

Elektrostatika. Kulon qonuni.

Reja:

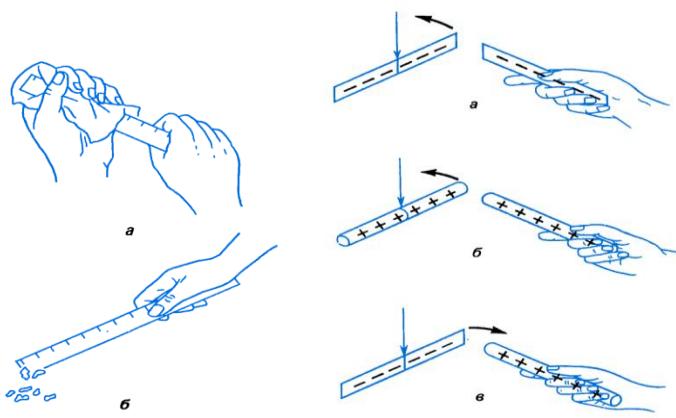
- 1. Elektrostatika**
- 2. Elektrlanish hodisasi**
- 3. Elektr zaryadi va uning saqlanish qonuni**
- 4. Kulon qonuni**
- 5. Elektr maydon va uning kuchlanganligi**
- 6. Ostrogradskiy Gauss teoremasi**

Tayanch iboralar: Elektrlanish, Elektr zaryadi, Kulon qonuni, Elektr maydon, Maydon kuchlanganligi, Elektr doyimiysi, Kuchlanganlik chiziqlari.

Elektr zaryadlarining harakati va ularning o‘zaro ta’sirini elktromagnit maydon yordamida tushuntiruvchi fizikaning bir bo‘limi elektrodinamika deyiladi. Elektrodinamikada elektr zaryadi, elektr toki, elektr va magnit maydon hamda ulardan kelib chiquvchi hodisalar o‘rganiladi. Elektrostatika – qo‘zg‘almas elektr zaryadlaridan kelib chiquvchi hodisalarini o‘rganuvchi elektrodinamikaning birinchi bo‘limidir.

Hozirgi paytda elektr hodisasi va qonunlari – zamon fan texnikasini rivojlanishida katta ahamiyatga ega. Turli xil mashina va asboblarning ishlashi elektrning qonunlariga asoslangandir.

“Elektr” yunoncha “elektron” so‘zidan olingan bo‘lib, qahrabo demakdir muynaga shakllangan qahrabo tayoqchaning engil jismlarni o‘ziga tortishini eramizdan oldingi 640 – 550 yillarda yashab o‘tgan grek faylasuflari Demokrit, Lukritsiylar kuzatganlar. 1600 yilda ingliz vrachi Jilbert matoga (jun) ishqalangan qahrabo tayoqchalarni elektrlangan (qahrabolangan) jismlar deb atab, “elektr” so‘zini fanga kiritdi. “Elektr” so‘zi qahrabo demakdir. Jismlar bir – biri bilan ishqalanishi natijasida elektrlanish hodisasi ro‘y beradi bu hodisalarga sabab ishqalanayotgan jismlarning zaryadlanishi va bu zaryadlarning o‘zaro ta’sirlashuvidir.



13.1-rasm

Plasmasali lineykani material bilan ishqalab zaryadsiz qog'oz bo'laklariga yaqinlashtirilganda qog'oz bo'laklari leniykaga tortiladi.

- a) Bir-xil ishorali plasmasali leniykalar bir-biridan itarishadi.
- b) Ikkita shisha sterjinlar bir-biridan itariladi.
- v) Shisha sterjen plastmassali leniykaga tortiladi.

Jismlarning elektromagnit ta'sirini aniqlovchi fizik kattalikka – elektr zaryadi deyiladi va uni q – harfi bilan belgilanadi. Elektr zaryadini tabiyatda ikki turi mavjud: 1- manfiy 2- musbat tabiatda mavjud bo'lgan jismlarda har doim o'zaro teng miqdorda musbat va manfiy zaryadlar bo'lib, ular neytral holatda bo'ladi. Hamma jismlar atom yoki malekulalardan tashkil topgan bo'lib, atom yadro va uning atrofida harakatlanuvchi manfiy elektronlardan iboratdir. "Elektron" – eng kichik manfiy zaryadlangan zarracha bo'lib, uning zaryadi $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ kg}$ massasi¹ $me = 9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ ga teng ishqalanish natijasida biridan ikkinchisiga elektronlar o'tish hisobiga birinchi jism musbat ikkinchi jism manfiy zaryadlanadi. Natijada ikkala jism ikki xil ishorali zaryad bilan zaryadlanadi, bunda har birining zaryadi $q = N e$ bo'ladi.

Tabiatning asosiy qonunlaridan biri bo'lgan zaryadlarning saqlanish qonuni 1843 – yilda tajriba asosida M.Faradey kashf qilgan bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi: yopiq sistemadagi zaryadlarning algebraik yig'indisi har doim o'zgarmas bo'ladi

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const} \quad (1)$$

¹Douglas. G.Giancoli. General Physics. Prentice-Hall inc 1984

yoki

$$\sum_{i=1}^n q_i = \text{const} \quad (2)$$

bu ifodalar elektr zaryadining saqlanish

qonuni formulasidir. Manfiy zaryadli elementar zarracha elektron (e^-) deb atalib, uni 1897 – yilda ingliz fizigi J. Tomson kashf qildi. 1919 – yilda nemis fizigi E. Rezerford musbat zaryadli (e^+) va massasi elektron massasidan 1836 marta katta bo‘lgan praton (p) ni kashf qildi. Elektron va pratonning zaryadlari kattalik jihatdan teng, ishoralari jihatdan esa qarma – qarshidir.

Tabiatda bir xil ishorali zaryadlangan jismlar o‘zaro itarishadi, qarama – qarshi ishorali zaryadlangan jismlar esa o‘zaro tortishadi.



13.2-rasm

Fransuz fizigi Sh. Kulon 1785- yilda: ikki nuqtaviy zaryadning o‘zaro ta’sir qonunini tajriba yo‘li bilan aniqladi. Zaryadlangan jismlarning o‘zaro ta’siri jismlarning shakli va o‘lchamlariga bog‘liq bo‘lganligidan o‘zaro ta’sir qonunini aniqlashda nuqtaviy zaryadlardan foydalilanadi. Nuqtaviy zaryad deb o‘lchamlari ular orasidagi masofaga nisbatan kichik bo‘lgan zaryadlangan jismlarga aytildi. Kulon buralma tarozi yordamida vakuumda joylashgan nuqtaviy ikki zaryadni o‘zaro ta’sirini tajribada aniqladi va Kulon qonuni nomi bilan mashhur bo‘lgan qonunni yaratdi.

Kulon qonuni quyidagicha ta’riflanadi: vakuumdagi ikki nuqtaviy zaryadning o‘zaro ta’sir kuchi zaryad kattaliklarining ko‘paytmasiga to‘g‘ri ular orasidagi masofaning kvadratiga teskari proparsional bo‘lib zaryadlarni tutashtiruvchi to‘g‘ri chiziq bo‘ylab yo‘naltirilgandir.

$$F = K \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (1)$$

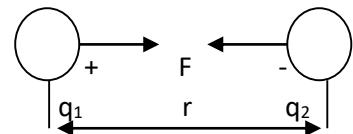
bu ifoda Kulon qonuni formulasi bo‘lib, bunda q_1 va

r - zaryadlar orasidagi masofa.

k - proporsionallik koeffitsienti bo‘lib, birliklar sistemasiga va muhitning xususiyatiga bog‘liqdir.

Agar $q_1 \cdot q_2 > 0$ va $F > 0$ bo'lsa zaryadlar itarishadi.

Agar $q_1 \cdot q_2 < 0$ va $F < 0$ bo'lsa zaryadlar tortishadi.



13.3-rasm

1-ifoda faqat vakuumdagi nuqtaviy zaryadlar uchun o'rinli bo'lib, turli muhitdagi zaryadlarning o'zaro ta'sir kuchi muhitning dielektrik xususiyatiga bog'liqidir. Bu holatda Kulon qonuni formulasi

$$F = K \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon \cdot r^2} \quad (2)$$

ko'rinishida yozilib, bunday ϵ – muhitning nisbiy dielektrik kirutuvchan (singdiruvchan)ligi bo'lib, vakuum uchun $\epsilon = 1$ bo'ladi.

Muhitning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi zaryadning berilgan muhitdagi ta'sir kuchi vakuumdagiga nisbatan necha marta kichik ekanligini ifodalovchi fizik kattalik bo'lib,

$$\Sigma = \frac{F_0}{F} \quad (3)$$

ga teng bunda

$$F_0 = K \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (4)$$

bo'lib F_0 – vakuumda joylashgan zaryadlarni o'zaro ta'sir kuchi. XBS – sistemasida elektr zaryadining birligi qilib, Kulon sharafiga bir kulon (1 kl) qabul qilingan bo'lib, u $1\text{kl} = 1\text{A} \cdot 1\text{s}$ (5) ga teng. 1 kulon – 1A tok o'tib turgan o'tkazgichning kundalang kesimidan 1s ichida o'tgan zaryad miqdoridir. XBS

sistemasida $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ (6) ga teng bo'lib, bunda ϵ_0 -elektr doimiysi. K- ning son

qiymati $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$ (7) bo'lganligidan.

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} \left(\frac{V}{M} \right) \quad (8)$$

ga teng bo'ladi. (6) va (2) ifodadan Kulon qonuni formulasi

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} \quad (9)$$

ko‘rinishda yoziladi. $1\text{Kl}=3*10^9\text{sgse}$ zaryad birligiga teng.

Elektr zaryadlarining o‘zaro ta’sirlashuvi uchun zaryadlar orasida moddiy muhitni bo‘lishi shart emas. Ikki elektr zaryadi havosiz bo‘shliqda ham ta’sirlashadi. Bunda ta’sirni uzatuvchi muhitni maydon deb ataladi. Har qanday elektr zaryadi atrofida elektr maydon mavjuddir. Elektr maydon elektr zaryad atrofida bizning ongimizga bog‘liq bo‘lmagan holda mavjud bo‘lib, u faqat elektr zaryadlarga ta’sir ko‘rsatadi. Shu sababli insonning tabiiy sezgi organlari elektr maydonni majudligini sezmaydi.

Qo‘zg‘almas zaryad atrofidagi maydon elektrostatik maydon deyiladi. Elektr maydonning mavjudligini shu maydonga kiritilgan “sinash zaryadi” orqali aniqlanadi. Qo‘zg‘almas zaryad atrofidagi elektr maydonga sinash zaryadi kiritilganda, bu maydon sinash zaryadiga biror kuch bilan ta’sir etadi. Bu kuchni

$\frac{F'}{q'} = \frac{F''}{q''} = \frac{F'''}{q'''} = \dots$ (10) bu kattalik elektr maydoninig tekshirilayotgan nuqtasini kuchlanganligi deb ataladi va u E harfi bilan belgilanadi.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (11)$$

Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo‘lib, ko‘rinishida yoziladi. Elektr maydon kuchlanganligi deb, shu maydonga kiritilgan birlik zaryadga ta’sir etuvchi kuch bilan harakatlanuvchi fizik kattalikka aytildi.

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q}{r^2} \quad (12)$$

$$[E] = [\frac{F}{q}] = [\frac{1H}{1\kappa\text{N}}]$$

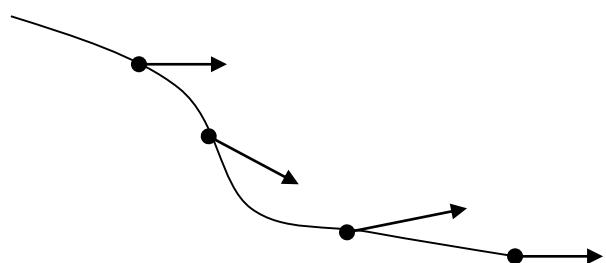
Agar elektr maydoni bir necha earyad vujudga keltirayotgan bo‘lsa, natijaviy maydon kuchlanganligi alohida zaryadlar hosil qilgan elektr maydon kuchlanganliklarining algebraik yig‘indisiga teng bo‘ladi.

$$E = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad (13)$$

bu ifoda maydonlar superpozitsiyasi qo'shilish prinsipini ifodalaydi. Elektr maydonni kuchlanganlik (kuch) chiziqlari orqali grafik ravishda ko'rgazmali tasvirlash mumkin ekanligi M.Faradey tavsiya etgan .

Kuch chiziqlari deb, har bir nuqtasida kuchlanganlik vektori urinma ravishda yo'nalgan egri chiziqqa aytildi.

Kuch chizig'inining yo'nalishi uning har bir nuqtasidagi kuchlanganlik vektori E ning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Maydonning har kanday nuqtasi orqali faqat bitta kuch chizig'i o'tkazish mumkinligidan, maydonning har qaysi nuqtasida kuchlanganlik vektori ma'lum yo'nalishga ega bo'lgani uchun kuch chiziqlari hech qaerda kesishmaydi. Nuqtaviy zaryadlarning kuch chiziqlari zaryad musbat bo'lsa zaryaddan chiquvchi, zaryad manfiy bo'lsa esa zaryadga kiruvchi to'g'ri chiziqlardan iborat bo'ladi.



13.4-rasm

Teng va bir xil ishorali ikki nuqtaviy zaryadning kuch chiziqlari: (a –rasm)

Bir biriga teng turli ishorali ikki nuqtaviy zaryadning kuch chiziqlari: (v-rasm)

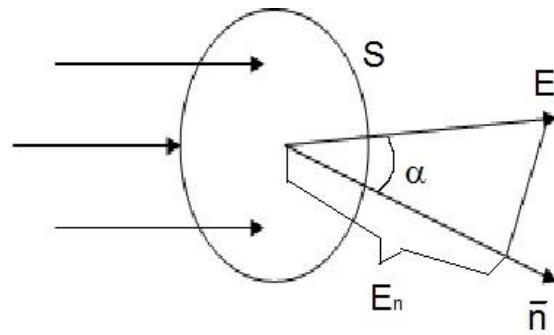
Maydonni grafik ravishda tasvirlashda quyidagi shartlarga rioya qilish kerak:

Kuch chiziqlari bir biri bilan hech qaerda kesishmaydi;

Kuch chiziqlari musbat zaryaddan (yoki cheksizlikdan) boshlanadi va manfiy zaryadda (yoki cheksizlikda) tugaydi.

Kuch chiziqlari zaryadlar oralig'ida hech qaerda uzalmaydi.

Ostrogradskiy- Gauss teoremasi berk sirtdan chiqayotgan elektr induksiya oqimini hisoblashdan iboratdir. Bir jinsli elektr maydondagi ixtiyoriy S yuza orqali tik ravishda o‘tayotgan induksiya chiziqlariga induksiya oqimi deyiladi va F harfi bilan belgilanib, $F=EnS$ (14) ko‘rinishida yoziladi. (14) ni



$$\Phi = \int_S dF = \int_S E_n ds \quad (15) \text{ shaklda yozib, bundagi}$$

$$E_n = E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad ds = 4\pi r^2 \text{ larni hisobga olib}$$

$$\Phi = \int_S E_n ds = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (16) \text{ shaklga keltiriladi.}$$

$$\Phi = \int_S E_n ds = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \sum_{i=1}^n q_i \quad (17)$$

Umumiy holda ko‘rinishda yozilib, bu ifoda

Ostrogradskiy-Gauss teoremasining matematik ifodasıdir. Bunga asosan yopiq sirtdan chiqayotgan elektr induksiya oqimi shu sirt ichidagi zaryadga tengdir.

Elektr zaryadlarining o‘zaro ta’sirlashuvi uchun zaryadlar orasida moddiy muhitni bo‘lishi shart emas. Ikki elektr zaryadi havosiz bo‘shliqda ham ta’sirlashadi. Bunda ta’sirni uzatuvchi muhitni maydon deb ataladi. Har qanday elektr zaryadi atrofida elektr maydon mavjuddir. Elektr maydon elektr zaryad atrofida bizning ongimizga bog‘liq bo‘lmagan holda mavjud bo‘lib, u faqat elektr zaryadlarga ta’sir ko‘rsatadi.

Shu sababli insonning tabiiy sezgi organlari elektr maydonni majudligini sezmaydi. Qo‘zg‘almas zaryad atrofidagi maydon elektrostatik maydon deyiladi. Elektr zaryad atrofidagi elektr kuchlar ta’siri seziladigan fazo sohasi bu zaryadning elektr maydoni deb ataladi. Elektr maydonning mavjudligini shu maydonga kiritilgan “sinash zaryadi” orqali aniqlanadi. Qo‘zg‘almas zaryad atrofidagi elektr maydonga sinash zaryadi kiritilganda, bu maydon sinash zaryadiga biror kuch bilan ta’sir etadi.

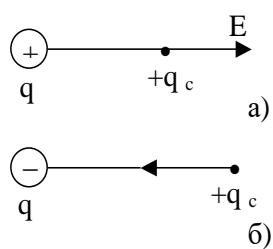
$$\frac{F'}{q'} = \frac{F''}{q''} = \frac{F'''}{q'''} = \dots$$

Bu kuchni sinash zaryadiga nisbatli $\frac{F'}{q'} = \frac{F''}{q''} = \frac{F'''}{q'''} = \dots$ (18) bu kattalik elektr maydoninig tekshirilayotgan nuqtasini kuchlanganligi deb ataladi va u E harfi bilan belgilanadi.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo'lib, $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ (19) ko'rinishida yoziladi. Elektr maydon kuchlanganligi deb, shu maydonga kiritilgan birlik zaryadga ta'sir etuvchi kuch bilan harakatlanuvchi fizik kattalikka aytildi.

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{\epsilon r^2} \quad (20)$$

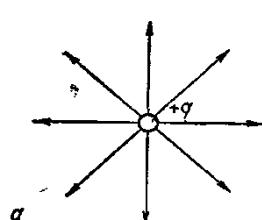


13.5-pacm

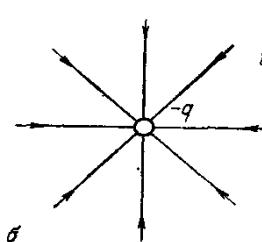
Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalihi maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga olib kirilgan birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuchning yo'nalihi bilan aniqlanadi (1-rasm). Agar q zaryad musbat bo'lsa, E yo'nalihi maydonning tekshirilayotgan nuqtasini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab zaryaddan tashqariga yoki q manfiy bo'lganda, zaryad tomonga yo'nalган bo'ladi.

SI da elektr maydon kuchlanganligining birligi nyuton taqsim kulon (N/Kl) yoki volt taqsim metr (V/m) deb qabul qilingan.

$$[E] = \left[\frac{F}{q} \right] = \left[\frac{1H}{1Kl} \right]$$



Agar elektr maydoni bir necha zaryad vujudga keltirilayotgan bo'lsa, natijaviy maydon kuchlanganligi alohida zaryadlar hosil qilgan elektr maydon kuchlanganliklarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.



$$E = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

(21) bu ifoda

maydonlar superpozitsiyasi qo'shilish prinsipini ifodalaydi. Elektr maydonni kuchlanganlik (kuch) chiziqlari orqali grafik

ravishda ko‘rgazmali tasvirlash mumkin ekanligi M.Faradey tavsiya etgan .

2 a va b rasmlarda musbat va manfiy nuqtaviy zaryadlarning elektr maydoni tasvirlangan. Nuqtaviy zaryadlarning kuchlanganlik chiziqlari radial to‘g‘ri chiziqlardan iborat bo‘lib musbat zaryad sirtidan boshlanib manfiy zaryad sirtida tugaydi yoki musbat zaryaddan chiqib cheksizlikkacha yoyilib ketadi.

$$\varphi = \frac{W_n}{q'} \quad \text{ëku} \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (22)$$

Quyidagi kattalik

potensial deb ataladi.

Agar elektr maydon zaryadlar sistemasi tomonidan vujudga kelayotgan bo‘lsa, natijaviy potensial tekshirilayotgan nuqtadagi potensiallarining algebraik yig‘indisiga teng bo‘ladi.

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \sum \varphi_i \quad (23)$$

$$(22) \text{ va } (23) \text{ foydalanib, quyidagini hosil qilamiz: } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i} \quad (24)$$

(23) dan foydalanib

$$W_{II} = q \cdot \varphi \quad (25)$$

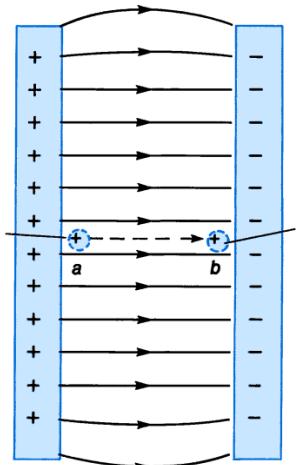
hosil qilamiz. Demak, maydon kuchlarining q zaryad ustida bajargan ishini potensial farqi orqali ifodalash mumkin:

$$A_{12} = W_{I1} - W_{I2} = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (26) \text{ yoki}$$

$$\varphi_\infty = 0 \quad \text{bo‘lsa, } A_\infty = q \varphi \quad (27)$$

Elektr maydonida A nuqtada musbat zaryadni B nuqtaga ko‘chirishda bajarilgan ishi.

Bundan foydalanib, potensialni quyidagicha ta’riflash mumkin: elektr maydon ixtiyoriy nuqtasining potensiali deganda shu nuqtadan birlik musbat zaryadni cheksizlikka ko‘chirish uchun lozim bo‘ladigan ish bilan xarakterlanuvchi kattalik tushuniladi.



13.6-rasm

SI sistemasida potensial va potensiallar ayirmasining o‘lchov birligi qilib, 1

Volt (1V) qabul qilingan: $[\varphi] = \left[\frac{A}{q} \right] = \left[\frac{1\text{ж}}{1\text{кЛ}} \right] = [1 \text{ Вольт}(1B)]$.

Nazorat savollari:

1. Zaryadning saqlanish qonuni deb nimaga aytildi?
2. Kulon qonunini ta`riflang.
3. Qanday shartlar bajarilganda ikkita zaryadlangan jismlarning o`zaro ta`sir kuchini Kulon qonuni bilan topish mumkin?
4. Elektr maydonini belgilovchi asosiy kattaliklarini ayting.
5. Amalda elektr maydoni mavjudligini qanday bilish mumkin?
6. Elektr dipoli deb nimaga aytildi.
7. Elektrostatik maydon potensialini ta`riflang.
8. Elektrostatik maydon kuchlanganlik vektori sirkulyatsiyasining ma`nosini ayting.
9. Ekvipotensial sirt deb qanday sirtga aytildi?
10. Elektr maydonining potensiali va kuchlanganligi qanday bog'langan?
11. Kuchlanganlik oqimini ta`riflang.
12. Gauss teoremasini ayting. Qanday ko`rinishdagi zaryadlangan jismlarni maydonlarini Gauss teoremasi asosida hisoblash qulay?