlarini kabi vazifalarni o'rgatishdan iborat.

Fan bo'yicha talabalarning bilimi, ko'nikma va malakasiga qo'yiladigan talablar

"Nazariy fizika" fani bo'yicha talabalarning bilimiga qo'yiladigan talablar: kursni o'zlashtirishi jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida bakalavr:

Eng kichik ta'sir prinsipini , Lagranj tenglamalarini, mexanikadagi saqlanish qonunlarini, harakat tenglamalarini integrallashni, finit va infinit potensial maydonlardagi tebranma harakat qonunlarini; muhitlar chegarasidagi elektr maydonini, vakuumda va muhitda elektromagnit maydon xususiyatlarini, Maksvell tenglamalarini, elektrodinamikaning eksperimental asoslarini, elektrostatik potentsiallarni, noaniqlik, moslik, qo'shimchalik kvant prinsiplarini, operatorlarni, SHredenger tenglamasi va uni yechish metodlari va misollarini, g'alayon nazariyasini; makroskopik sistemaning muvozanat va nomuvozantli holatlarini, termodinamik potentsiallarni, statistik sistemalarning kvant va klassik xususiyatlarini, kvant sistemasining kanonik va mikrokanonik taqsimotini, ideal gaz xususiyatlarini *bilishi kerak*;

- nazariy fizika qonunlarini, teoremlarini, gepoteza va aksiomalarini isbot qila bilish, uning mazmun va mohiyatini to'g'ri tushinib, muayyan misollarni yecha olish kabi *ko'nikmalarga ega bo'lishlari kerak*;

-talaba nazariy fizika kursining bo'limlariga doir amaliy mashg'ulotlarida o'zlashtirilgan barcha mavzular bo'yicha masalalar yechish, seminarre feratlarini tayyorlash, o'tqazish va hisob

kitob ishlarini bajarish, ularga doir xulosalar chiqara olish, fizikaviy qonuniyatlarini o'zlashtirish, ularni keyingi pedagogik faoliyatlarida qo'llash *malakalariga ega bo'lishi kerak*.

Fanning o'quv rejasidagi boshqa fanlar bilan o'zaro bog'liqligi va uslubiy jihatdan uzviy ketma-ketligi

Nazariy fizika fani fizikaning barcha bo'limlari, oliy matematikaning differensial va integral hisobi, ehtimollar nazariyasi, matematik statistika, astoronomiya va astrofizika, tabiiy-ilmiy va boshqa fanlar bilan uzviy bog'langan.

Fanni o'qitishda zamonaviy axborot va pedagogik texnologiyalar

“Nazariy fizika” fanini o'qitishda yangi ta'lim texnologiyalari, elektron plakatlar, tarqatma materiallar, elektron darsliklar va qo'llanmalar, virtual laboratoriyalar, internet ma'lumotlari, lokal tarmoqdagi turli o'quv, ilmiy bilimni nazorat qilish bo'yicha ma'lumotlar jamlamasidan foydalaniladi. Mustaqil ta'lim, aqliy hujum, vaziyatli masalalarni yechish, diskussiya, rolli o'yinlar, referatlar yozish kabi pedagogik usullar bilan fanning o'qitilishi amalga oshiriladi.

“Nazariy fizika” kursini loyihalashtirishda quyidagi asosiy konstual yondoshuvlardan foydalaniladi:

Shaxsga yo'naltirilgan ta'lim. Bu ta'lim o'z mohiyatiga ko'ra ta'lim jarayonining barcha ishtirokchilarini to'laqonli rivojlanishlarini ko'zda tutadi. Bu esa ta'limni loyihalashtirilayotganda, albatta, ma'lum bir ta'lim oluvchining shaxsini emas, avvalo, kelgusidagi mutaxassislik faoliyati bilan bog'liq o'qish maqsadlaridan kelib chiqqan holda yondoshilishni nazarda tutadi. Tizimli yondoshuv. Ta'lim texnologiyasi tizimning barcha belgilarini o'zida mujassam etmog'i lozim: jarayonning mantiqiyliigi, uning barcha bo'g'inlarini o'zaro bog'langanligi, yaxlitligi. Faoliyatga yo'naltirilgan yondoshuv.

SHaxsning jarayonli sifatlarini shakllantirishga, ta'lim oluvchining faoliyatni aktivlashtirish va intensivlashtirish, o'quv jarayonida uning barcha qobiliyati va imkoniyatlari, tashabbuskorligini ochishga yo'naltirilgan ta'limni ifodalaydi. Dialogik yondoshuv. Bu yondoshuv o'quv munosabatlarini yaratish zaruriyatini bildiradi. Uning natijasida shaxsning o'z-o'zini faollashtirishi va o'z-o'zini ko'rsata olishi kabi ijodiy faoliyati kuchayadi. Hamkorlikdagi ta'limni tashkil etish. Demokratik, tenglik, ta'lim beruvchi va ta'lim oluvchi faoliyat mazmunini shakllantirishda va erishilgan natijalarni baholashda birgalikda ishlashni joriy etishga e'tiborni qaratish zarurligini bildiradi.

Muammoli ta'lim. Ta'lim mazmunini muammoli tarzda taqdim qilish orqali ta'lim oluvchi faoliyatini aktivlashtirish usullaridan biri. Bunda ilmiy bilimni ob'ektiv qarama-qarshiligi va uni hal etish usullarini, dialektik mushohadani shakllantirish va rivojlantirishni, amaliy faoliyatga ularni ijodiy tarzda qo'llashni mustaqil ijodiy faoliyati ta'minlanadi. Axborotni taqdim qilishning zamonaviy vositalari va usullarini qo'llash - yangi kompyuter va axborot texnologiyalarini o'quv jarayoniga qo'llash. O'qitishning usullari va texnikasi. Ma'ruza (kirish, mavzuga oid, vizuallash), muammoli ta'lim, keys-stadi, pinbord, paradoks va loyihalash usullari, amaliy ishlar. O'qitishni tashkil etish shakllari: dialog, polilog, muloqot hamkorlik va o'zaro o'rganishga asoslangan frontal, kollektiv va guruh.

O'qitish vositalari: o'qitishning an'anaviy shakllari (darslik, ma'ruza matni) bilan bir qatorda – kompyuter va axborot texnologiyalari. Kommunikatsiya usullari: tinglovchilar bilan operativ teskari aloqaga asoslangan bevosita o'zaro munosabatlar. Teskari aloqa usullari va vositalari: kuzatish, blits-so'rov, oraliq va joriy va yakunlovchi nazorat natijalarini tahlili

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

asosida o'qitish diagnostikasi. Boshqarish usullari va vositalari: o'quv mashg'uloti bosqichlarini belgilab beruvchi texnologik karta ko'rinishidagi o'quv mashg'ulotlarini rejalashtirish, qo'yilgan maqsadga erishishda o'qituvchi va tinglovchining birgalikdagi harakati, nafaqat auditoriya mashg'ulotlari, balki auditoriyadan tashqari mustaqil ishlarning nazorati. Monitoring va baholash: o'quv mashg'ulotida ham butun kurs davomida ham o'qitishning natijalarini rejali tarzda kuzatib borish. Kurs oxirida test topshiriqlari yoki yozma ish variantlari yordamida tinglovchilarning bilimlari baholanadi. "Nazariy fizika" fanini o'qitish jarayonida kompyuter texnologiyasidan, "Excel" elektron jadvallar dasturlaridan foydalaniladi. Ayrim mavzular bo'yicha talabalar bilimini baholash test asosida va kompyuter yordamida bajariladi. "Internet" tarmog'idagi rasmiy iqtisodiy ko'rsatkichlaridan foydalaniladi, tarqatma materiallar tayyorlanadi, test tizimi hamda tayanch so'z va iboralar asosida oraliq va yakuniy nazoratlar o'tkaziladi.

**Nazariy fizika fanidan mashg'ulotlarning mavzular va soatlar bo'yicha tasimlanishi:
(Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi)**

T/r	Mavzular nomi	Jami soat	Ma'ruza	Amaliy	simenar	Mustaqil ta'lim
1	Kirish. Elektrodinamika fanining maqsadi va vazifalari. Matematik tushnchalar	8	2	4		2
2	Elektrodinamikaning eksperimental asoslari	10	4		2	4
3	Elektromagnit maydon potentsiallari. Kalibrli invariantlilik.	6	2			4
4	Elektromagnit maydon energiyasi, zichligi va energiyasi oqimining zichligi. Energiyaning saqlanish qonuni	10	2	2	2	4
5	Zaryadlar sistemasining uzoq masofalardagi maydoni. Kvadrupol moment.	10	2	2	2	4
6	O'zgarmas magnit maydon. Vektor potentsial.	10	2	4		4
7	Elektr dipolning nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati.	10	2	2	2	4
8	Elektromagnit	14	4	4	2	4

	to'liqlarning tarqalishi					
9	Maksvell-Lorents tenglamalari.	8	2		2	4
10	Elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalar harakati	10	2	2	2	4
11	Relyativistik elektrodinamika	8	2		2	4
12	Maxsus nisbiylik nazariyasida optik hodisalar.	8	2		2	4
13	Umumiy nisbiylik nazariyasining elementlari	8	2		2	4
Jami		120	30	20	20	50

Asosiy qism: Fanning uslubiy jihatdan uzviy ketma-ketligi.

Asosiy qismda (ma'ruza) fanni mavzulari mantiqiy ketma-ketlikda keltiriladi. Har bir mavzuning mohiyati asosiy tushunchalar va tezislar orqali ochib beriladi. Bunda mavzu bo'yicha talabalarga DTS asosida etkazilishi zarur bo'lgan bilim va ko'nikmalar to'la qamrab olinishi kerak.

Asosiy qism sifatiga qo'yiladigan talab mavzularning dolzarbligi, ularning ish beruvchilar talablari va ishlab chiqarish ehtiyojlariga mosligi, mamlakatimizda bo'layotgan ijtimoiy-siyosiy va demokratik o'zgarishlar, iqtisodiyotni erkinlashtirish, iqtisodiy-huquqiy va boshqa sohalaridagi islohatlarning ustuvor masalalarini qamrab olishi hamda fan va texnologiyalarning so'ngi yutuqlari e'tiborga olinishi tavsiya etiladi.

Ma'ruza mashg'ulotlari

1-mavzu. Kirish. Elektrodinamika fanining maqsadi va vazifalari. Matematik tushunchalar. „Nazariy fizika“ (elektrodinamika) fanining predmeti va vazifalari. Elektrodinamika elektromagnit hodisalarni o'rganadi. Elektrodinamika o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlar, Maksvell tenglamalari muhit,vakkum, Kvazistatsionar maydon, o'zgaruvchan maydon, Maksvell-Lorents tenglamalari atom-molekulyar strukturali muhit uchun qo'llanilishi.Fenomenologik elektrodinamika va klassik elektron nazariya. Vektorlar algebrasi,Vektor operator, Ostrogradiskiy-Gauss va Stoks teoremlari, nabla operator.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Bingo, blits, ajurali arra, munozara, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 4, 5, ; Q-3; El-5.

2-3-mavzu. Elektrodinamikaning eksperimental asoslari. Zaryadlar taqsimoti, tok kuchi va zichligi, Elektromagnit maydon vektorlari,Superpozitsiya prinsipi, Kulon qonuning umumlashtirishi, O'zaro ta'sirning uzatilishi, Elektr maydon vektorlari, Elektrmaydonini hisoblashda Ostrogradiskiy-Gauss teoremasi.Zaryadlarni saqlanish qonuni, chiziqli, sirtiy, hajmiy zaryadlar. Uzluksizlik tenglamasi, o'zgaras tok chiziqlarining berkligi, o'zgaruvchan tok zanjirida o'tkazuvchanlik toki chiziqlarini berk emasligi. Siljish toki.Maksvell tenglamalari. To'liq tok qonuninig integral ko'rinishi, To'liq tok qonuninig differensial ko'rinishi, Bio-Savar-Laplas qonuni, Stoks teoremasi, tok zichligi, o'tkazuvchanlik va siljish toklari atrofida uyurmali magnit

maydon hosil bo'lishi, Maksvell tenglamasi. Fenomenologik elektrodinamika qonunlari, Maksvell tenglamalar sistemasi, Elektromagnit maydonni xarakterlovchi vektor kattaliklar, muhit konstantalari, moddiy tenglamalar, o'zgaruvchan elektromagnit maydon.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, muammoli ta'lim, munozara, bumerang, klaste, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 2, 3,4 ; Q-3, 4; El-3, 5.

4-mavzu: Elektromagnit maydon potentsiallari. Kalibrli invariantliklik. Elektromagnit maydon uchun energyaning saqlanish qonuni, Energiya oqimini hisoblash, chet kuchlarni bajargan ishi, vaqt birligi ichida chiquvchi elektromagnit maydon energiya oqimi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaste, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 2, 3,4 ; Q-3, 4; El-3, 5.

5-mavzu: Elektromagnit maydon energiyasi, zichligi va energiyasi oqimining zichligi. Energiyaning saqlanish qonuni. Elektrostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, qo'zg'almas zaryadlar maydoni, Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, bir jinsli muhitda elektrostatik maydon va uning potentsiali, elektrostatik maydonni hisoblash, nuqtaviy , hajmiy, sirtiy va chiziqli zaryadlar maydoni, elektrostatik maydonda o'tkazgichlar, elektr sig'imi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaste, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

6-mavzu: Zaryadlar sistemasining uzoq masofalardagi maydoni. Kvadrupol moment. Elektrostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, qo'zg'almas zaryadlar maydoni, Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, bir jinsli muhitda elektrostatik maydon va uning potentsiali, elektrostatik maydonni hisoblash, nuqtaviy , hajmiy, sirtiy va chiziqli zaryadlar maydoni, elektrostatik maydonda o'tkazgichlar, elektr sig'imi. **Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari:** Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaste, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

7-mavzu: O'zgarmas magnit maydon. Vektor potentsial. Kvazistatsionar elektromagnit maydonning asosiy tenglamalari, kechikish effekti, kvazistatsionarlik sharti, kvazistatsionar tokli o'tkazgichlar sistemasida o'zinduksiyani va o'zaro induksiyaning hisobga olish. Ixtiyoriy chastota bilan o'zgaruvchan elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, moddiy tenglamalar, chegaraviy shartlar hamda ularni fizik mazmuni. Tenglamalar sistemasini yechimini yagonaligi, kechiguvchi va ilgarilovchi potentsiallar.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1, 3,4, 5.

8-mavzu: Elektr dipolning nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati. O'zgaruvchan dipol (ossilyator) momentiga ega bo'lgan sistemalarning to'liq zonasiidagi elektromagnit maydon vektorlari, vibratorlar, momenti garmonik qonuniyatga asoslangan o'zgaruvchi dipol, harakatlanuvchi zaryadlarning netral sistemasi, magnit dipol va elektr kvadrupol nurlanishi, yo'naltirilgan nurlanishlar.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1,3,4, 5.

9-10-mavzu: Elektromagnit to'liqlarning tarqalishi. Elektromagnit to'liq tenglamalari, elektromagnit to'liqning tarqalish tezligi, telegraf tenglamasi, elektromagnit to'liqlarni bir jinsli izotrop dielektrik muhitda tarqalishi yassi monoxromatik to'liqlar, yassi elektromagnit

to'liqlarning ikki dirlrtrik chegarasida sinishi va qaytishi,elektromagnit to'liqin vektorlari uchun chegaraviy shart.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1, 3,4, 5.

11-mavzu: Maksvell-Lorents tenglamalari. Moddaning atom-mlekulyar tuzulishini va zaryadni diskretligini hisobga olgan holda G.Lorens Maksvell nazariyasini rivojlantirib, klassik elektron nazariya yoki klassik mikroskopik elektrodinamika hisoblanadi. Klassik mikroskopik elektrodinamikaning asosiy tnglamasi Lorents tenglamalari hisoblanadi. Maksvell tenglamalari Lorents tenglamalarini o'rtachalash natijasidan kelib chiqadi. Klassik elektron nazariyaning o'rtachalangan tenglamalari fenomenologik elektrodinamikaning differinsial tenglamalarni keltirib chiqaradi.O'rtachalashgan kattaliklar uchun yozilgan maydon tenglamalari Maksvell-Lorents tenglamalari deb yuritiladi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaste, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 2, 3,4 ; Q-3; El-3, 5.

12-mavzu: Elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalar harakati. Zaryadli zarrachani bir jinsli o'zgaras va o'zaro kesishuvchi elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalarni harakati nazariyasi elektrodinamikaning amaliy ahamiyatiga ega bo'lgan bilimlaridan biridir. Zaryadning o'zgaras elektr maydonida harakati, zaryadli zarrachaning o'zgaras magnit maydonida va harakat tenglamalari.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, muammoli ta'lim, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 2, 3 ; Q-3; El-3, 5.

13-mavzu: Relyativistik elektrodinamika. To'rt potensial va to'rt tok zichligi hamda ularning almashinishi.Dalamber tenglamasining relyativistik ko'rinishi. Maksvell tenglamalrining kovariant shakli.Elektromagnit maydon vektorlari uchun almashtirish formulalari.Elektromagnit maydon invariantlari.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1, 3,4, 5.

14-mavzu: Maxsus nisbiylik nazariyasida optik hodisalar. Yassi elektromagnit to'liqlarning to'liqin fazasini invariantligi, 4-to'liqin vektori. Chastota va yo'nalishlar uchun almashtirish formulasi. Doppler effekti, yulduzlar aberratsiyasi. Yassi to'liqin amplitudasi,energiyasi va implusining almashtirish kabi tushunchalar berish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1, 3,4, 5.

15-mavzu: Umumiy nisbiylik nazariyasining elementlari. Butun olam tortishish qonuni.gravitatsion massa va kuch. Gravitasion maydon va fazo-vaqt metrikasi. Metrik tenzor. Relyativistik mexanikada gravitatsion maydon. Umumiy nisbiylik nazariyasining eksperimental tasdiqlanishi. Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika haqida qisqa tushuncha berish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1, 3,4, 5.

“Nazariy fizika” fani bo'yicha ma'ruza mashg'lotlarining kalendar tematik rejasi.

T/r	Ma'ruza mavzulari (barcha)	soat
1	Kirish. Elektrodinamika fanining maqsadi va vazifalari. Matematik tushunchalar	2
2	Elektrodinamikaning eksperimental asoslari	2
3	Elektrodinamikaning eksperimental asoslari	2
4	Elektromagnit maydon potentsiallari. Kalibrli invariantliklik.	2
5	Elektromagnit maydon energiyasi, zichligi va energiyasi oqimining zichligi. Energiyaning saqlanish qonuni	2
6	Zaryadlar sistemasining uzoq masofalardagi maydoni. Kvadrupol moment.	2
7	O'zgarmas magnit maydon. Vektor potentsial.	2
8	Elektr dipolning nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati.	2
9	Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi	2
10	Elektromagnit to'lqinlarning tarqalishi	2
11	Maksvell-Lorents tenglamalari.	2
12	Elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalar harakati	2
13	Relyativistik elektrodinamika	2
14	Maxsus nisbiylik nazariyasida optik hodisalar.	2
15	Umumiy nisbiylik nazariyasining elementlari	2
Jami		20

Amaliy mashg'ulotlarning tavsiya etiladigan mavzulai

1-mavzu: Vektorlar algebrasiga doir masalalar yechish. Vektorlarni proyeksiyasi va tashkiletuvchilari, vektorlar ustida amallar, vektorlarni skalyar va vektor ko'paytmalari, ikki qaytali vektor ko'paytma, vektor analiz elementlari va shularga doir masalalar yechish. Vektor operatorlar gradient, divergensiya va rotor operatorlar haqida tushunchalar. Ostrogradskiy-Gauss teoremasi, Stoks teoremasi haqida tushunchalar berish va bularga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1, 3,4, 5.

2-mavzu: Vektor operatorlarga doir masalalar yechish. Vektorlarni proyeksiyasi va tashkiletuvchilari, vektorlar ustida amallar, vektorlarni skalyar va vektor ko'paytmalari, ikki qaytali vektor ko'paytma, vektor analiz elementlari va shularga doir masalalar yechish. Vektor operatorlar gradient, divergensiya va rotor operatorlar haqida tushunchalar. Ostrogradskiy-Gauss teoremasi, Stoks teoremasi haqida tushunchalar berish va bularga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-1, 3,4, 5.

3-mavzu: Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalarining to'liq sistemasiga doir masalalar yechish. Elektrostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, qo'zg'almas zaryadlar maydoni, Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, bir jinsli muhitda elektrostatik maydon va uning potentsiali, elektrostatik maydonni hisoblash, nuqtaviy, hajmiy, sirtiy va chiziqli zaryadlar maydoni, elektrostatik maydonda o'tkazgichlar, elektr sig'im mavzularga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4; Q-3, 4; El-3,4, 5.

4-mavzu: Elektrostatik maydon uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish. Elektrostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, qo'zg'almas zaryadlar maydoni, Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, bir jinsli muhitda elektrostatik maydon va uning potentsiali, elektrostatik maydonni hisoblash, nuqtaviy, hajmiy, sirtiy va chiziqli zaryadlar maydoni, elektrostatik maydonda o'tkazgichlar, elektr sig'im mavzularga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4; Q-3, 4; El-3,4, 5.

5-mavzu: Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalarining to'liq sistemasi va chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish. Magnitostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, statsionar toklar maydoni, Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, magnitostatik maydonni hisoblash, hajmiy, sirtiy va chiziqli toklarning magnit maydoni, Magnitostatik maydonda magnetikalar, magnitlanish vektori, magnetik muhitdagi magnit maydon, molekulyar toklar, magnit maydonning maydon energiyasining tok zichligi va vektor-potentsiali mavzulariga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4; Q-3, 4; El-3,4, 5.

6-mavzu: Magnitostatik maydon uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish. Magnitostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, statsionar toklar maydoni, Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, magnitostatik maydonni hisoblash, hajmiy, sirtiy va chiziqli toklarning magnit maydoni, Magnitostatik maydonda magnetikalar, magnitlanish vektori, magnetik muhitdagi magnit maydon, molekulyar toklar, magnit maydonning maydon energiyasining tok zichligi va vektor-potentsiali mavzulariga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4; Q-3, 4; El-3,4, 5.

7-mavzu: Elektr dipolning nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvatiga doir masalalar yechish. O'zgaruvchan dipol (ossilyator) momentiga ega bo'lgan sistemalarning to'liq zonasidagi elektromagnit maydon vektorlari, vibratorlar, momenti garmonik qonuniyatga asoslangan o'zgaruvchi dipol, harakatlanuvchi zaryadlarning netral sistemasi, magnit dipol va elektr kvadrupol nurlanishi, yo'naltirilgan nurlanishlar mavzulariga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4; Q-3, 4; El-3,4, 5.

8-mavzu: To'liq tenglamasi. Elektromagnit to'liqlar va ularning tarqalishiga doir masalalar yechish. Elektromagnit to'liq tenglamalari, elektromagnit to'liqning tarqalish tezligi, telegraf tenglamasi, elektromagnit to'liqlarni bir jinsli izotrop dielektrik muhitda tarqalishi yassi monoxromatik to'liqlar, yassi elektromagnit to'liqlarning ikki dirlikrik chegarasida sinishi va qaytishi, elektromagnit to'liq vektorlari uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

9-mavzu: Elektromagnit to'liqlar va ularning tarqalishiga doir masalalar yechish. Elektromagnit to'liq tenglamalari, elektromagnit to'liqning tarqalish tezligi, telegraf tenglamasi, elektromagnit to'liqlarni bir jinsli izotrop dielektrik muhitda tarqalishi yassi monoxromatik to'liqlar, yassi elektromagnit to'liqlarning ikki dirlikrik chegarasida sinishi va qaytishi, elektromagnit to'liq vektorlari uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

10-mavzu: Elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalar harakati. Zaryadli zarrachani bir jinsli o'zgarmas va o'zaro kesishuvchi elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalarni harakati nazariyasi elektrodinamikaning amaliy ahamiyatiga ega bo'lgan bilimlaridan biridir. Zaryadning o'zgarmas elektr maydonida harakati, zaryadli zarrachaning o'zgarmas magnit maydonida va harakat tenglamalari doir masalalar yechish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

“Nazariy fizika” fani bo'yicha amaliy mashg'lotlarining kalendar tematik rejasini.

T/r	Amaliy mashg'lot mavzulari (barcha)	soat
1	Vektorlar algebrasiga doir masalalar yechish.	2
2	Vektor operatoriga doir masalalar yechish.	2
3	Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalarining to'liq sistemasiga doir masalalar yechish.	2
4	Elektrostatik maydon uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish.	2
5	Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalarining to'liq sistemasiga doir masalalar yechish.	2
6	Magnitostatik maydon uchun chegaraviy shartlarga doir masalalar yechish.	2
7	Elektr dipolning nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvatiga doir masalalar yechish.	2
8	To'liq tenglamasi. Elektromagnit to'liqlar va ularning tarqalishiga doir masalalar yechish	2
9	Elektromagnit to'liqlar va ularning tarqalishiga doir masalalar yechish	2
10	O'zgarmas elektr va magnit maydonlarida zaryadli zarrachalarning harakatiga doir masalalar yechish.	2
Jami		20

Seminar mashg'ulotlarning tavsiya etiladigan mavzular

1-mavzu: Elektromagnit maydon potentsallari va ular uchun Dalamber, Puasson, Laplas tenglamalari. Maksvell tenglamalar sistemasini yechib elektromagnit maydonni to'liq aniqlash mumkin. Elektromagnit maydon potentsallari deb yuritiluvchi yordamchi parametrlar kiritishi bilan maksvell tenglamalar sistemasini yechish qulayroqdir. Lekin bular uchun Dalamber, Puasson va Laplas tenglamalari mavjud.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

2-mavzu: Elektrostatik maydondagi o'tkazgichlar. O'tkazgich potensial bilan zaryad orasidagi bog'lanish. Elektr sig'imi. Kondensatorlar. Elektrostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, qo'zg'almas zaryadlar maydoni, Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, bir jinsli muhitda elektrostatik maydon va uning potentsiali, elektrostatik maydonni hisoblash, nuqtaviy , hajmiy, sirtiy va chiziqli zaryadlar maydoni, elektrostatik maydonda o'tkazgichlar, elektr sig'imi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

3-mavzu: Elektrostatik maydon energiyasi. Zaryadlarning o'zarota'sir energiyasi. Elektrostatik maydonning mexanik kuchlari. Elektromagnit maydon uchun energyaning saqlanish qonuni, Energiya oqimini hisoblash, chet kuchlarni bajargan ishi, vaqt birligi ichida chiquvchi elektromagnit maydon energiya oqimi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 2, 3,4 ; Q-3, 5; El-3, 5.

4-mavzu: Magnitostatik maydonning magnitliklari. Magnitlanish vektori. Magnitik muhitdagi magnit maydon. Molekulyar toklar. Magnitostatik maydonni xarakterlovchi kattaliklar, statsionar toklar maydoni, Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, magnitostatik maydonni hisoblash, hajmiy, sirtiy va chiziqli toklarning magnit maydoni, Magnitostatik maydonda magnetikalr, magnitlanish vektori, magnetik muhitdagi magnit maydon, molekulyar toklar, magnit maydonning maydon energiyasining tok zichligi va vektor-potentsiali.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

5-mavzu: O'zgaruvchan tokning o'tkazgich ko'ndalang kesim bo'ylab noteks taqsimlanishi. Skin effekti. Ixtiyoriy chastota bilan o'zgaruvchan elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi, moddiy tenglamalar, chegaraviy shartlar hamda ularni fizik mazmuni. Tenglamalar sistemasini yechimini yagonaligi, kechiguvchi va ilgarilovchi potentsiallar.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4, 5; El-1, 3,4, 5.

6-mavzu: Maksvell tenglamalarini elektromagnit maydon potentsallari yordamida yechish. Kechikuvchi va ilgarilovchi potentsiallar. Maksvell tenglamalar sistemasini yechib elektromagnit maydonni to'liq aniqlash mumkin. Elektromagnit maydon potentsallari deb yuritiluvchi yordamchi parametrlar kiritishi bilan maksvell tenglamalar sistemasini yechish qulayroqdir. Lekin bular uchun Dalamber, Puasson va Laplas tenglamalari mavjud.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaste, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

7-mavzu: Elektromagnit to'lqinning o'tkazgich bo'ylab tarqalishi. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar.Volnavod va rezanotirlar. Elektromagnit to'lqin tenglamalari, elektromagnit to'lqinning tarqalish tezligi, telegraf tenglamasi, elektromagnit tolqinlarni bir jinsli izotrop dielektrik muhitda tarqalishi yassi monoxromatik to'lqinlar, yassi elektromagnit to'lqinlarning ikki dirlrktik chegarasida sinishi va qaytishi,elektromagnit to'lqin vektorlari uchun chegaraviy shart.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, bumerang, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4; El-3,4, 5.

8-mavzu: Mikroskopik zaryad va mikroskopik tok zichligini o'rtachalash. Maksvell tenglamalari Lorents tenglamalarini o'rtachalash natijasidan kelib chiqadi. Klassik elektron nazariyaning o'rtachalangan tenglamalari fenomenologik elektrodinamikaning differinsial tenglamalarni keltirib chiqaradi.O'rtachalashgan kattaliklar uchun yozilgan maydon tenglamalari Maksvell-Lorents tenglamalari deb yuritiladi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4, 5; El-1, 3,4, 5.

9-mavzu: Nisbiylik nazariyasining matematik apparati. Uch o'lchovli fazo. Ortogonal almashtirishlar. Uch o'lchovli vektorlar. Uch o'lchovlar tenzorlar. Tenzor algebrasi va analiz elementlari. To'rt o'lchovli Olam. Lorents alamashtirishlarining 4-fazodagi ortogonal almashtirishlar. 4-vektorlar. 4-radius, tezlik, tezlanish vektorlari va ularning almashinishi.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4, 5; El-1, 3,4, 5.

10-mavzu: Umumiy nisbiylik nazariyasining prinsiplari. Butun olam tortishish qonuni.gravitatsion massa va kuch. Gravitasion maydon va fazo-vaqt metrikasi. Metrik tenzor. Relyativistik mexanikada gravitatsion maydon. Umumiy nisbiylik nazariyasining eksperimental tasdiqlanishi. Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika haqida qisqa tushuncha berish.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Aqliy hujm, munozara, klaster, o'z-o'zini nazorat.

Adabiyotlar: A-1, 3,4 ; Q-3, 4, 5; El-1, 3,4, 5.

“Nazariy fizika” fani bo'yicha seminar mashg'lotlarining kalendar tematik rejasi.

T/r	Seminar mashg'lot mavzulari (barcha)	soat
1	Elektromagnit maydon potensallari va ular uchun Dalamber, Puasson, Laplas tenglamalari	2
2	Elektrostatik maydondagi o'tkazgichlar.O'tkazgich potensial bilan zaryad orasidagi bog'lanish. Elektr sig'imi.Kondensatorlar.	2
3	Elektrostatik maydon energiyasi. Zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasi. Elektrostatik maydonning mexanik kuchlari	2
4	Magnitostatik maydonning magnitliklari. Magnitlanish vektori.Magnitik muhitdagi magnit mayon.Molekulyar toklar.	2
5	O'zgaruvchan tokning o'tkazgich ko'ndalang kesim bo'ylab noteks taqsimlanishi. Skin effekti.	2
6	Maksvell tenglamalarini elektromagnit maydon potensiallari yordamida yechish. Kechikuvchi va ilgariluvchi potensiallar	2
7	Elektromagnit to'lqinning o'tkazgich bo'ylab tarqalishi. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar.Volnavod va rezanotirlar.	2

8	Mikroskopik zaryad va mikroskopik tok zichligini o'rtachalash.	2
9	Nisbiylik nazariyasining matematik apparati	2
10	Umumiy nisbiylik nazariyasining prinsiplari	2
Jami		20

Mustaqil ta'lim tashkil etishning shakli va mazmuni.

“Nazariy fizika” fani bo'yicha talabaning mustaqil ta'limi shu fanni o'rganish jarayonining tarkibiy qismi bo'lib, uslubiy va axborot resurslari bilan to'la ta'minlangan. Talabalar auditoriya mashg'ulotlarida professor-o'qituvchilarning ma'ruzasini tinglaydilar, misol va masalalar yechadilar. Auditoriyadan tashqarida talaba darslarga tayyorlanadi, adabiyotlarni konspekt qiladi, uy vazifa sifatida berilgan misol va masalalarni yechadi. Bundan tashqari ayrim mavzularni kengroq o'rganish maqsadida qo'shimcha adabiyotlarni o'qib referatlar tayyorlaydi hamda mavzu bo'yicha testlar yechadi. Mustaqil ta'lim natijalari reyting tizimi asosida baholanadi. Uyga vazifalarni bajarish, qo'shimcha darslik va adabiyotlardan yangi bilimlarni mustaqil o'rganish, kerakli ma'lumotlarni izlash va ularni topish yo'llarini aniqlash, internet tarmoqlaridan foydalanib ma'lumotlar to'plash va ilmiy izlanishlar olib borish, ilmiy to'garak doirasida yoki mustaqil ravishda ilmiy manbalardan foydalanib ilmiy maqola va ma'ruzalar tayyorlash kabilar talabalarning darsda olgan bilimlarini chuqurlashtiradi, ularning mustaqil fikrlash va ijodiy qobiliyatini rivojlantiradi. SHuning uchun ham mustaqil ta'limsiz o'quv faoliyati samarali bo'lishi mumkin emas. Uy vazifalarini tekshirish va baholash amaliy mashg'ulot olib boruvchi o'qituvchi tomonidan, konspektlarni va mavzuni o'zlashtirish darajasini tekshirish va baholash esa ma'ruza darslarini olib boruvchi o'qituvchi tomonidan har darsda amalga oshiriladi. “Nazariy fizika” fanidan mustaqil ish majmuasi fanning barcha mavzularini qamrab olgan va quyidagi 10 ta katta mavzu ko'rinishida shakllantirilgan.

Talabalar mustaqil ta'limining mazmuni va hajmi

T/r	Mustaqil ta'lim mavzulari	Berilgan topshiriqlar	Bajarilish muddati	Hajmi (soatlarda)
1	Elektromagnit maydon impulsi va impuls momentlarining aqlanish qonunlari. Yorug'lik bosimi. Elektromagnit massa.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	1, 2-havtalar	2
2	Doimiy toklar maydonining energiyasi. O'zinduksiya va o'zaroinduksiya koeffitsientlari	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	3-4-havtalar	2
4	Magnitostatik maydondagi mexanik kuchlar. Magnit maydoniga kiritilgan tok elementiga, elementar tokka va magnetikka ta'sir etuvchi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	4-5-havtalar	4

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

	kuchlar			
5	Kvazistatsionar tokli o'tkazgichlar sistemasida o'z-induksiyani va o'zaroin-duksiyaning hisobga olish.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	5-6-havtalar	4
6	O'zgaruvchan tokning o'tkazgich ko'ndalang kesim bo'ylab noteks taqsimlanishi.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	6-7-haftalar	4
7	Elektr dipolining nurlanishi. Nurlanish intensivligi va quvvati.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	7-8-havtalar	4
8	Elektromagnit to'lqinlarning bir jinsli izotrop dielektrik muhitda tarqalishi. Yassi monoxramatik to'lqin	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	8-9-havtalar	4
9	Qutublangan va qutblanmagan to'lqinlar. Qaytishda to'lqinning to'la qutblanishi.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	9-10-havtalar	4
10	Nurlanishning klassik elektron nazariyasi. Nurlanuvchi atomning klassik modeli.	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	10-11-havtalar	4
11	Dielektriklar qutblanishining klassik elektron nazariyasi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	11-12-havtalar	4
12	Magnetiklarning magnitlanishning klassik elektron nazariyasi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	12-13-havtalar	4
13	Elektr o'tkazuvchanlikning klassik elektron nazariyasi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	13-14-havtalar	6
14	Umumiy nisbiylik nazariyasining prinsiplari	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	14-15-havtalar	4
15	Umumiy nisbiylik nazariyasining eksperimental tasdiqlanishi	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	15-16-havtalar	4
16	Umumiy nisbiylik nazariyasi va astrofizika	Adabiyotlardan kaspekt qilish. Individual topshiriqlarni bajarish.	18-19-havtalar	4
Jami				50

Dasturning informatsion uslubiy ta'minoti.

Mazkur fanni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo'llash nazarda tutilgan:

- chiziqli algebra nazariyasi asoslari, matritsalar va chiziqli tenglamalar sistemasini yechishga bag'ishlangan mavzular zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsiya va elektron-didaktik texnologiyalaridan foydalanilgan holda o'tkaziladi;

- chiziqli fazoda chiziqli operatorlar va ular ustida amallar hamda analitik geometriya masalalarini yechishga bag'ishlangan amaliy mashg'ulotlarda aqliy xujum, guruhli fikrlash, "ish o'yini" va boshqa pedagogik texnologiyalardan foydalaniladi;

- bir va ko'p o'zgaruvchi funksiyalar, ularning differensial va integral hisoblariga bag'ishlangan amaliy mashg'ulotlarida kichik guruhlar musobaqalari, guruhli fikrlash pedagogik texnologiyalarini qo'llash nazarda tutiladi.

“Nazariy fizika” fanidan talabalar bilimini reyting tizimi asosida baholash mezonlari.

“Nazariy fizika” fani bo'yicha reyting jadvallari, nazorat turi, shakli, soni hamda har bir nazoratga ajratilgan maksimal ball, shuningdek joriy va oraliq nazoratlarining saralash ballari haqidagi ma'lumotlar fan bo'yicha birinchi mashg'ulotda talabalarga e'lon qilinadi. Fan bo'yicha talabalarining bilim saviyasi va o'zlashtirish darajasining Davlat ta'lim standartlariga muvofiqligini ta'minlash uchun quyidagi nazorat turlari o'tkaziladi:

Joriy nazorat (JN) – talabaning fan mavzulari bo'yicha bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Joriy nazorat fanning xususiyatidan kelib chiqqan holda amaliy mashg'ulotlarda og'zaki so'rov, test o'tkazish, suhbat, nazorat ishi, kollektivum, uy vazifalarini tekshirish va shu kabi boshqa shakllarda o'tkazilishi mumkin;

Oraliq nazorat (ON) – semestr davomida o'quv dasturining tegishli (fanlarning bir necha mavzularini o'z ichiga olgan) bo'limi tugallangandan keyin talabaning nazariy bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Oraliq nazorat bir semestrda ikki marta o'tkaziladi va shakli (yozma, og'zaki, test va hokazo) o'quv faniga ajratilgan umumiy soatlar hajmidan kelib chiqqan holda belgilanadi;

Yakuniy nazorat (YAN) – semestr yakunida muayyan fan bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni talabalar tomonidan o'zlashtirish darajasini baholash usuli. YAKuniy nazorat asosan tayanch tushuncha va iboralariga asoslangan “YOzma ish” shaklida o'tkaziladi. ON o'tkazish jarayoni kafedra mudiri tomonidan tuzilgan komissiya ishtirokida muntazam ravishda o'rganib boriladi va uni o'tkazish tartiblari buzilgan hollarda, ON natijalari bekor qilinishi mumkin. Bunday hollarda ON qayta o'tkaziladi. Oliy ta'lim muassasasi rahbarining buyrug'i bilan ichki nazorat va monitoring bo'limi rahbarligida tuzilgan komissiya ishtirokida YAN ni o'tkazish jarayoni muntazam ravishda o'rganib boriladi va uni o'tkazish tartiblari buzilgan hollarda, YAN natijalari bekor qilinishi mumkin. Bunday hollarda YAN qayta o'tkaziladi.

Talabaning bilim saviyasi, ko'nikma va malakalarini nazorat qilishning reyting tizimi asosida talabaning fan bo'yicha o'zlashtirish darajasi ballar orqali ifodalanadi. «Nazariy fizika» fani bo'yicha talabalarining semestr davomidagi o'zlashtirish ko'rsatkichi 100 ballik tizimda baholanadi.

Ushbu 100 ball baholash turlari bo'yicha quyidagicha taqsimlanadi:

YA.N.-30 ball, qolgan 70 ball esa J.N.-35 ball va O.N.-35 ball qilib tasdiqlanadi.

Ball	Baho	Talabalarining bilim darajasi
86-100	A'lo	Xulosa va qaror qabul qilish. Ijodiy fikrlay olish.

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

		Mustaqil mushohada yurita olish. Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish. Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish. Tasavvurga ega bo'lish.
71-85	yaxshi	Mustaqil mushohada qilish. Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish. Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish. Tasavvurga ega bo'lish
55-70	qoniqarli	Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish Tasavvurga ega bo'lish.
0-54	qoniqarsiz	Aniq tasavvurga ega bo'lmaslik. Bilmaslik.

Fan bo'yicha saralash bali 55 ballni tashkil etadi. Talabani saralash balidan past bo'lgan o'zlashtirishi reyting daftarchasida qayd etilmaydi.

Talabalarning o'quv fani bo'yicha mustaqil ishi joriy, oraliq va yakuniy nazoratlar jarayonida tegishli topshiriqlarni bajarishi va unga ajratilgan ballardan kelib chiqqan holda

baholanadi. Talabani fan bo'yicha reytingi quyidagicha aniqlanadi: $R = \frac{V \cdot O'}{100}$,
bu yerda: V- semestrda fanga ajratilgan umumiy o'quv yuklamasi (soatlarda); O' -fan bo'yicha o'zlashtirish darajasi (ballarda).

Fan bo'yicha joriy va oraliq nazoratlarga ajratilgan umumiy ballning 55 foizi saralash ball hisoblanib, ushbu foizdan kam ball to'plagan talaba yakuniy nazoratga kiritilmaydi.

Joriy JN va oraliq ON turlari bo'yicha 55bal va undan yuqori balni to'plagan talaba fanni o'zlashtirgan deb hisoblanadi va ushbu fan bo'yicha yakuniy nazoratga kirmasligiga yo'l qo'yiladi.

Talabani semestr davomida fan bo'yicha to'plagan umumiy bali har bir nazorat turidan belgilangan qoidalarga muvofiq to'plagan ballari yig'indisiga teng.

ON va YAN turlari kalendar tematik rejaga muvofiq dekanat tomonidan tuzilgan reyting nazorat jadvallari asosida o'tkaziladi. YAN semestrning oxirgi 2 haftasi mobaynida o'tkaziladi.

JN va ON nazoratlarda saralash balidan kam ball to'plagan va uzrli sabablarga ko'ra nazoratlarda qatnasha olmagan talabaga qayta topshirish uchun, navbatdagi shu nazorat turigacha, so'nggi joriy va oraliq nazoratlar uchun esa yakuniy nazoratgacha bo'lgan muddat beriladi.

Talabani semestrda JN va ON turlari bo'yicha to'plagan ballari ushbu nazorat turlari umumiy balining 55 foizidan kam bo'lsa yoki semestr yakuniy joriy, oraliq va yakuniy nazorat turlari bo'yicha to'plagan ballari yig'indisi 55 balidan kam bo'lsa, u akademik qarzidor deb hisoblanadi.

Talaba nazorat natijalaridan norozi bo'lsa, fan bo'yicha nazorat turi natijalari e'lon qilingan vaqtdan boshlab bir kun mobaynida fakultet dekaniga ariza bilan murojaat etishi mumkin. Bunday holda fakultet dekanining taqdimnomasiga ko'ra rektor buyrug'i bilan 3 (uch) a'zodan kam bo'lmagan tarkibda apellyatsiya komissiyasi tashkil etiladi.

Apellyatsiya komissiyasi talabalarning arizalarini ko'rib chiqib, shu kunning o'zida xulosasini bildiradi.

Baholashning o'rnatilgan talablar asosida belgilangan muddatlarda o'tkazilishi hamda rasmiylashtirilishi fakultet dekani, kafedra muduri, o'quv-uslubiy boshqarma hamda ichki nazorat va monitoring bo'limi tomonidan nazorat qilinadi.

Talabalar ON dan to'playdigan ballarning namunaviy mezonlari

T/r	Ko'rsatgichlar	ON ballari		
		maks	1-ON	2-ON
1	Darsga qatnashganlik darajasi, ma'ruza darslaridagi faolligi, ma'ruza daftarini to'liqligi va yuritilishi	15	0-7	0-8
2	Talabalar mustaqil ta'lim topshiriqlarini o'z vaqtida va sfatli bajarilishi va topshirilishi	10	0-5	0-5
3	Og'zaki savol-javoblar, kollokvium, va boshqa nazorat turlari natijalari bo'yicha	10	0-5	0-5
	Jami ON ballari	35	0-17	0-18

Talabalar JN dan to'playdigan ballarning namunaviy mezonlari

T/r	Ko'rsatgichlar	JN ballari		
		maks	1-JN	2-JN
1	Darsga qatnashganlik va o'zlashtirish darajasi, amaliy mashg'ulotlardagi faolligi, amaliy mashg'ulot daftarining yuritilishi va holati.	15	0-7	0-8
2	Talabalar mustaqil ta'lim topshiriqlarini o'z vaqtida va sfatli bajarilishi. Mavzular bo'yicha uy vazifalarini bajarilishi va o'zlashtirish darajasi	10	0-5	0-5
3	Yozma nazorat ishi yoki test savollariga berilgan javoblar	10	0-5	0-5
	Jami JN ballari	35	0-17	0-18

YAkuniy nazorat "YOzma ish" shaklida belgilanib, 30 ballik YOzma ish" variantlari asosida o'tkaziladi.

T/r	Ko'rsatgichlar	YAN ballari	
		maks	O'zgarish oralig'i
1	Fan bo'yicha yakuniy yozma ish nazorati	30	0-30
	Jami YAN ballari	30	0-30

YAkuniy nazoratda "YOzma ish"larni baholash mezonlari

YAkuniy nazorat "YOzma ish" shaklida amalga oshiriladi, sinov ko'p variantli usulda o'tkaziladi. Har bir variant 3 ta nazariy savol va 3 ta amaliy topshiriqdan iborat. Nazariy savollar fan bo'yicha tayanch so'z va iboralar asosida tuzilgan bo'lib, fanning barcha mavzularini o'z ichiga qamrab olgan.

YOzma sinov bo'yicha umumiy o'zlashtirish ko'rsatkichini aniqlash uchun variantda berilgan savollarning har biri uchun yozilgan javoblarga qo'yilgan o'zlashtirish ballari qo'shiladi va yig'indi talabaning yakuniy nazorat bo'yicha o'zlashtirish bali hisoblanadi.

Tavsiya etilgan adabiyotlar ro'yxati

Asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar

1. I.V. Savelev Osnovi teoreticheskoy fiziki. Tom 1. M. Nauka. 1991
5. V. V. Multanovskiy, A. S. Vasilevskiy, Elektrodinamika. M., Prosveshenie. 1998
6. A. Boydedaev Maxsus nisbiylik nazariyasi . T, TDPU. 2001.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. M.S. Sedrik taqriri ostida T. O'qituvchi, 1991y.
3. Feynman R., Leyton R., Sands M. Elektrichestvo. Elektrodinamika. M, Izdatelstvo URSS, 2005
4. Tursunov S., Kamolov J. "Elektr va magnetizm", 1996. 279 bet.
2. L.D. Landau i Ye.M. Lifshis Teoriya polya. Izd. Nauka. M., 1999
3. L.D. Landau i Ye.M. Lifshis. Elektrodinamika sploshnix sred . Izd. Nauka. M., 1999
4. L.D. Landau i Ye.M. Lifshis. Mexanika. Elektrodinamika. Nazariy fizika qisqa kursi. 1-kitob. Izd. Nauka. M., 1999

Elektron ta'lim resurslari

1. www.tdpu.uz
2. www.pedagog.uz
3. www.Ziyonet.uz
4. www.edu.Uz
5. WWW. kitob. Uz

C) TARQATMA MATERIALLAR

NAZARIY FIZIKA FANIDAN SAVOLLAR VARIANTLARI

1-variant.

1. Elektrodinamika fanining maqsad va vazifasi.
2. Elektr maydon kuchlanganlik vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
3. Ushbu $\int_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} d\vec{S}$ Maksvell tenglamasini keltirib chiqaring va mazmunini yoriting.

2-variant

1. Magnit induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
2. Elektr zaryadi. Zaryad zichliklari.
3. Ushbu $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$ Maksvel tenglamasini keltirib chiqaring va fizik mazmunini tushuntiring.

3- variant

1. Uzluksizlik tenglamasini keltirib chiqaring.
2. Elektr induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
3. Ushbu $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q$ Maksvel tenglamasini keltirib chiqaring va fizik mazmunini tushuntiring.

4- variant

1. Siljish toki va uning mazmuni.
2. Magnit maydon kuchlanganlik vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
3. Ushbu $\text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial D}{\partial t}$ Maksvell tenglamasini keltirib chiqaring.

5- variant

1. Elektrodinamika fanining maqsad va avzifasi.
2. Ushbu $\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t}$ Maksvell tenglamasini keltirib chiqaring.
3. Tok zichligi vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart

6- variant

1. To'liq tok qonuning integral ko'rinishi.
2. Elektr zaryadining saqlanish qonuni. Zaryad zichliklari.
3. Ushbu $\text{div}\vec{B} = 0$ Maksvell tenglamasin keltirib chiqaring va mazmunini yoritib bering.

7- variant

1. Skalyar funksiyanig gradeynti haqida tushuncha.
2. Ushbu $\text{div}\vec{D} = \rho$ Maksvell tenglamasin keltirib chiqaring va mazmunini yoritib bering.
3. Tok zichligi vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart

8- variant

1. Vektor divergensiya haqida tushuncha.
2. Ushbu $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$ Maksvell tenglamasin keltirib chiqaring va mazmunini yoritib bering.
3. To'liq tok qonuning differensial ko'rinishi.

9- variant

1. Ostrogradskiy –Gauss teoremasi.
2. Elektrodinamikada model tushunchasi.(Misollar bilan)
3. Ushbu $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$ Maksvell tenglamasin keltirib chiqaring va mazmunini yoritib bering.

10- variant

1. Stoks teoremasi.
2. Elektr va magnit maydonlarini xarakterlovchi kattalikalar.Moddiy tenglamalar. Muhit konstantalari.
3. Ushbu $\text{rot}\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ Maksvell tenglamasin keltirib chiqaring.

11- variant

1. Maksvell tenglamalar sistemasi va uning fizik mazmuni.
2. Umov –Poynting vektori.
3. $\text{div}\vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t}$ tenglamani keltirib chiqaring.

12- variant

1. Elektromagnit maydon uchun energiyaning saqlanish qonuni.
2. Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalari.
3. Ushbu $\text{div}\vec{D} = \rho$ Maksvell tenglamasin keltirib chiqaring va mazmunini yoritib bering.

13- variant

1. Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalari.
2. To'liq tok qonunining integral ko'rinishi.
3. Ushbu $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ Maksvell tenglamasin keltirib chiqaring.

14-variant

1. O'zgaras tok chiziqlarini berkligi.
2. Rotor operatori haqida tushuncha.
3. Ushbu $\int_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} d\vec{S}$ Maksvell tenglamasini keltirib chiqaring va mazmunini yoritib.

15-variant

1. Stoks teoremasi.
2. Elektr zaryadining saqlanish qonuni. Zaryad zichliklari.
3. $\text{div}\vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t}$ tenglamani keltirib chiqaring.

16-variant

1. Kvazistasionarlik sharti.
2. Zaryadli zarrachanin o'zgaras magnit maydondagi harakati.
3. Elektromagnit to'lqin tenglamasi.

17-variant

1. Fenomenologik elektrodinamikaning chegaralanganligi.
2. Elektr dipolining nurlanishquvvati va intensivligi.
3. Zaryadli zarrachanin o'zgaras elektr maydondagi harakati.

18-variant

1. Maksvell-Lorents tenglamalari.
2. Kvazistatsionar elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari va ularning fizika mohiyati.
3. Zaryadli zarrachanin o'zgarmas elektromagnit maydondagi harakati.

19-variant

1. Klassik elektron nazariyaning asosiy tenglamasi.
2. O'zgaruvchan elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari.
3. Zaryadli zarrachani o'zaro kesishuvchi elektr va magnit maydonlaridagi harakati.

20-variant

1. O'rtachalangan kattaliklar uchun Maksvell-Lorents tenglamalari.
2. Kvazistatsionarlik sharti.
3. Zaryadli zarrachanin elektromagnit maydondagi harakati.

21-variant

1. Kattaliklarni o'rtachalash uchun Lorents metodi.
2. Elektr dipolining nurlanishquvvati va intensivligi.
3. Skalyar va vektor potentsiallar haqida tushuncha.

22-variant

1. Maksvell-Lorents tenglamalari.
2. O'zgaruvchan elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari.
3. Puasson tenglamasini keltirib chiqarish.

23-variant

1. Klassik elektron nazariyaning asosiy tenglamasi.
2. Skalyar va vektor potentsiallar haqida tushuncha.
3. Zaryadli zarrachani o'zaro kesishuvchi elektr va magnit maydonlaridagi harakati.

24-variant

1. Zaryadli zarrachani o'zaro kesishuvchi elektr va magnit maydonlaridagi harakati.
2. Elektromagnit to'lqin tenglamasi.
3. Lorents shartini keltirib chiqaring.

25-variant

1. Zaryad va toklar bo'lganda va bo'lmaganda D'alamber tenglamalari.
2. Elektr dipolining nurlanishquvvati va intensivligi.
3. Zaryadli zarrachanin o'zgaras magnit maydondagi harakati.

25-variant

1. Fenomenologik elektrodinamika maqsad va vazifalari.
2. Maksvell-Lorents tenglamalari va ularning fizik mohiyati.
3. Magnit induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart .
4. Radiusi 12sm , zaryadi 10nC , markaziy burchagi $\frac{2\pi}{3}$ rad bo'lgan aylana yoy bo'ylab bir tekis taqsimlangan. Aylana markazidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.
5. Bir jinsli magnit maydoni $\vec{B} = (0, B_0, 0)$ ko'rinishda berilgan bo'lib, bu maydonga R radiusli yarimhalqa I tokli o'tkazgich joylashtirilgan. Bu tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir ta'sir etuvchi kuchni toping.

26-variant

1. Uzliksizlik tenglamasi.
2. Elektr maydon induksiya vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
3. Klassik elektron nazariya haqida tushuncha.
4. Sirti bo'yicha bir tekis σ zichlik bilan zaryadlangan a radiusli yarim diskaning o'qida undan h masofada yotuvchi nuqtadagi maydon kuchlanganligi topilsin.
5. Yoy shaklidagi l uzunlikdagi o'tkazgichdan I tok o'tmoqda. Yoyning radiusi R bo'lsa, yoy markazidagi magnit maydon induksiya vektorini toping.

27-variant

1. To'liq tok qonunining differensial ko'rinishi.
2. Kvazistatsionarlik sharti.
3. Lorents tenglamalar sistemasi va fizik mohiyati.
4. Radiusi 1m , zaryadi 16nC , markaziy burchagi $\frac{2\pi}{3}$ rad bo'lgan aylana yoy bo'ylab bir tekis taqsimlangan. Aylana markazidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.
5. Bir jinsli magnit maydoni $B = (0,10,0)\text{mT}$ ko'rinishda berilgan bo'lib, bu maydonga 10sm radiusli yarimhalqa 2A tokli o'tkazgich joylashtirilgan. Bu tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir ta'sir etuvchi kuchni toping.

28-variant

1. Maksvell tenglamalarining differensial va integral ko'rinishi, hamda fizik mohiyati.
2. Tok zichligi vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
3. Ozgaruvchan elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari va fizik mohiyati.
4. Sirti bo'yicha bir tekis $2\frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ zichlik bilan zaryadlangan 5sm radiusli yarim diskaning o'qida undan 10sm masofada yotuvchi nuqtadagi maydon kuchlanganligi topilsin.
5. Yoy shaklidagi 10sm uzunlikdagi o'tkazgichdan 1A tok o'tmoqda. Yoyning radiusi 4sm bo'lsa, yoy markazidagi magnit maydon induksiya vektorini toping.

29-variant

1. To'liq tok qonunining integral ko'rinishi.
2. Elektr maydon induksiya vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
3. Zaryadli zarrachaning o'zgarmas elektr maydonidag harakti.
4. Radiusi 8sm , zaryadi 1nC , markaziy burchagi $\frac{2\pi}{3}$ rad bo'lgan aylana yoy bo'ylab bir tekis taqsimlangan. Aylana markazidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.
5. Bir jinsli magnit maydoni $B = (0,5,0)\text{mT}$ ko'rinishda berilgan bo'lib, bu maydonga 8sm radiusli yarimhalqa 2A tokli o'tkazgich joylashtirilgan. Bu tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir ta'sir etuvchi kuchni toping.

30-variant

1. Elektr zaryadi va uning asosiy xossalari. Zaryad zichligi.
2. Elektrostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi.
3. Zaryadli zarrachaning o'zgaras magnit maydonidag harakati.
4. Sirti bo'yicha bir tekis $4 \frac{C}{m^2}$ zichlik bilan zaryadlangan 6sm radiusli yarim diskaning o'qida undan 12sm masofada yotuvchi nuqtadagi maydon kuchlanganligi topilsin.
5. Yoy shaklidagi 8sm uzunlikdagi o'tkazgichdan 1A tok o'tmoqda. Yoyning radiusi 6sm bo'lsa, yoy markazidagi magnit maydon induksiya vektorini toping.

31-variant

1. Magnitostatik maydon uchun Maksvell tenglamalar sistemasi.
2. Lorentsning mikroskopik kattaliklarini o'rtachalash. Lorents metodi.
3. Zaryadli zarrachaning o'zgaras elektromagnit maydonidag harakati.
4. Radiusi 14sm, zaryadi 7nC, markaziy burchagi $\frac{2\pi}{3}$ rad bo'lgan aylana yoy bo'ylab bir tekis taqsimlangan. Aylana markazidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.
5. Bir jinsli magnit maydoni $B = (0,7,0)mT$ ko'rinishda berilgan bo'lib, bu maydonga 3sm radiusli yarimhalqa 1A tokli o'tkazgich joylashtirilgan. Bu tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir ta'sir etuvchi kuchni toping.

32-variant

1. Elektr dipolining nurlanishi.
2. Kvazistatsionar elektromagnit maydon uchun Maksvell tenglamalari.
3. Maksvell-Lorents tenglamalarining fizik mohiyati.
4. Sirti bo'yicha bir tekis $3 \frac{C}{m^2}$ zichlik bilan zaryadlangan 3sm radiusli yarim diskaning o'qida undan 5sm masofada yotuvchi nuqtadagi maydon kuchlanganligi topilsin.
5. Yoy shaklidagi 12sm uzunlikdagi o'tkazgichdan 2A tok o'tmoqda. Yoyning radiusi 4sm bo'lsa, yoy markazidagi magnit maydon induksiya vektorini toping.

33-variant

1. Elektr dipolining quvvati.
2. Skalyar va vektor potentsiallar haqida tushunchalar.
3. Zaryadli zarrachaning o'zgaras elektr maydonidag harakti.

4. Radiusi 8sm , zaryadi 5nC , markaziy burchagi $\frac{2\pi}{3}$ rad bo'lgan aylana yoy bo'ylab bir tekis taqsimlangan. Aylana markazidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.
5. Bir jinsli magnit maydoni $B = (0,6,0)\text{mT}$ ko'rinishda berilgan bo'lib, bu maydonga 12sm radiusli yarimhalqa 1A tokli o'tkazgich joylashtirilgan. Bu tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir ta'sir etuvchi kuchni toping.

34-variant

1. Tok zichligi vektorining normal tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart.
2. Statsionar elektr va magnit maydon uchun Puasson tenglamalari.
3. Umov –Poynting vektori va uning fizik mohiyati.
4. Sirti bo'yicha bir tekis $2\frac{\text{C}}{\text{m}^2}$ zichlik bilan zaryadlangan 4sm radiusli yarim diskaning o'qida undan 10sm masofada yotuvchi nuqtadagi maydon kuchlanganligi topilsin.
5. Yoy shaklidagi 6sm uzunlikdagi o'tkazgichdan 1A tok o'tmoqda. Yoyning radiusi 2sm bo'lsa, yoy markazidagi magnit maydon induksiya vektorini toping.

35-variant

1. Elektromagnit to'lqin tenglamasi.
2. Magnit induksiya vektorining tangensial tashkil etuvchisi uchun chegaraviy shart .
3. Zaryadning harakat tenglamasi.
4. Radiusi 11sm , zaryadi 6nC , markaziy burchagi $\frac{2\pi}{3}$ rad bo'lgan aylana yoy bo'ylab bir tekis taqsimlangan. Aylana markazidagi elektr maydon kuchlanganligini toping.
5. Bir jinsli magnit maydoni $B = (0,20,0)\text{mT}$ ko'rinishda berilgan bo'lib, bu maydonga 14sm radiusli yarimhalqa 2A tokli o'tkazgich joylashtirilgan. Bu tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir ta'sir etuvchi kuchni toping.

NAZARIY FIZIKA FANIDAN TEST SAVOLLARI

1. Ushbu $\text{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ tenglamani qanday nazariya tegishli?

+ Makroskopik nazariyaga.

Mikroskopik nazariyaga

Moddiy tenglamalarga

Nisbiylik nazariyasiga

2. Ushbu $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ tenglamani qanday nazariya tegishli?

+ Makroskopik nazariyaga

Mikroskopik nazariyaga

Moddiy tenglamalarga

Nisbiylik nazariyasiga

2. Ushbu $\text{rot}\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ tenglamani qanday nazariya tegishli?

+ Makroskopik nazariyaga

Mikroskopik nazariyaga

Moddiy tenglamalarga

Nisbiylik nazariyasiga

4. $\vec{j} = \gamma \vec{E}$ ifodani nomini to'g'ri ko'rsating?

+ Om qonunining differensial ko'rinishini.

Joul- Lens qonunining differensial ko'rinishi.

Uzluksizlik tenglamasi.

Tok zichligi.

5. $q = \gamma \vec{E}^2$ ifodani nomini to'g'ri ko'rsating?

+ Joul-Lens qonunining differensial ko'rinishi

Om qonunining differensial ko'rinishini.

Uzluksizlik tenglamasi.

Tok zichligi.

6. Faqat koordinata funksiyasi bo'lgan elektromagnit maydonning xarakterlovchi kattaliklar hisoblanadi.

+ Muhit konstantalari

vaqt.

maydon vektorlari.

barcha javoblar to'g'ri.

7. Fenomenologik elektrodinamikaning asosiy tenglamalari qaysi tenglamalar hisoblanadi.

+ Maksvell tenglamalari.

Maksvell-Lorents tenglamalari.

$$\vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}_{ch})$$

Lorents tenglamalari.

8. Klassik electron nazariyaning asosiy tenglamalari qaysi tenglamalar hisoblanadi.

+ Lorents tenglamalari.

Maksvell tenglamalari.

Maksvell-Lorents tenglamalari.

$$\vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}_{ch})$$

9. Moddiy tenglamalar qatorini to'g'ri ko'rsating.

$$+ \vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}_{ch}), \vec{D} = \epsilon \vec{E}, \vec{B} = \mu \vec{H}$$

$$- \vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}_{ch})$$

$$- \vec{D} = \epsilon \vec{E}, \vec{B} = \mu \vec{H}$$

$$- \vec{j} = \gamma \vec{E}$$

10. Muhit konstantalari ε , μ va γ lar funksiyasi hisoblanmaydi. Nuqtaqlar o'rnini to'g'ri to'ldiring.

+ vaqt, maydon vektorlari

koordinata, vaqt, temperatura

vaqt, koordinatalar, maydon vektorlari. temperatura

barcha javoblar to'g'ri.

11. $\text{div} \vec{B} = 0$ tenglamani qanoatlantiruvchi munosabat qanday ko'rinishda bo'ladi?

+ $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$

$$\vec{E} = -\text{grad} \varphi - \frac{\partial}{\partial t} \vec{A}$$

$$\text{div} \text{rot} \vec{A} = 0$$

$$\text{rot} \text{grad} \varphi \neq 0$$

12. $\text{rot}(\vec{E} + \frac{\partial}{\partial t} \vec{A}) = 0$ tenglamani qanoatlantiruvchi munosabat qanday ko'rinishda bo'ladi?

+ $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$

$$- \vec{E} = -\text{grad} \varphi - \frac{\partial}{\partial t} \vec{A}$$

$$- \text{div} \text{rot} \vec{A} = 0$$

$$- \text{rot} \text{grad} \varphi \neq 0$$

13. $\vec{P} = [\vec{E} \vec{H}]$ i to'g'ri ko'rsating.

+ Umov-Poynting vektori.

– Puasson vektori

– Yorug'lik bosimi

– Lorents vektori

14. Elektr maydon energiyasining oqimi qaday yo'nalgan bo'ladi.

+ $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarga perpendikulyar ravishda o'ng vint sistemasi hosil qiluvchi yo'nalish bo'ylab.

– $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlar bo'ylab chap vint sistemasi hosil qiluvchi yo'nalish bo'ylab.

$\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlar yo'nalishida o'ng vint sistemasi hosil qiluvchi yo'nalish bo'ylab.

$\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarga perpendikulyar ravishda chap vint sistemasi hosil qiluvchi yo'nalish bo'ylab.

15. Elektrostatik maydon uchun qanday shart bajarilishi kerak.

+ zaryadlar harakatsiz, kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgarmas.

zaryadlar harakatda, kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgaradi.

$$\vec{j} \neq 0$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} \neq 0$$

16. Elektrostatik maydon uchun qanday shart bajarilishi kerak.

$$+ \vec{j} = 0$$

$$\vec{j} = \rho \vec{v}$$

$$\vec{j} \neq 0$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} \neq 0$$

17. Vaqtga bog'liq bo'lmagan magnit maydon uchun to'g'ri tenglamani toping.

$$+ \vec{H} = 0$$

$$\vec{j} = \rho \vec{v}$$

$$\text{rot} \vec{H} \neq 0$$

$$\vec{j} \neq 0$$

18. Elektrostatik maydon uchun qanday shart bajarilishi kerak.

$$+ \text{rot} \vec{E} = 0$$

$$\text{rot} \vec{H} = 0$$

$$\vec{j} = \rho \vec{v}$$

$$\vec{j} \neq 0$$

19. $\text{rot}\vec{H} = \vec{j}$ ushbu tenglama qanday maydon uchun o'rinli.

- + Magnitostatik maydon
- O'zgaruvchan magnit maydon
- Kvazistatsionar magnit maydon
- barcha javoblar to'g'ri

20. Kvazistatsionar maydon deb qanday maydonga aytiladi?

- + Vaqt o'tishi bilan yetarlcha sekin o'zgaruvchi maydon
- Vaqt o'tishi bilan yetarlcha tez o'zgaruvchi maydon
- Vaqt o'tishi bilan yetarlcha kvazielastik bo'lgan maydon D) Vaqt o'tishi bilan yetarlcha sekinva sakrab o'zgaruvchi maydon .

21. Qutublanuvchi va magnitlanuvchi muhitda magnit maydon qanday toklar yoki zaryadlar sababli hosil bo'ladi.

+ O'tkazuvchanlik va siljish toklari

Erkin va bog'langan zaryadlar

siljish toklar va bog'langan zaryadlar

Erkin zaryadlar va o'tkazuvchanlik toklar.

22. Qutublanuvchi va magnitlanuvchi muhitda elektr maydon qanday toklar yoki zaryadlar sababli hosil bo'ladi.

+ Erkin va bog'langan zaryadlar

O'tkazuvchanlik va siljish toklari

siljish toklar va bog'langan zaryadlar

Erkin zaryadlar va o'tkazuvchanlik toklar.

23. Ushbu tenglama $\rho = -\text{div}\vec{P}$ qanday kattalikni bildiradi.

+ Bog'langan zaryad.

Molekulyar tok

erkin zaryadlar.

Siljish toki

24. Vakuum uchun moddiy konstantalar qanday ko'rinishda bo'ladi.

+ $\varepsilon = \varepsilon_0, \mu = \mu_0, \gamma = 0$

$\varepsilon = \varepsilon_0, \mu = \mu_0, \gamma \neq 0$

$\varepsilon \neq \varepsilon_0, \mu \neq \mu_0, \gamma = 0$

$\varepsilon > \varepsilon_0, \mu > \mu_0, \gamma > 0$

25. Muhitning atom-molekulyar strukturasi va zaryadning diskretligi hisobga olinadigan nazariya bu..... nazariya deyiladi

+ Klassik elektron.

makroskopik.

mikro va makroskopik.

Maksvell nazariyasi.

26. $\text{div} \vec{D} = 0$ ifoda qanday fizik ma'noni anglatadi?

+ elektr maydonining manbai yuqligini

elektr zaryadlari yog'indisidagi tengligini

Elektr zaryadlarini borligini.

Maydon induksiyasi mavjudligini.

27. $\text{div} \vec{D} \neq 0$ ifoda qanday fizik ma'noni anglatadi?

+ elektr maydonining manbai borligini

elektr zaryadlari yog'indisi noga tengligini

Elektr zaryadlarini manfiyligini.

Maydon induksiyasi mavjud emasligini.

28. $\text{div} \vec{D} > 0$ ifoda qanday fizik ma'noni anglatadi?

- + elektr maydonining induksiya chiziqlarin manbadan chiquvchanligini.
elektr maydonining induksiya chiziqlarin manbaga kirishini.

Maydon induksiyasi mavjud emasligini.

Elektr zaryadlarini borligini.

29. $\text{div} \vec{D} < 0$ ifoda qanday fizik ma'noni anglatadi?

- + elektr maydonining induksiya chiziqlarin manbaga kirishini.
elektr maydonining induksiya chiziqlarin manbadan chiquvchanligini.

Maydon induksiyasi mavjud emasligini.

Elektr zaryadlarini borligini.

30. $\rho = \frac{\Delta q}{\Delta V}$ ifoda kanday kattalikni bildiradi?

- + zaryadning hajmiy zichligi.
Zaryadning sirtiy zichligi.
Zaryadning cizikli zichligi.

Zaryadlar yig'indisini.

31. $\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}$ ifoda kanday kattalikni bildiradi?

- + Zaryadning sirtiy zichligi.
zaryadning hajmiy zichligi.
Zaryadning cizikli zichligi.

Zaryadlar yig'indisini.

32. $\tau = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ ifoda kanday kattalikni bildiradi?

- + Zaryadning cizikli zichligi.
Zaryadning sirtiy zichligi.
zaryadning hajmiy zichligi.

Zaryadlar yig'indisini.

33. Ushbu $I = \frac{dq}{dt}$ ifodani nomi qanday nomlanadi?

+ tok kuchi

-tok zichligi

- elektr toki

- zaryad miqdori

34. Ushbu $\vec{j} = \frac{dI}{dS}$ ifodani nomi qanday nomlanadi?

+ tok zichligi

- tok kuchi

- elektr toki

- zaryad miqdori

36. Tok chiziqlarining elementar oqimini ifodasini to'g'ri ko'rsating?

+ $\vec{j}d\vec{S}$

$\vec{j}d\vec{l}$

$\vec{j}d\vec{V}$

$\vec{l}d\vec{S}$

36. Chekli S yuzadan o'tuvchi to'liq oqimni ifodasini to'g'ri ko'rsating?

+ $\int_S \vec{j}d\vec{S}$

$\int_S \vec{j}d\vec{l}$

$\int_S \vec{j}d\vec{V}$

$\int_S \vec{l}d\vec{S}$

37. $\text{div}\vec{j} = 0$ ifoda qanday fizik ma'noni anglatadi.

+ Doimiy tok chiziqlarini berk ekanligini

Doimiy tok chiziqlarini berk emasligini

Doimiy tok chiziqlarini yo'nalishga ega ekanligini

Doimiy tok chiziqlarini manbai yo'q ekanligini

38. $\vec{j} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ nomini to'g'ri ko'rsating?

+ Siljish toki

O'tkazuvchanlik toki

O'zgaruvchan tok

Tok zichligi

39. Elektromagnit maydon energiya oqimining zichligi qanday yo'nalishda olinadi.

+ O'ng vint sistemi bo'yicha $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarga perpendikulyar yo'nalishda

Chap vint sistemi bo'yicha $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarga perpendikulyar yo'nalishda

O'ng vint sistemi bo'yicha $\vec{E}$ va $\vec{H}$ vektorlarga perpendikulyar yo'nalishiga qarshi

Chap vint sistemi bo'yicha $\vec{E}$ yo'nalishida va $\vec{H}$ vektorlarga perpendikulyar

40. $\vec{H} = 0$ ifodaning fizik ma'nosi qaysi variantda to'g'ri ko'rsating.

+ Harakatsiz zaryad magnit maydon hosil qilmaydi.

Magnit maydon kuchlanganligi ber chiziqlar emas.

Magnit maydoni hamma kuchlanganligi vaqt nolga teng.

Magnit maydon kuchlanganligi yo'nalishga emas.

41. Elektrostatik maydon uyurmasiz ekanligi qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan.

+ $\text{rot} \vec{E} = 0$

$\text{rot} \vec{E} \neq 0$

$\text{rot} \vec{E} > 0$

$\text{div} \vec{H} = 0$

42. Elektrosatik maydon qanday zaryadlar tomonidan hosil qilinadi.

+ Qo'zg'almas zaryadlar tomonidan.

Qo'zg'alovchi zaryadlar tomonidan.

O'zaruvchan magnit maydoni tomondan.

Barcha javoblar to'g'ri.

43. Elektrostatik maydonni hosil bo'lish sharti qanday?

+ Barcha zaryadlar qo'zg'almas, kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgamas.

Barcha zaryadlar qo'zg'aluvchan, kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgamas.

Barcha zaryadlar qo'zg'almas, kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchan.

Barcha zaryadlar qo'zg'aluvchan, kattaliklar vaqt o'tishi bilan o'zgaruvchan.

44. Ushbu tenlamani soddalashtiring. $\text{div grad } \varphi = \dots$

+ $\Delta \varphi$

$\nabla \varphi$

- $\text{grad } \varphi$

0

45. Ushbu $\vec{E} = \frac{q\vec{r}}{4\pi\epsilon r^3}$ ifoda qanday nomlanadi?

+ Nuqtaviy zaryad maydon kuchlanganligini vektor ko'rinishi.

Nuqtaviy zaryad maydon kuchlanganligini skalyar ko'rinishi.

Nuqtaviy zaryad maydon kuchlanganligini umumiy ko'rinishi.

Barcha javoblar to'g'ri.

46. $q = 4 \text{ kl}$ bo'lgan nuqtaviy zaryadni $r = 20 \text{ sm}$ bo'lgan maydondagi maydon kuchlanganligi topilsin.

+ $3,6 \cdot 10^{12} \frac{\text{B}}{\text{m}}$

$1,8 \cdot 10^{11} \frac{\text{B}}{\text{m}}$

$3 \cdot 10^{12} \frac{\text{B}}{\text{m}}$

$3,6 \cdot 10^{10} \frac{\text{B}}{\text{m}}$

47. $q = 4 \text{ kl}$ bo'lgan nuqtaviy zaryadni $r = 20 \text{ sm}$ bo'lgan maydondagi maydon potentsiali topilsin.

$$+ 1,8 \cdot 10^{11} B$$

$$3,6 \cdot 10^{12} B$$

$$3 \cdot 10^{12} B$$

$$3,6 \cdot 10^{10} B$$

48. Sirti bo'yicha σ zichlik bilan tekis zaryadlangan a radiusli sferaning tashqarisidagi maydon kuchlanganligini ifodasi qanday?

$$+ \vec{E} = \frac{\sigma a^2 \vec{r}}{\varepsilon r^3}$$

$$\vec{E} = \frac{\sigma a^2 \vec{r}}{\varepsilon r^2}$$

$$\vec{E} = \frac{\sigma a^2 \vec{r}}{\varepsilon r^4}$$

$$\vec{E} = \frac{a^2 \vec{r}}{\sigma r^3}$$

49. Sirti bo'yicha σ zichlik bilan tekis zaryadlangan a radiusli sferaning sirtidagi maydon potensialini ifodasi qanday?

$$+ \varphi = \frac{\sigma}{\varepsilon} a$$

$$\varphi = \frac{\sigma^2}{\varepsilon} a$$

$$\varphi = \frac{\sigma}{\varepsilon^2} a$$

$$\varphi = \frac{\sigma}{\varepsilon} a^2$$

50. Sirti bo'yicha $\sigma = 12 \frac{kl}{m^2}$ zichlik bilan tekis zaryadlangan $a = 4sm$ radiusli sfera markazidan $r = 6sm$ masofadan tashqarisidagi maydon kuchlanganligini ifodasi qanday?

$$6,03 \cdot 10^{11} \frac{B}{m}$$

$$12,06 \cdot 10^{11} \frac{B}{m}$$

$$30 \cdot 10^{12} \frac{B}{m}$$

$$3,6 \cdot 10^{10} \frac{B}{m}$$

51. Vaqtga bog'liq bo'lgan potensialni to'g'ri ko'rsating?

Skalyar potensial.

Vektor potensial.

Vektor va skalyar potensiallar.

Vektor va skalyar potensiallar vaqtga bog'liq emas.

52. Elektr maydoni uchun Ostrograuskiy –Gouss teoremasini ko'rsating.

$$+ \oint E dS = \int \operatorname{div} E dV$$

$$-\oint B dS = \int \operatorname{div} B dV$$

$$-\oint E dl = \int \operatorname{rot} E dS$$

$$-\oint H dl = \int \operatorname{rot} H dS$$

53. Vakumdagi ingichka uzun ещёпёкш ыеукоут $\tau=2\pi Kl/m$ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan. Sterjendan $r=4.0$ m uzoqlikda joylashgan nuqtadagi maydon kuchlanganini toping.

+ 9 V/m

-18 V/m

-4 V/m

-3 V/m

54. Zaryad miqdorining saqlanish qonunini integral va differensial ko'rinishdagi tenglamasi nima deb yuritiladi?

+ Uzluksizlik tenglamasi

-Maksvel tenglamasi

-Lorens tenglamasi

-Moddiy tenglamalar

55. $\vec{P} = \left[\vec{E} \vec{H} \right]$ ifodaga nima deyiladi?

+ Umov-Pointing vektori

-Bajarilgan ish

-Joul issiqligi

-Elekromagnit maydon oqimi

56. Elektrostatik maydon nazariyasi nechta asosiy masaladan iborat?

+ 3ta

-2ta

-4ta

-5ta

57. Maydon vektorlarini berilgan qiymatlari asosida zaryadlarni taqsimotini aniqlash. Bu elektrostatikaning qanday masalasi?

+ Teskari

-To'g'ri

-haqiqiy

58. Elektrostatik maydonni hisoblashni necha xil metodi mavjud?

+ 2

-3

-4

-6

59. Elektromagnit maydon energiyasining saqlanish qonuni formulasini ko'rsating.

+ $A = Q + \frac{\partial W}{\partial t} - \mathcal{P}$

- $W = \int \frac{\vec{E} \cdot \vec{D} + \vec{H} \cdot \vec{B}}{2} dV$

- $\mathcal{P} = \oint \left[\vec{E} \cdot \vec{H} \right] dS$

- $A = \int_j \vec{E} \cdot d\vec{V}$

60. Magnitastatik maydon uchun Maksvel tenglamalarini ko'rsating.

-rotH=j

-rotE=0

-divB=0

+hamma javob to'g'ri

60. O'tkazuvchanlik toki ikki muhit chegarasida

+ uzilishga uchraydi

-uzilishga uchramaydi

-bilmayman.

61. Chekli l uzunlikdagi chekli tok magnit maydonining undan h masofadagi kuchlanganligini keltirib chiqaring.

+ $H = I(\cos\theta - \cos\Theta)/4\pi h$

- $H = I/2 \pi h$

- $H = I \cdot 4 \pi h$

- $H = I \cdot \cos\omega t$

62. zanjirdan o'tayotgan sinusoidal tok formulasini ko'rsating

+ $I = I \sin\omega t$

- $I = I \cos\omega t$

- $i = i \sin t$

- $i = i \cos t$

63. Vektor operatorlari qaysi javobda to'g'ri berilgan

+div, rot, grad

-H, I, E

-rot $\vec{a}$ =0, rot $\vec{a}$ ≠0

-div, grad ϕ

64. Ostrogradskiy-Gous teoremasi

$$+\oint_S \vec{a} d\vec{S} = \int_V \vec{a} d\vec{V}$$

- $\vec{a} = \vec{a}(x, y, z)$

$$-\oint_L \vec{a} d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{a} d\vec{S}$$

-div $\vec{D}$ =0

65. Stoks teoremasini ko'rsating

$$+\oint_L \vec{a} d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{a} d\vec{S}$$

$$-\oint_S \vec{a} d\vec{S} = \int_V \vec{a} d\vec{V}$$

- $\vec{a} = \vec{a}(x, y, z)$

-div $\vec{B}$ =0

66. O'zgaruvchan tok zanjiridagi to'la o'tkazuvchanlik toki formulasini ko'rsating

$$+\vec{j}_t = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$-\text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$-\oint_L \vec{a} d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{a} d\vec{S}$$

$$-\oint_S \vec{a} d\vec{S} = \int_V \vec{a} d\vec{V}$$

67. To'liq tok qonunining differensial ko'rinishi (Maksvell tenglamasi)

$$+\text{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$-\vec{j}_t = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$-\oint_L \vec{a} d\vec{l} = \int_S \text{rot} \vec{a} d\vec{S}$$

$$-\oint_S \vec{a} d\vec{S} = \int_V \vec{a} d\vec{V}$$

68. Berk konturda induksion tok hosil bo'lishini 1831 yilda kim aniqlagan

+Faradey

-Maksvell

-Stoks

-Tomson

69. Elektromagnit induksiya hodisasining differensial ko'rinishi

$$+\text{rot}\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

$$-\oint_L \vec{a}d\vec{l} = \int_S \text{rot}\vec{a}d\vec{S}$$

$$-\oint_S \vec{a}d\vec{S} = \int_V \vec{a}dV$$

$$-\text{rot}\vec{H}=\vec{j}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

70. Moddiy tenglamalar berilgan qatorni toping?

+hammasi

$$-\vec{D}=\epsilon\vec{E}$$

$$-\vec{B}=\mu\vec{H}$$

$$-\vec{j}=\gamma\vec{E}$$

71. Umov-Pointing vektoriifodasiniko`rsating

$$+\vec{P}=[\vec{E}\vec{H}]$$

$$-A=\int \vec{j}\vec{E} dv$$

$$-\text{div}[\vec{a}, \vec{b}]^v$$

$$-\text{rot}\vec{E}=-\frac{d\vec{B}}{dt}$$

71. Ikki muhit chegarasining maydon kuchlanganligi tangensial tashkilotuvchisi uzilishga uchraydi. Bunga sabab nima?

+ sirtiy toklar bo`lganligi

- elektr maydon kuchlanganligi

$$-\text{div}\vec{B}=0$$

- zanjirda o`tkazuvchanlik toki

72. Elektr maydonining kuch chiziqlarini oqimini ifodasiniko`rsating.

$$+N=ES$$

$$-\text{div}\vec{B}=0$$

$$-E=F/q$$

$$-f=ma$$

73. Dipol momenti vaqtga bog`liq holda o`zgaruvchi dipol nima deyiladi?

+ geberator

- spektr

- nurlanish

- qutblanish

74. Elektr zaryadining xossalari berilgan qatorni toping.

- diskret harakterga ega

- 2 xilishorali: musbatvamanfiy

- additivlikxususiyatigaega

+ Hammajavoblarto`g`ri

75. Zaryadninghajmivzichligiifodasiniko`rsating

+ $p = dq/dv$

- $I = jS$

- $I = qnSv$

- $F = ma$

$\text{rot grad}\beta = ?$

+ 0

- 1

- 2

- 3

76. Laplas operatori nimaga teng?

+ $\Delta = \nabla^2$

- $\text{div rot } \vec{a}$

- $\text{rot grad}\beta$

- $\text{div } \vec{B}$

77. Uzunligi bo`yicha r
chiziqlizichlikbilanbirtekiszaryadlangancheksizo`tkazgichmaydoniuchunberilganformulalarnitoping

.

+ $E = (mr^2)/2\pi\epsilon r^2$

- $E = F/q$

- $E = \sigma/2\epsilon$

- $E = 0$

78. Sirtibo`yicha σ zichlik bilan bir tekis zaryadlangan cheksiz kata
vayupqplastinkamaydonihisoblansaikkita shundayplastinkalarorasidagivatashqarisidagimaydonkuc
hlanganliginimagateng? Plastinkalarbirxilzaryadlangan.

+ $E_0 = 0$ $E_t = \sigma/\epsilon$

- $E_0 = \sigma/\epsilon$

- $E_0 = 2\sigma/\epsilon$

- $E_t = 0$ $E_0 = \sigma/\epsilon$

79. Qo`zg`almas zaryadlar maydoni nima deb ataladi.

+ Elektrostatik maydon

-elektrodinamikmaydon

-Dipol maydoni

-Elektromagnitmaydon

80. Uzlaksizlik tenglamasini ko'rsating.

$$+ \operatorname{div} \vec{J} + dq/dv = 0$$

$$- I = \oint \vec{J} \cdot d\vec{s}$$

$$- E_0 = 2\sigma/\varepsilon$$

$$- E_t = 0 \quad E_0 = \sigma/\varepsilon$$

81. O'tkazuvchanlik to'kini o'zaro tutashtiruvchi tokni nima deyiladi?

- o'tkazuvchanliktoki

+ siljishtoki

-to'liqtok

-TJY

82. Moduli birga teng bo'lgan va yo'nalishi vector yo'nalishini ko'rsatuvchi vektorga deyiladi?

+ birlik vector yoki ort

- nol vector yoki ort

- birlik yoki nol

- nol yoki ort

83. Laplas operatori (Laplasion)ni ifodasini ko'rsating?

$$-\Delta = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$-\Delta = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} - \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$-\Delta = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} - \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$+\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

84. Nabla aperatorini ifodasini ko'rsating?

$$-\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} - \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$-\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} - \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$+\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$$-\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} - \vec{j} \frac{\partial}{\partial y} - \vec{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

85. Maydonning oqimi nimaga bog'liq?

-divirgenziyaga

-rotorga

-gradiyentga

+zaryadkattaligiga

86. To'liq tok qonunining differensial ko'rinishi bo'lgan Maksvell tenglamasini ko'rsating?

$$+\text{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$-\text{rot}\vec{H} = \vec{j} - \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$-\text{rot}\vec{H} - \vec{j} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$-\text{rot}\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} - a$$

87. Kuch chiziqlarining chiquvchi bo'lish shartini ko'rsating?

$$-\text{div} D < 0$$

$$-\text{div} A \leq 0$$

$$-\text{div} \vec{D} \neq 0$$

$$+\text{div} \vec{D} > 0$$

88. Statsionarlik sharti ifodasini to'g'ri yozilgan qatnoshni ko'rsating?

$$+\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial t}{\partial p} = 0$$

$$-\frac{\partial \rho}{\partial t} \neq 0$$

$$-\frac{\partial \rho}{\partial t} \geq 0$$

89. Kuch chiziqlarini kiruvchi bo'lish shartini ko'rsating?

$$-\text{div} D \neq 0$$

$$-\text{div} A \leq 0$$

$$+\text{div} \vec{D} < 0$$

$$-\text{div} \vec{D} > 0$$

92. Tokli o'tkazgich atrofida magnit maydon borligi qachon kim tomonidan aniqlangan?

-1818-yil Faradey

+1820-yil Ersted

-1818-yil Ersted

-1820-yil Faradey

93. Agar $\text{div} \vec{E} < 0$ bo'lsa bo'ladi?

-nol

+kiruchi

-chiquvchi

-manfiy

94. Vektor dvirgensiyasi qanday kattalik?

-kattalik emas

-vector kattalik

+skalyarkattalik

-TJY

95. Funksiyaning gradiyenti nimani ifodalaydi?

-manba borligini aniqlaydi

-manba yo'qligini aniqlaydi

+funksiyaning tez o'zgarishi yo'nalishini aniqlaydi

-maydonni uyurmali ekanligini aniqlaydi

96. Vektorning uyurmasi qanday kattalik?

+Vektor kattalik

-skalyar kattalik

-vektor va skalyar kattalik

-TJY

ADABIYOTLAR RO'YXATI

Tavsiya etilgan adabiyotlar ro'yxati

Asosiy darsliklar va o'quv qo'llanmalar

1. I.V. Savelev Osnovi teoreticheskoy fiziki. Tom 1. M. Nauka. 1991
2. L.D. Landau i Ye.M. Lifshis Teoriya polya. Izd. Nauka. M., 1999
3. L.D. Landau i Ye.M. Lifshis. Elektrodinamika sploshnix sred . Izd. Nauka. M., 1999
4. L.D. Landau i Ye.M. Lifshis. Mexanika.Elektrodinamika.Nazariy fizika qisqa kursi. 1-kitob. Izd. Nauka. M., 1999
5. V. V. Multanovskiy, A. S. Vasilevskiy, Elektrodinamika. M., Prosveshenie. 1998
6. A. Boydedaev Maxsus nisbiylik nazariyasi . T, TDPU. 2001.

Qo'shimcha adabiyotlar

- 1.Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami.M.S.Sedrik taqriri ostida T. O'qituvchi, 1991y.
- 2.V.S.Volkenshteyn.Umumiy fizika kursining masalalar to'plami T.O'qituvchi1988.
- 3.Feynman R., Leyton R., Sends M. Elektrichestvo. Elektrodinamika. M, Izdatelstvo URSS, 2005
4. Tursunov S., Kamolov J. "Elektr va magnetizm", 1996. 279 bet.

Elektron ta'lim resurslari

1. www.tdpu.uz
2. www.pedagog.uz
3. www.Ziyonet.uz
4. www.edu.Uz
5. WWW. kitob. Uz

FAN BO'YICHA O'ZLASHTIRISHNI BAHOLASHNING KO'RSATKICH VA MEZONLARI

“NAZARIY FIZIKA” fanidan talabalar bilimini reyting tizimi asosida baholash mezonlari.

“Nazariy fizika” fani bo'yicha reyting jadvallari, nazorat turi, shakli, soni hamda har bir nazoratga ajratilgan maksimal ball, shuningdek joriy va oraliq nazoratlarining saralash ballari haqidagi ma'lumotlar fan bo'yicha birinchi mashg'ulotda talabalarga e'lon qilinadi.

Fan bo'yicha talabalarining bilim saviyasi va o'zlashtirish darajasining Davlat ta'lim standartlariga muvofiqligini ta'minlash uchun quyidagi nazorat turlari o'tkaziladi:

joriy nazorat (JN) – talabaning fan mavzulari bo'yicha bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Joriy nazorat fanning xususiyatidan kelib chiqqan holda amaliy mashg'ulotlarda og'zaki so'rov, test o'tkazish, suhbat, nazorat ishi, kollektivum, uy vazifalarini tekshirish va shu kabi boshqa shakllarda o'tkazilishi mumkin;

oraliq nazorat (ON) – semestr davomida o'quv dasturining tegishli (fanlarning bir necha mavzularini o'z ichiga olgan) bo'limi tugallangandan keyin talabaning nazariy bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Oraliq nazorat bir semestrda ikki marta o'tkaziladi va shakli (yozma, og'zaki, test va hokazo) o'quv faniga ajratilgan umumiy soatlar hajmidan kelib chiqqan holda belgilanadi;

yakuniy nazorat (YAN) – semestr yakunida muayyan fan bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni talabalar tomonidan o'zlashtirish darajasini baholash usuli. Yakuniy nazorat asosan tayanch tushuncha va iboralarga asoslangan “YOzma ish” shaklida o'tkaziladi.

ON o'tkazish jarayoni kafedra mudiri tomonidan tuzilgan komissiya ishtirokida muntazam ravishda o'rganib boriladi va uni o'tkazish tartiblari buzilgan hollarda, **ON** natijalari bekor qilinishi mumkin. Bunday hollarda **ON** qayta o'tkaziladi.

Oliy ta'lim muassasasi rahbarining buyrug'i bilan ichki nazorat va monitoring bo'limi rahbarligida tuzilgan komissiya ishtirokida **YAN** ni o'tkazish jarayoni muntazam ravishda o'rganib boriladi va uni o'tkazish tartiblari buzilgan hollarda, **YAN** natijalari bekor qilinishi mumkin. Bunday hollarda **YAN** qayta o'tkaziladi

«Umumiy pedagogika» fani bo'yicha talabalarining semestr davomidagi o'zlashtirish ko'rsatkichi 100 ballik tizimda baholanadi. Ushbu 100 ball baholash turlari bo'yicha quyidagicha taqsimlanadi: YA.N.-30 ball, qolgan 70 ball esa J.N.-35 ball va O.N.-35 ball qilib taqsimlanadi

.Ball	Baho	Talabalarning bilim darajasi
86-100	A'lo	Xulosa va qaror qabul qilish. Ijodiy fikrlay olish. Mustaqil mushohada yurita olish. Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish. Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish. Tasavvurga ega bo'lish.
71-85	Yaxshi	Mustaqil mushohada qilish. Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish. Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish. Tasavvurga ega bo'lish.
55-70	Qoniqarli	Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish Tasavvurga ega bo'lish.
0-54	Qoniqarsiz	Aniq tasavvurga ega bo'lmaslik. Bilmaslik.

Fan bo'yicha saralash bali 55 ballni tashkil etadi. Talabanning saralash balidan past bo'lgan o'zlashtirishi reyting daftarchasida qayd etilmaydi.

Talabalarning o'quv fani bo'yicha mustaqil ishi joriy, oraliq va yakuniy nazoratlar jarayonida tegishli topshiriqlarni bajarishi va unga ajratilgan ballardan kelib chiqqan holda baholanadi.

Talabanning fan bo'yicha reytingi quyidagicha aniqlanadi: , 100O V R
bu yerda: V- semestrda fanga ajratilgan umumiy o'quv yuklamasi (soatlarda);

O' -fan bo'yicha o'zlashtirish darajasi (ballarda).

Fan bo'yicha joriy va oraliq nazoratlarga ajratilgan umumiy ballning 55 foizi saralash ball hisoblanib, ushbu foizdan kam ball to'plagan talaba yakuniy nazoratga kiritilmaydi.

Joriy **JN** va oraliq **ON** turlari bo'yicha 55 bal va undan yuqori balni to'plagan talaba fanni o'zlashtirgan deb hisoblanadi va ushbu fan bo'yicha yakuniy nazoratga kirmasligiga yo'l qo'yiladi.

Talabanning semestr davomida fan bo'yicha to'plagan umumiy bali har bir nazorat turidan belgilangan qoidalarga muvofiq to'plagan ballari yig'indisiga teng.

ON va **YAN** turlari kalendar tematik rejaga muvofiq dekanat tomonidan tuzilgan reyting nazorat jadvallari asosida o'tkaziladi. **YAN** semestrning oxirgi 2 haftasi mobaynida o'tkaziladi.

JN va **ON** nazoratlarda saralash balidan kam ball to'plagan va uzrli sabablarga ko'ra nazoratlarda qatnasha olmagan talabaga qayta topshirish uchun, navbatdagi shu nazorat turigacha, so'nggi joriy va oraliq nazoratlar uchun esa yakuniy nazoratgacha bo'lgan muddat beriladi

Talabanning semestrda **JN** va **ON** turlari bo'yicha to'plagan ballari ushbu nazorat turlari umumiy balining 55 foizidan kam bo'lsa yoki semestr yakuniy joriy, oraliq va yakuniy nazorat turlari bo'yicha to'plagan ballari yig'indisi 55 balidan kam bo'lsa, u akademik qarzdor deb hisoblanadi.

Talaba nazorat natijalaridan norozi bo'lsa, fan bo'yicha nazorat turi natijalari e'lon qilingan vaqtdan boshlab bir kun mobaynida fakultet dekaniga ariza bilan murojaat etishi mumkin. Bunday

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

holda fakultet dekanining taqdimnomasiga ko'ra rektor buyrug'i bilan 3 (uch) a'zodan kam bo'lmagan tarkibda apellyatsiya komissiyasi tashkil etiladi.

Apellyatsiya komissiyasi talabalarining arizalarini ko'rib chiqib, shu kunning o'zida xulosasini bildiradi.

Baholashning o'rnatilgan talablar asosida belgilangan muddatlarda o'tkazilishi hamda rasmiylashtirilishi fakultet dekani, kafedra muduri, o'quv-uslubiy boshqarma hamda ichki nazorat va monitoring bo'limi tomonidan nazorat qilinadi.

Talabalar ON dan to'playdigan ballarning namunaviy mezonlari

№	Ko'rsatkichlar	ON ballari		
		maks	1-ON	2-ON
1	Og'zaki savol-javoblar, o'tilgan mavzular yuzasida savol-javob yozma ish va boshqa nazorat turlari natijalari bo'yicha, o'tilgan mavzular yuzasidan 3-ta savolga javob yozish	15	5	10
2	Ikkinchi oraliq nazorat: 2 bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqich, 10 ball-talaba yakka tartibda topshiriqlar oladi va himoya qiladi (mustaqil ish topshiriqlari asosida). Ikkinchi bosqich, talabalar test savollariga javob beradi.	20	10	10
	Jami ON ballari	35	0-15	0-20

Talabalar JN dan to'playdigan ballarning namunaviy mezonlari

№	Ko'rsatkichlar	JN ballari		
		maks	1-JN	2-JN
1	Talabaning seminar va amaliy mashg'ulotlardagi faolligi va o'zlashtirish darajasi, daftarlarning yuritilishi va holati	15	0-5	0-10
2	Mustaqil ta'lim topshiriqlarining o'z vaqtida va sifatli bajarilishi (keys-stadilar, esse, referat, taqdimot va boshqa turdagi mustaqil ta'lim topshiriqlari)	20	0-10	0-10
3	Yozma nazorat ishi yoki test savollariga berilgan javoblar	10	0-5	0-5
	Jami JN ballari	35	15	20

Nazariy fizika (Elektrodinamika) fanidan ilovalar

Yakuniy nazorat “Yozma ish” shaklida belgilangan bo’lib, yakuniy nazorat 30 ballik “Yozma ish” variantlari asosida o’tkaziladi.

Agar yakuniy nazorat markazlashgan test asosida tashkil etilgan bo’lib fan bo’yicha yakuniy nazorat “Yozma ish” shaklida belgilangan bo’lsa, u holda yakuniy nazorat quyidagi jadval asosida amalga oshiriladi

№	Ko’rsatkichlar	YAN ballari	
		maks	O’zgarish oralig’i
1	Fan bo’yicha yakuniy yozma ish nazorati	20	0-20
2	Fan bo’yicha yakuniy test nazorati	10	0-10
	Jami	30	30

Yakuniy nazoratda “Yozma ish”larni baholash mezonlari

Yakuniy nazorat “Yozma ish” shaklida amalga oshiriladi, sinov ko’p variantli usulda o’tkaziladi. Har bir variant 3 ta nazariy savoldan va 3 ta masaladan iborat. Nazariy savollar va masalalar fan bo’yicha tayanch so’z va iboralar asosida tuzilgan bo’lib, fanning barcha mavzularini o’z ichiga qamrab olgan.

Har bir nazariy savolga yozilgan javoblar bo’yicha o’zlashtirish ko’rsatkichi 0-5 ball oralig’ida baholanadi. Test topshiri esa 0-10 ball oralig’ida baholanadi. Talaba maksimal 30 ball to’plashi mumkin.

Yozma sinov bo’yicha umumiy o’zlashtirish ko’rsatkichini aniqlash uchun variantda berilgan savollarning har biri uchun yozilgan javoblarga qo’yilgan o’zlashtirish ballari qo’shiladi va yig’indi talabaniing yakuniy nazorat bo’yicha o’zlashtirish bali hisoblanadi.