Таркатма материал

Mavzu: Zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish. Elektr maydon potentsiali.

Birorta musbat q zaryad maydon hosil qilayotgan bo'lsin.mana shu maydonda boshqa bir musbat q_0 zaryadning ko'chishida bajarilgan ishni ko'raylik. Ishning ta'rifiga asosan, $\vec{F}$ kuchning a b masofaga ko'chishida bajargan elementar ishi:

$$dA = F \cdot \cos\alpha \cdot ds$$

Bundan ko'rinib turibdiki, bajarilgan ish ta'sir qilayotgan kuchning masofaga va kuch bilan yo'l orasidagi burchak kosinusiga ko'paytmasiga teng ekan.

a b masofani ds bilan belgilaymiz. b nuqtadan oa to'g'ri chiziqning davomiga perpendikulyar tushirsak, biz

$ds\cos\alpha = oc - oa$

bo'lishini ko'ramiz. endi ds juda kichik bo'lgani uchun ocqob deyish mumkin. U holda $ds\cos\alpha = ob - oa = dr$, bu yerda $dr - q_0$ zaryad a nuqtadan b nuqtagacha ko'chganda q bilan q_0 orasidagi masofaning o'zgarishi. Bulardan:

$$dA = F \cdot dr$$

Agar q_0 zaryad kichik masofaga ko'chmasdan, balki q zaryaddan r_1 masofada bo'lgan A nuqtadan r_2 masofadagi B nuqtaga ko'chayotgan bo'lsa, u holda mana shu butun AV ko'chishdagi bajarilgan ishni aniqlash uchun AV masofani mayda elementar ds bo'laklarga bo'lamiz (1-rasm). Undan keyin mana shu har bir ds bo'lakchalarda bajarilgan ishlarning yig'indisini olamiz, ya'ni

$$A = \int_{r_1}^{r_2} F dr$$

F kuch q va q_0 zaryadlarning o'zaro ta'siri Kulon kuchidan iborat. Shuning uchun

$$F = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$$, bunda $r = 0a$

Kuchning bu qiymatini o'rniga qo'yadigan bo'lsak,

$$A = -\int_{r_1}^{r_2} \frac{q_0 q dr}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2} = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r^2} = \frac{qq_0}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} (\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$$

yoki

$$A = q_0 (\frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r_1} - \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon\ r_2}) \tag{1}$$

ga ega bo'lamiz.

Zaryadni ko'chirishda bajarilgan ishning SGSE sistemadagi ifodasi quyidagicha:

$$A = q\ (\frac{q}{r_1} - \frac{q}{r_2}) \tag{2}$$

Maydon kuchlarining q zaryadni q0 zaryad maydonida ko'chirishda bajargan ishi ko'chirilayotgan zaryad kattaligining $\frac{q}{2}$ kattalikning ko'chishining boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi qiymatlari ayirmasiga bo'lgan ko'paytmasiga teng. Mana shu $\frac{q}{2}$ kattalik maydon potensiali deb ataladi va V xarfi bilan belgilanadi:

$$V = \frac{q}{r} \tag{3}$$

SI sistemada yozadigan bo'lsak:

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r} \tag{4}$$

u holda (3) va (4) larni quyidagicha yozsak bo'ladi:

$$A = q_0 (V_1 - V_2) \tag{5}$$

bunda V_1 va V_2 - potensialning A va V nuqtalardagi qiymat. Shunday qilib, maydon kuchlarining zaryadni ko'chirishda bajargan ishi son qiymat jihatidan zaryad kattaligining yo'lning boshlang'ich va oxirgi nuqtalaridagi potensiallar ayirmasiga ko'paytirilganiga tengdir. Demak, bu ish shu yo'lning shakliga bog'liq bo'lmay, uning boshlang'ich va oxirgi nuqtalarining vaziyatiga bog'liqdir. Yo'l berk bo'lsa, (5) formulaga ko'ra, bajarilgan ish nolga teng bo'ladi. Chunki uning boshlang'ich va oxirgi nuqtalari ustma – ust tushadi. Demak,

$$V_1 = V_2$$

Potensialning fizik ma'nosini ko'raylik. Ma'lumki, potensial

$$V = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$$

formula bilan aniqlanadi. Bunday maydonning biror nuqtasining potensiali son jihatidan birlik musbat zaryadni shu nuqtadan potensiali nolga teng bo'lgan cheksiz uzoqlikdagi nuqtaga ko'chirishda maydon kuchlarining bajargan ishiga tengdir, degan xulosa kelib chiqadi.

Haqiqatan ham, zaryadni maydonning biror nuqtasidan cheksiz uzoqlikdagi nuqtaga ko'chirishda bajargan ishi quyidagicha bo'ladi:

$$V = \frac{A}{q_0} = \frac{q}{r4\pi\varepsilon\varepsilon} - \frac{q}{\infty} = \frac{q}{r4\pi\varepsilon\varepsilon_0}$$

Endi zaryadlar sistemasi maydonida bajarilgan ishni ko'raylik. masalan, q1, q2, …..qn zaryadlar sistemasi maydon hosil qilayotgan bo'lsin. Bu maydonning 1 nuqtasidan 2 nuqtasigacha q_0 zaryad ko'chadigan bo'lsa, maydon kuchlarining mana shu zaryadni 1 nuqtadan 2 nuqtaga ko'chirishda bajargan ishi qanday bo'lar ekan?

2-rasm

Mana shu q_0 ga maydon tomonidan ta'sir etadigan kuch $\vec{F}$ albatta maydonni hosil qilgan q_1, q_2 ….q_n zaryadlar ta'sir kuchlarining teng ta'sir etuvchisidir, ya'ni

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ...\vec{F}_n$$

Bu kuchning bajargan ishi, elementar kuchlar bajargan ishlarning algebraik yig'indisiga tengdir.Kuch bajargan ishi (5) ga asosan yozishimiz mumkin, ya'ni:

$$A_1 = q_0[V_1^{(1)} - V_2^{(1)}]$$

$V_1^{(1)}$ va $V_2^{(1)}$ - q1 zaryadning 1 va 2 nuqtalarda hosil qiladigan potensiallari. Xuddi shuningdek:

$$A_2 = q_0[V_1^{(2)} - V_2^{(2)}]$$

$$A_n = q_0[V_1^{(n)} - V_2^{(n)}]$$

$$A = A_1 + A_2 + ... + A_n = q_0[V_1^{(1)} - V_2^{(1)}] + q_0[V_1^{(2)} - V_2^{(2)}] + ... + q_0[V_1^{(n)} - V_2^{(n)}] =$$

$$= q_0\left\{[V_1^{(1)} + V_2^{(1)} + ... + V_1^{(n)}] - [V_2^{(1)} + V_2^{(1)} + ...V_2^{(n)}]\right\}$$

Agar biz quyidagicha

$$[V_1^{(1)} + V_1^{(2)} + ... + V_1^{(n)}] = V_1$$

$$[V_1^{(1)} + V_2^{(2)} + ... + V_2^{(n)}] = V_2$$

belgilash kiritsak, u holda

$$A = q_0(V_1 - V_2) \qquad (6)$$

bo'ladi, bunda $V_1 - q_1 \cdot q_2, ... q_n$ zaryadlarningbirinchi nuqtada vujudga keltirgan potensiali. V_2 esa $q_1 \cdot q_2, ... q_n$ zaryadlarning ikkinchi nuqtada vujudga keltirgan potensiali.

Demak, nuqtaviy zaryadlar sistemasi hosil qilgan maydonning ma'lum bir nuqtasidagi potensiali $q_1 \cdot q_2, ... q_n$ alohida zaryadlarning ana shu nuqtada vujudga keltirgan potensiallarining algebraik yig'indisiga teng ekan.

Shunday qilib, (6) ga asosan zaryadlar sistemasining maydonida maydon kuchlarining bajargan ishi ko'chayotgan zaryad kattaligi bilan ko'chish yo'lining bosh va oxirgi nuqtalaridagi maydon potensiallari ayirmasining ko'paytmasiga tengdir.

ELEKTR MAYDON POTENSIALI

Umuman elektrostatik maydon potensiali nuqtadan nuqtaga o'zgarib turadi.Lekin biz hamma nuqtalaridagi potensiallari teng bo'lgan sirtlar ajratib olishimiz mumkin.Ma'lumki, nuqtaviy zaryad potensiali

$$V = \frac{q}{r}$$

Demak, r bir xil bo'lgan nuqtalardagi potensiallar bir – biriga teng.bir xil potensialli nuqtalarning geometrik o'rni ekvipotensiallar sirtlar yoki potensial sathi sirtlari deb ataladi. Nuqtaviy zaryadlar maydonida r ning qiymati doimiy bo'lgan sirt, ya'ni markazi nuqtaviy zaryadda bo'lgan sfera sathi sirti bo'ladi.

Endi elektrostatik maydon kuchlanganligi bilan potensial orasidagi bog'lanishni aniqlaylik. Bu bog'lanish maydon kuchlari bajargan ish maydon kuchlanganligi orqali ham va maydon potensiali orqali ham ifodalanishidan kelib chiqadi.

Elektrostatik maydonda bir – biriga yaqin ikkita potensial sathlar o’tkazaylik.Ularning birida potensial V, ikkinchisida esa $V+\Delta V$ bo’lsin.endi biz V potensialli sirtning V nuqtasidan $V+\Delta V$ potensialli mirtga $\vec{n}$ normal tushiramiz. U VG’ nuqtada kesishsin
Endi biz biror q0 zaryadning V dan VG’ ga ko’chishida maydon kuchlari tomonidan bajarilgan ishni ko’raylik.Ma’lumki:

$$A = Fdn$$

Bunga kuchning $F = Eq_0$ ifodasini qo’ysak:

$$A = Eq_0 dn \qquad (1)$$

Ikkinchi tomondan

$$A = q\ [V-(V+\Delta V)] = -q_0\Delta V \qquad (2)$$

(1) va (2) larning tengligidan: $Eq_0 dn = -q_0\Delta V$

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta n} \qquad (3)$$

Manfiy ishora $\vec{E}$ ning yo’nalishi $\vec{n}$ ning yo’nalishiga qarama – qarshi ekanligini bildiradi.

$\vec{n}$ potensialining ortish tomoniga yo’nalgan. Kuchlanganlik $\vec{E}$ esa musbat zaryad ta’sir qiluvchi kuch yo’nalishida, demak, potensialning kamayishi tomoniga qarab yo’nalgan. Agar (3-9) da $\Delta n = 1$ deb olsak, quyidagi ta’rif kelib chiqadi: maydon kuchlanganligi son jihatidan potensialning sathlari sirtiga perpendikulyar yo’nalishda olingan uzunlik birligidagi o’zgarishiga teng va potensialning kamayish tomoniga yo’nalgandir. Potensialning birlik uzunlikdagi o’zgarishi esa potensial gradiyenti deb ataladi. Demak, maydon kuchlanganligi son jihatidan maydon potensiali gradiyentiga teng:

$$\vec{E} = -\frac{dV}{dr}\frac{\vec{r}}{r} = -grad\vec{V}$$