

10-MAVZU. ELEKTROSTATIK MAYDONDA ZARYADNI KO'CHIRISHDA BAJARILGAN ISH. POTENSIAL.

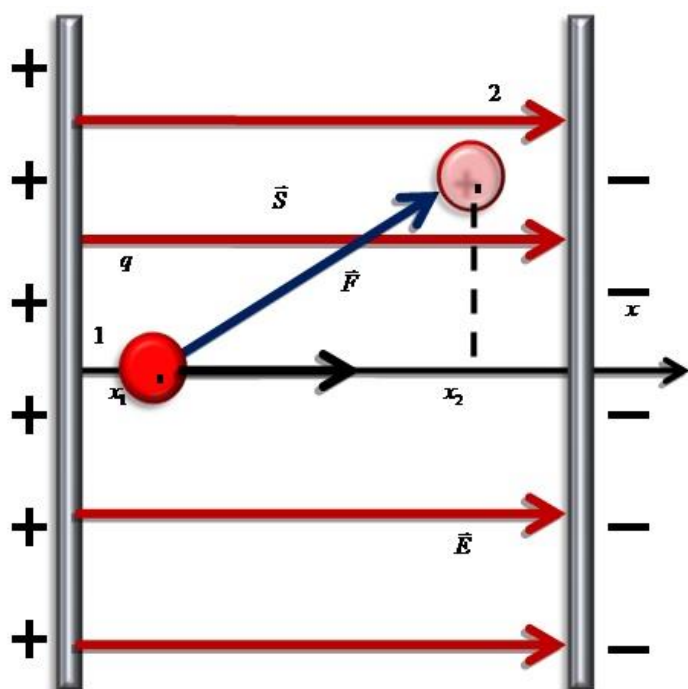
REJA:

1. Elektrostatik maydonning bajarilgan ishi.
2. Kuchlanganlik vektori sirkulyatsiyasi to'g'risida teorema. Potensial maydon.
3. Nuqtaviy zaryadning potensial energiyasini
4. Elektrostatik maydon potentsiali.
5. Kuchlanganlik va potentsiallar farqi oralaridagi bog'lanish.
6. Ekvipotensial sirtlar.

1. Elektrostatik maydonning bajarilgan ishi.

Har qanday maydon va shu maydondagi kuchning tabiati bajarilgan ishning ko'rinishi bilan aniqlanadi. Jumladan, bajarilgan ish yo'lining trayektoriyasiga bog'liq bo'lishi yoki bo'lmasligi, kuch va maydon tabiatining mezonini bo'lib xizmat qiladi.

Ikkita qarama-qarshi zaryadlangan plastinkalar orasida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblaylik (10.1-rasm). Tabiiyki bu plastinkalar orasida bir jinsli maydon hosil bo'ladi. Zaryadga ta'sir etuvchi kuch



10.1-rasm.

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (10.1)$$

$$A = FS \cos \alpha = qES \cos \alpha = qE(x_2 - x_1) = qE\Delta x$$

Demak, bajarilgan ish traektoriya shakliga bog'liq bo'lmay, u zaryadning boshlangich va oxirgi vaziyatlari holatiga bilan belgilanadi.

Yopik traektoriyada bajarilgan ish nolga teng.

$$\int_L dA = 0 \quad (10.2)$$

Qo'zg'almas nuqtaviy zaryad q_0 vakuumda

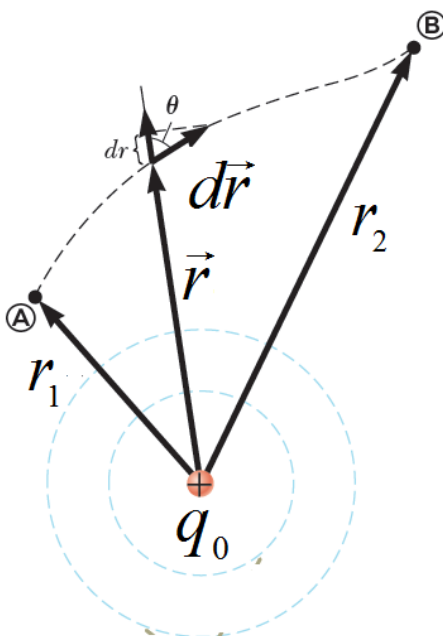
$$\vec{E} = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r^3} \cdot \vec{r} \quad (10.3)$$

elektr maydonini hosil qilgan, deb hisoblaymiz. Shu maydonda boshqa nuqtaviy q zaryad harakat qilayotgan va 1 - **A** nuqtadan 2 - **B** nuqtaga ko'chgan bo'lsin (10.2- rasm).

Elektr maydoni kuchi ta'sirida bajarilgan ish quyidagi integral bilan ifodalanadi

$$A_{12} = \int_{12} q \vec{E} d\vec{r} = q \frac{q_0}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \int \frac{\vec{r} d\vec{r}}{r^3},$$

$$A_{12} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right), \quad (10.4)$$



10.2- rasm. Qo'zg'almas nuqtaviy q_0 zaryad maydonida q sinovchi zaryadning harakat trayektoriyasi

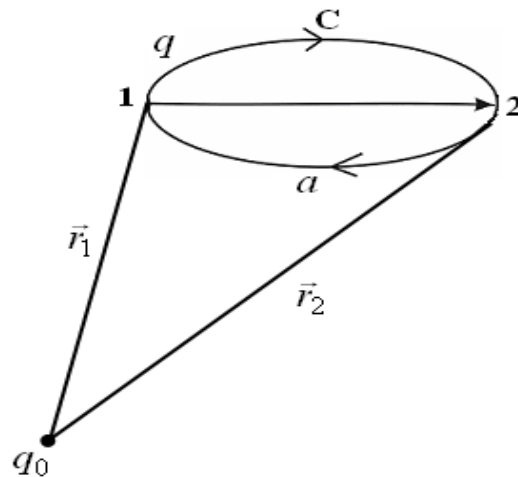
Bu ifodadan ko'rinadiki, bir xil ishorali q va q_0 zaryadlarning o'zaro itarish kuchi ta'sirida, zaryadlar uzoqlashishida musbat ish bajariladi.

Aksincha, har xil ishorali zaryadlarning tortishish kuchi ta'sirida q va q_0 zaryadlar yaqinlashib, manfiy ish bajarishadi.

2. Kuchlanganlik vektori sirkulyatsiyasi to'g'risida teorema.

Yana misol tariqasida q zaryadni a va s yo'nalishda 1 - nuqtadan 2 - nuqtaga ko'chiramiz (10.3-rasm). Bu holda ham bir xil ish bajariladi:

$$A_{12} = A_{1a2} = A_{1c2} \quad (10.5)$$



10.3- rasm. Konservativ kuch ta'sirida zaryadning ko'chishi

Shunday qilib, elektrostatik maydon kuchining bajarilgan ishi yo'lining trayektoriyasiga bog'liq bo'lmagani uchun elektrostatik maydon kuchi konservativ kuch hisoblanadi.

Agarda n - ta nuqtaviy zaryadlar (q_1, q_2, \dots, q_n) hosil qilgan maydonda q - nuqtaviy zaryad harakat qilsa, unga $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ kuchlar ta'sir qiladi. Bu natijalovchi \vec{F} kuchning bajarilgan ishi A har bir kuch mustaqil bajarilgan ishlarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{q_i q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{r_{i1}} - \frac{1}{r_{i2}} \right), \quad (10.6)$$

Yopiq kontur bo'yicha q - zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish quyidagicha ifodalanadi

$$A_0 = q \oint_L \vec{E} d\vec{l}, \quad (10.7)$$

yopiq konturda, maydonning boshlang'ich va oxirgi nuqtalari ustma-ust tushgani uchun bajarilgan ish nolga teng bo'ladi.

$$A_0 = \oint_L dA = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 0$$

Shuning uchun

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0, \quad (10.8)$$

Bu integral maydon vektori sirkulyatsiyasi deb ataladi. E elektrostatik maydon kuchlanganligi vektorining istalgan yopiq kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi nolga teng. Bu ta'kidlashning fizik ma'nosi quyidagichadir: E vektor chiziqlari

yopiq bo'lmaydi, ular elektr zaryadlarida boshlanadi va tugaydi, shu sababli, elektrostatik maydon uyurmali bo'lmaydi.

Maydon kuchlanganligi vektorining yopiq kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi nolga teng bo'lgan maydon *potensial maydon* deb ataladi.

3. Nuqtaviy zaryadning potensial energiyasini

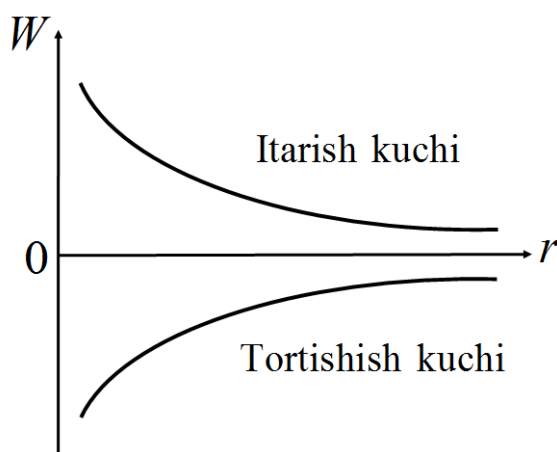
(2) - ifodani chuqurroq tahlil qilib ko'ramiz. Agar qo'zg'almas nuqtaviy q_0 - zaryadning maydonida q - zaryad 1(r_1) - nuqtadan 2(r_2) - nuqtaga ko'chirilsa, uning energiyasi o'zgarib boradi. Bu ish elektrostatik potensial maydonda bajarilgani uchun q - zaryadning potensial energiyasi o'zgaradi:

$$A_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q_0q}{r_1} - \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q_0q}{r_2} = W_1 - W_2, \quad (10.9)$$

Zaryadlarning ishorasiga qarab, ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchi tortishish va itarish kuchlaridan iborat bo'ladi. Ammo zaryadlar orasidagi \vec{r} - radius-vektor ortishi bilan, o'zaro ta'sir kuchi ko'rinishiga qaramasdan, potensial energiya kamayib boradi (10.4-rasm).

Demak, potensial maydonda bajarilgan ish q - zaryadning potensial energiyasining kamayishi hisobiga bajariladi:

$$dA = -dW, \quad (10.10)$$



10.4- rasm. O'zaro ta'sir tortishish va itarish kuchlarining zaryadlar orasidagi masofaga bog'liqligi

Elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi zaryadning potensial energiyasini umumiy holda quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$W = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{qq_0}{r}, \quad (10.11)$$

Bu ifodadan elektrostatik maydondagi q zaryadning potensial energiyasi maydonni hosil qilgan qo'zg'almas q_0 zaryadga ham bog'liq bo'lgani uchun ***zaryadlarning o'zaro potensial energiyasi*** ham deyiladi. Shunday qilib, ikki zaryadning o'zaro potensial energiyasi zaryadlar ko'paytmasiga to'g'ri va oralaridagi masofaga teskari proporsionaldir. q zaryadning W – potensial energiyasi, elektrostatik maydondagi uning holatiga bog'liq bo'lgani uchun, elektrostatik maydonning nuqtalari energetik nuqtai nazardan potensial deb ataluvchi skalyar kattalik bilan ifodalanadi.

Agarda, nuqtaviy zaryadlar tizimi orqali maydon hosil qilingan holda, shu maydonda turgan q_0 sinovchi zaryadning potensial energiyasi alohida zaryadlarning u bilan xosil qilgan potensial energiyalarining yig'indisiga teng bo'ladi.

$$W = \sum W_i \quad (10.12)$$

Bir – biridan r masofada turuvchi q_1 va q_2 zaryadlar tizimlarining har biri boshqasining maydonida quyidagi potensial energiyalarga ega bo'ladilar.

4. Maydon potentsiali.

Elektrostatik maydon biror nuqtasining ***potentsiali*** deb, maydonning shu nuqtasiga kiritilgan bir birlik musbat sinovchi zaryadga mos kelgan potensial energiyaga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi:

$$\varphi = \frac{W}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad (10.13)$$

Nuqtaviy zaryad hosil qilgan elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi potentsiali zaryad miqdoriga to'g'ri va masofaga teskari proporsionaldir.

Potentsial skalyar kattalikdir. XBT tizimida potentsial birligi bir voltga teng.

$$1V = 1 \frac{J}{K}$$

Agar elektrostatik maydonni zaryadlar sistemasi hosil qilayotgan bo'lsa fazoning biror nuqtasidagi natijaviy potentsiali shu nuqtada har bir zaryadning hosil qiladigan potentsiallar yigindisiga teng bo'ladi, yani

$$\varphi = \sum \varphi_i \quad (10.14)$$

5. Kuchlanganlik va potentsiallar farqi oralaridagi bog'lanish.

Elektrostatik maydon potentsiali, uning energetik tavsifi bo'lgani uchun elektrostatik maydon kuchining zaryadni ko'chirishda bajargan ishi, maydon potentsiallari ayirmasi bilan o'zaro bog'lanishga ega bo'lishi kerak:

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) , \quad (10.15)$$

Maydonning ikki nuqtasi orasidagi potentsiallar ayirmasi quyidagiga tengdir:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q} , \quad (10.16)$$

Elektrostatik maydonning ikki nuqtasi orasidagi *potentsiallar farqi* deb, bir birlik musbat zaryadni 1-nuqtadan 2– nuqtaga ko‘chirishda bajarilgan ishga miqdor jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi.

Potentsiallar farqiga kuchlanish deyiladi

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (10.18)$$

Agarda, nuqta cheksizlikda bo‘lsa, uning potentsiali nolga tengdir. U xolda ikkinchi nuqtaning potentsiali

$$\varphi = \frac{A}{q} \quad (10.19)$$

Agar bajarilgan ish quyidagicha bo‘lsa

$$dA = qE dr = -dW = -qd\varphi ,$$

elektr maydon kuchlanganligi potentsial bilan quyidagicha ifodalanadi:

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} , \quad (10.20)$$

Shunday qilib, *elektrostatik maydonning kuchlanganligi* deb kuch chizig‘ining uzunlik birligiga mos kelgan potentsial ayirmasiga miqdor jihatdan teng bo‘lgan fizik kattalikka aytiladi.

Elektrostatik maydonning kuchlanganligini boshqacha ko‘rinishda yozish mumkin:

$$E = -grad\varphi , \quad (10.21)$$

yoki

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dr , \quad (10.22)$$

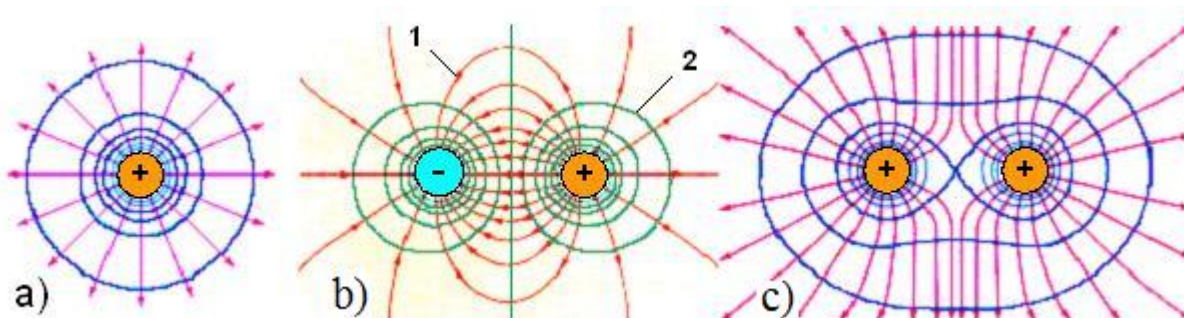
6. Ekvipotentsial sirtlar.

Potensiallari bir xil bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rniga *ekvipotentsial sirtlar* deyiladi (10.5-rasm).

Ekvipotentsial sirt uchun:

$$\varphi = const, \quad (10.23)$$

Quyidagi 5-rasmda yakkaigan musbat zaryad va zaryadlar sistemasi uchun ekvipotentsial sirtlari keltirilgan:



10.5 - rasm. Ekvipotentsial sirtlar

Ekvipotentsial sirtlar bo'ylab zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish

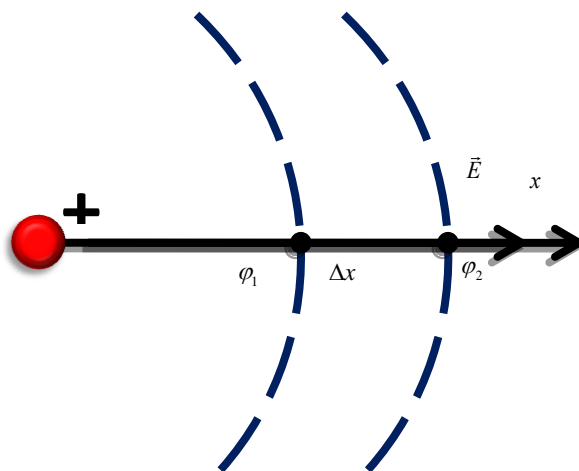
$$\varphi_1 = \varphi_2$$

bol'ganligi uchu

$$A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) = 0 \quad (10.24)$$

nolga teng.

Zaryad kuchlanganlik chizig'i bo'ylab Δx masofaga ko'chirilgan bo'lsin.



$$A = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) = q_0 E \Delta x$$

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\Delta x} = \frac{U}{\Delta x} \quad (10.25)$$

Mazkur formula kuchlanganlik va potentsiallar farqi orasidagi bog'lanishni ifodalaydi.

Mavzu bo'yicha nazorat uchun testlar.

1. $3 \cdot 10^{-8} \text{ Kl/sm}$ chiziqli zichligda bir xil ishorada zaryadlangan va bir-biridan 2 sm uzoqlikda bo'lgan ikkita cheksiz uzun iplar (uzunlik birligida) qanday kuch bilan itarishadi. Bu iplarni bir-biriga 1 sm gacha yaqinlashtirish uchun qanday ish bajarishi kerak (J/m)?

- A)* 0,112 B) 0,224 C) 1,12 D) 2,24

2. Zaryadlari $q=6,66 \text{ nKl}$ va $q_2=13,33 \text{ nKl}$ bo'lgan ikkita sharcha bir-biridan $r_1=40 \text{ sm}$ uzoqlikda turibdi. Ularni bir-biriga $r_2=25 \text{ sm}$ gacha yaqinlashtirish uchun qancha ish bajarish kerak (μJ)?

- A) 2,4 B)* 1,2 C) 0,24 D) 0,12

3. 1 sm radiusli zaryadlangan shar markazidan 10 sm uzoqlikdagi maydon nuqtasining potentsiali topilsin (V). Masalani quyidagi hollar uchun yechilsin: 1) shar zaryadining sirt zichligi 10^{-11} Kl/sm^2 , 2) sharining potentsiali 300 V ga teng.

- A) 3 B) 0,3 C) *30 D) 300

4. Cheksizlikdagi $2 \cdot 10^{-8} \text{ Kl}$ ga teng nuqtaviy zaryadni zaryadining sirt zichligi $\sigma=10^{-9} \text{ Kl/sm}^2$ bo'lgan, 1 sm radiusli shar sirtidan 1 sm uzoqliqdagi nuqtaga keltirishda qanday ish bajariladi (μJ)?

- A) 1,13 B) 11,3 C) 0,13 D) *113

5. Massasi 1 g va zaryadi 10^{-8} Kl bo'lgan sharcha potentsiali 600 V ga teng bo'lgan A nuqtadan potentsiali nolga teng bo'lgan nuqtaga ko'chirildi. Agar sharcha B nuqtada 20 sm/sek tezlikka erishgan bo'lsa, uning A nuqtadagi tezligi qanday bo'lgan (m/sek)?

- A) *0,167 B) 1,67 C) 16,7 D) 167

6. U potentsiallar ayirmasi $5, 100 \text{ V}$ ga teng bo'lgan oraliqdan o'tayotganda elektronning oladigan tezligi v topilsin (Mm/s).

- A) 0,133; 0,593 B) 0,266; 1,186 C) 13,3; 59,3 D) *1,33; 5,93

7. Radioaktiv yemirilishda poloniy atomining yadrosidan α -zarracha $1,6 \cdot 10^9 \text{ sm/sek}$ tezlik bilan uchib chiqadi. α -zarrachaning kinetik energiyasi va α -zarrachani xuddi shunday tezlikda haydab chiqarishdagi maydon potentsiallarining ayirmasi topilsin (MeV).

- A)* 2,66 B) 0,266 C) 26,6 D) 266

8. Zaryadlangan cheksiz uzun ipdan $r_1=4 \text{ sm}$ oraliqda $q=0,66 \text{ nK}$ nuqtaviy zaryad turibdi. Maydon ta'sirida zaryad $r_2=2 \text{ sm}$ oraliqqa siljiydi, bunda $A=5 \cdot 10^{-7} \text{ J}$ ish bajariladi. Ipdagi zaryadning chiziqli zichligi topilsin ($\mu\text{K/m}$).

A) 60 B)* 0,6 C) 0,06 D) 600

9. Musbat zaryadlangan cheksiz uzun ip elektr maydoni hosil qilgan. Shu maydon ta'sirida α -zarracha ipdan $x_1=1$ sm uzoqlikdagi nuqtadan $x_2=4$ sm uzoqlikdagi nuqtaga qarab harakatlanib o'z tezligini $2 \cdot 10^5$ m/sek dan $3 \cdot 10^6$ m/sek ga o'zgartirdi. Ipdagi zaryadning chiziqli zichligi topilsin ($\mu\text{K}/\text{m}$).

A) 0,37 B) 37 C) * 3,7 D) 370

10. Zaryadlangan 2 ta parallel plastinkalar orasidagi masofa 8 mm, plastinkalar orasidagi maydon kuchlanganligi 10 kV/m bo'lsa potentsiallar ayirmasi topilsin (V).

A) 8 B) 800 C) 0,8 D) 80

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. 2018 y.
2. Q.P Abduraxmonov, O'. Egamov "Fizika kursi" darslik, Toshkent "O'quv ta'lim metodikasi" 2015 y.
3. Ismoilov M., Xabibullaev P.K., Xaliullin M. Fizika kursi Toshkent «O'zbekiston», 2000.
4. Сивухин Д. В. Общий курс физики. — М., 2005., Т. I. Механика.
5. V.S.Volkenshteyn Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami, Toshkent, 2008 y.

Internet resurslari

1. www.my.estudy.uz/
2. www.fizika.uz/
3. www.elearning.zn.uz/