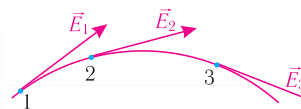




Лініі напружанасці — уяўныя накіраваныя лініі, датычныя да якіх у кожным пункце поля супадаюць па напрамку з напружанасцю электростатычнага поля



пачынаюцца на дадатным зарадзе і заканчваюцца на адмоўным зарадзе цел

не перасякаюцца, бо ў кожным пункце поля напружанасць мае адзін канкрэтны напрамак

не перарываюцца ў прастору, якая не змяшчае электрычных зарадаў

па гушчынi ліній можна меркаваць пра модуль напружанасці электростатычнага поля

Аднароднае электростатычнае поле — электростатычнае поле, напружанасць якога ў любым яго пункце аднолькавая



1. Што называюць лініямі напружанасці электростатычнага поля?
2. Якія асаблівасці ліній напружанасці электростатычнага поля?
3. Як накіраваны лініі напружанасці электростатычнага поля зараду ў залежнасці ад яго знака? сістэмы двух зарадаў (аднайменных і рознайменных)?
4. Якое электростатычнае поле называюць аднародным? Прывядзіце прыклады.

§ 21. Работа сілы аднароднага электростатычнага поля. Патэнцыял

Электростатычнае поле, дзейнічаючы на змешчаныя ў ім зарады з пэўнай сілай, можа іх перамяшчаць. Вы ведаеце, што пры перамяшчэнні цела дзеючая на яго сіла выконвае работу. Высветлім, ад чаго залежыць работа сілы на перамяшчэнні электрычнага зараду ў электростатычным полі.

Работа сілы аднароднага электростатычнага поля. Разлікі і вынікі эксперыментаў даказалі, што работа сілы электростатычнага поля пры перамяшчэнні зараду паміж двума пунктамі залежыць толькі ад становішча

гэтых пунктаў і не залежыць ад формы траекторыі. Такой самай асаблівасцю, як вы ведаеце, валодае і гравітацыйнае поле. Фізічныя палі, работа сіл якіх не залежыць ад формы траекторыі, называюць *патэнцыяльнымі*.

Высветлім, як можна вызначыць работу сілы аднароднага электростатычнага поля напружанасцю \vec{E} па перамяшчэнні дадатнага пробнага зараду q_0 . Паколькі электростатычнае поле з'яўляецца патэнцыяльным, то пры перамяшчэнні зараду з пункта B у пункт D (мал. 114) работа сілы поля незалежна ад формы траекторыі мае адно і тое значэнне. Вызначым гэтую работу для выпадку, калі зарад перамяшчаецца ўздоўж адрэзка прамой BD .

Вам вядома, што работа сілы $A = F\Delta r \cos\alpha$, дзе F — модуль сілы, якая дзейнічае на цела; Δr — модуль перамяшчэння цела пад дзеяннем гэтай сілы; α — вугал паміж напрамкамі сілы і перамяшчэння. У нашым выпадку модуль электрычнай сілы $F = q_0E$, таму работа сілы поля $A_{BD} = q_0E\Delta r \cos\alpha$. Паколькі $\Delta r \cos\alpha = d$ (гл. мал. 114), дзе d — адлегласць паміж зараджанымі пласцінамі, якія ствараюць поле, то

$$A_{BD} = q_0Ed. \quad (21.1)$$

Работа сілы электростатычнага поля можа быць дадатная, адмоўная або роўная нулю. Напрыклад, калі б зарад перамяшчаўся не з пункта B у пункт D , а наадварот — з пункта D у пункт B , то работа сілы была б адмоўная: $A_{DB} = -q_0Ed$. Пры перамяшчэнні зараду перпендыкулярна лініям напружанасці работа сілы поля $A = 0$.

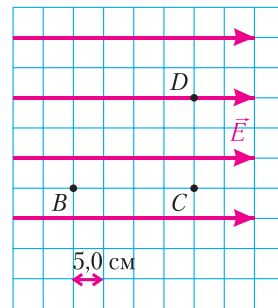
Ад тэорыі да практыкі

Якую работу выканае сіла аднароднага электростатычнага поля, модуль напружанасці якога $E = 20 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$, пры перамяшчэнні зараду $q = 2,4 \text{ нКл}$ па адрэзку прамой (мал. 115), што злучае пункты: а) B і C ; б) C і D ; в) D і B ?

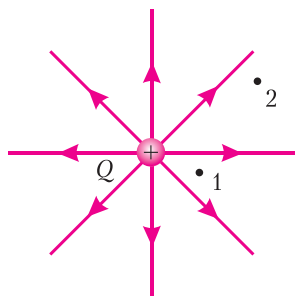
Якую работу выканае сіла поля пры перамяшчэнні зараду па замкнутай траекторыі $BCDB$?



Мал. 114



Мал. 115



Мал. 116

Патэнцыяльная энергія зараду ў электрстатычным полі. Электрстатычнае поле з'яўляецца патэнцыяльным, і, значыць, работа сілы поля па перамяшчэнні электрычнага зараду q з пункта 1 у пункт 2 (мал. 116) можа служыць мерай змены патэнцыяльнай энергіі гэтага зараду ў полі, створаным зарадам Q . Няхай $W_{п1}$ і $W_{п2}$ — патэнцыяльныя энергіі перамяшчанага зараду ў пунктах 1 і 2 электрстатычнага поля. Тады работа сілы поля

$$A_{12} = -\Delta W_{п12} = -(W_{п2} - W_{п1}), \quad (21.2)$$

дзе $\Delta W_{п12}$ — прырашчэнне патэнцыяльнай энергіі зараду q пры яго перамяшчэнні з пункта 1 у пункт 2.

Перапішам выраз (21.2) у выглядзе

$$A_{12} = W_{п1} - W_{п2} \quad (21.3)$$

і прааналізуем яго для выпадку, калі на зарад q дзейнічае толькі сіла з боку электрстатычнага поля:

1) калі работа сілы поля $A_{12} > 0$ (перамяшчэнне дадатнага зараду q адбываецца ў напрамку ліній напружанасці поля), то патэнцыяльная энергія зараду памяншаецца: $\Delta W_{п12} < 0$. Пры гэтым, згодна з законам захавання энергіі, павялічваецца кінетычная энергія цела с зарадам q : $\frac{mv_2^2}{2} > \frac{mv_1^2}{2}$;

2) калі работа сілы поля $A_{12} < 0$ (перамяшчэнне дадатнага зараду адбываецца супрацьлегла напрамку ліній напружанасці поля), то патэнцыяльная энергія зараду павялічваецца: $\Delta W_{п12} > 0$. Пры гэтым кінетычная энергія зараджанага цела змяншаецца: $\frac{mv_2^2}{2} < \frac{mv_1^2}{2}$;

3) калі работа сілы поля $A_{12} = 0$ (перамяшчэнне зараду адбываецца перпендыкулярна напрамку ліній напружанасці поля), то патэнцыяльная энергія зараду не змяняецца.



Ад тэорыі да практыкі

У якім выпадку (гл. мал. 115) пры перамяшчэнні дадатнага (адмоўнага) зараду паміж двума пунктамі поля патэнцыяльная энергія гэтага зараду: а) павялічваецца; б) памяншаецца; в) не змяняецца?

Патэнцыял электрстатычнага поля як яго энергетычная характарыстыка. З выказаў (21.1) і (21.2) вынікае, што патэнцыяльная энергія пробнага зараду q_0 у дадзеным пункце поля прапарцыянальная велічыні гэтага зараду. Такім

чынам, адносіны $\frac{W_{\text{п}}}{q_0}$ не залежаць ад зараду і з'яўляюцца энергетычнай характарыстыкай электростатычнага поля, якая атрымала назву *патэнцыял*.

Патэнцыял электростатычнага поля ў дадзеным пункце прасторы — фізічная скалярная велічыня, роўная адносінам патэнцыяльнай энергіі пробнага зараду, змешчанага ў дадзены пункт поля, да значэння гэтага зараду:

$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{q_0}. \quad (21.4)$$

За адзінку патэнцыялу ў СІ прыняты вольт (В). Адзінка была названая ў гонар італьянскага вучонага Алясандра Вольта (1745–1827), які зрабіў важкі ўклад у вывучэнне электрычных з'яў. 1 В — патэнцыял такога пункта электростатычнага поля, у якім зарад 1 Кл валодаў бы патэнцыяльнай энергіяй 1 Дж.

Патэнцыял φ электростатычнага поля пунктавага зараду Q на адлегласці r ад яго ў вакууме або ў паветры вызначаюць суадносінамі

$$\varphi = k \frac{Q}{r}. \quad (21.5)$$

Знак зараду-крыніцы поля вызначае знак патэнцыялу гэтага поля.

Калі электрычнае поле створана ў аднародным асяроддзі з дыэлектрычнай пранікальнасцю ϵ , то патэнцыял поля

$$\varphi = k \frac{Q}{\epsilon r}.$$

Патэнцыял з'яўляецца скалярнай велічынёй. Таму калі ў дадзеным пункце прасторы электростатычнае поле створана сістэмай пунктавых зарадаў, то патэнцыял рэзультуючага поля ў гэтым пункце роўны алгебраічнай суме патэнцыялаў палёў у гэтым жа пункце прасторы, якія ствараюцца кожным з пунктавых зарадаў сістэмы паасобна:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n,$$

гэта значыць для патэнцыялу выконваецца *прынцып суперпазіцыі*.

Ад тэорыі да практыкі

Электростатычнае поле створана пунктавым нерухомым зарадам Q . Патэнцыял поля ў пункце, размешчаным ад зараду Q на адлегласці $r = 27$ см, $\varphi = 80$ В. У гэты пункт змяшчаюць пробны зарад q_0 . Вызначце: а) значэнне зараду, які стварае поле; б) значэнне пробнага зараду, калі яго патэнцыяльная энергія ў дадзеным пункце поля $W_{\text{п}} = -0,8$ мкДж.





Работа сілы электрстатычнага поля па перамяшчэнні зараду:

- з аднаго пункта поля ў другі не залежыць ад формы траекторыі;
- можа быць дадатная, адмоўная або роўная нулю;
- пры перамяшчэнні зараду па замкнутай траекторыі роўная нулю

Работа сілы аднароднага электрстатычнага поля па перамяшчэнні зараду:

$$A = qEd$$

Работа сілы электрстатычнага поля па перамяшчэнні зараду з пачатковага пункта 1 у канцавы пункт 2 роўная прырашчэнню патэнцыяльнай энергіі зараду ў гэтым полі, узятаму са знакам мінус, або змяншэнню патэнцыяльнай энергіі:

$$A_{12} = -\Delta W_{п12} = -(W_{п2} - W_{п1}) = W_{п1} - W_{п2}$$

Патэнцыял электрстатычнага поля ў дадзеным пункце прасторы — фізічная скалярная велічыня, роўная адносінам патэнцыяльнай энергіі пробнага зараду, змешчанага ў дадзены пункт поля, да значэння гэтага зараду:

$$\varphi = \frac{W_{п}}{q_0}$$

Патэнцыял электрстатычнага поля пунктавага зараду:

- у вакууме

$$\varphi = k \frac{Q}{r};$$

- у аднародным асяроддзі з дыэлектрычнай пранікальнасцю ϵ

$$\varphi = k \frac{Q}{\epsilon r}$$

Калі ў дадзеным пункце прасторы электрстатычнае поле створана сістэмай пунктавых зарадаў, то патэнцыял рэзультуючага поля ў гэтым пункце роўны алгебраічнай суме патэнцыялаў палёў у гэтым жа пункце прасторы, якія ствараюцца кожным з пунктавых зарадаў сістэмы паасобна:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n$$





1. Як можна вызначыць работу сілы аднароднага электростатычнага поля па перамяшчэнні электрычнага зараду?
2. Як вы разумееце сцвярджэнне «электростатычнае поле патэнцыяльнае»? Як звязана работа сілы электростатычнага поля па перамяшчэнні электрычнага зараду са змяненнем патэнцыяльнай энергіі зараду ў гэтым полі?
3. Якія дзве фізічныя велічыні характарызуюць электростатычнае поле ў любым яго пункце?
4. Што называюць патэнцыялам электростатычнага поля?
5. Чаму роўны патэнцыял электростатычнага поля пунктавага зараду Q на адлегласці r ад яго?
6. Як вызначаюць патэнцыял электростатычнага поля, створанага некалькімі пунктавымі зарадамі?

**Прыклад рашэння задачы**

Электростатычнае поле створана нерухомым пунктавым зарадам Q . У пункце, які знаходзіцца на адлегласці $r = 80$ см ад зараду, патэнцыял поля $\varphi = 0,42$ кВ. Вызначце модуль сілы, якая дзейнічае з боку поля на пунктавы зарад $q = 1,5$ нКл, змешчаны ў гэты пункт.

Дадзена:

$$r = 80 \text{ см} = 0,80 \text{ м}$$

$$\varphi = 0,42 \text{ кВ} = 4,2 \cdot 10^2 \text{ В}$$

$$q = 1,5 \text{ нКл} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F = ?$$

Рашэнне. Модуль сілы, якой электростатычнае поле зараду Q дзейнічае на зарад q_2 , можна вызначыць, выкарыстаўшы закон Кулона:

$$F = k \frac{Qq}{r^2}. \quad (1)$$

З формулы (21.5) для патэнцыялу поля пунктавага зараду знойдзем значэнне зараду:

$$Q = \frac{\varphi r}{k}. \quad (2)$$

Падставіўшы выраз (2) у формулу (1), атрымаем:

$$F = k \frac{q\varphi r}{kr^2} = \frac{q\varphi}{r}.$$

$$F = \frac{1,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 4,2 \cdot 10^2 \text{ В}}{0,80 \text{ м}} = 7,9 \cdot 10^{-7} \text{ Н}.$$

Адказ: $F = 7,9 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$.



Практыкаванне 15

1. Ці залежыць работа сілы электростатычнага поля ад траекторыі руху зараду? Параўнайце работу сілы электростатычнага поля, утворанага зараджанымі пласцінамі, пры перамяшчэнні зараду q па контуры A і контуры B (мал. 117).

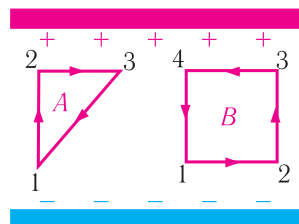
2. Адмоўны зарад, модуль якога $|q| = 0,50$ мкКл, перамясцілі ў аднародным электростатычным полі на адлегласць $d = 10$ см у напрамку ліній напружанасці. Вызначце работу сілы поля, выкананую пры перамяшчэнні зараду, і змену патэнцыяльнай энергіі ўзаемадзеяння зараду з полем, калі модуль яго напружанасці $E = 2,0 \frac{\text{кВ}}{\text{см}}$.

3. Пунктавы зарад $q = 5,0$ нКл перамяшчаюць у аднародным электростатычным полі, модуль напружанасці якога $E = 40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$. Перамяшчэнне, модуль якога $\Delta r = 8,0$ см, утварае вугал $\alpha = 60^\circ$ з напрамкамі ліній напружанасці поля. Вызначце работу сілы поля, змены патэнцыяльнай і кінетычнай энергій зараду, калі знешняя сіла забяспечвае толькі прамалінейнасць перамяшчэння зараду.

4. Работа, выкананая сілай электростатычнага поля пры пераносе зараду $q = 2,4$ нКл з бясконцасці ў некаторы пункт поля, $A = 72$ нДж. Вызначце патэнцыял гэтага пункта поля. Што зменіцца, калі работу па пераносе першапачаткова нерухомага зараду выконвае знешняя сіла супраць сілы электростатычнага поля? Мінімальнае значэнне работы знешняй сілы $A_{\text{знешн}} = 72$ нДж.

5. Модулі напружанасці двух пунктаў поля, створанага нерухомым пунктавым зарадам, адрозніваюцца ў $\alpha = 9$ разоў. Вызначце, у колькі разоў адрозніваюцца патэнцыялы гэтых пунктаў поля.

6. Электростатычнае поле створана двума рознаіменнымі пунктавымі зарадамі, што знаходзяцца на адлегласці $r = 80$ см адзін ад аднаго, модулі якіх $|Q_1| = |Q_2| = 6,4$ нКл. Вызначце модуль напружанасці і патэнцыял у пункце прасторы, які знаходзіцца на сярэдзіне адрэзка, што злучае гэтыя зарады.



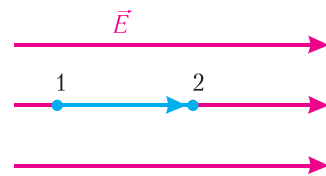
Мал. 117



§ 22. Рознасць патэнцыялаў электростатычнага поля. Напружанне. Сувязь паміж напружаннем і напружанасцю аднароднага электростатычнага поля

Патэнцыяльная энергія любой сістэмы цел, якія ўзаемадзейнічаюць праз патэнцыяльныя сілы, залежыць ад выбару нулявога пункта (нулявога ўзроўню). Аднак змяненне патэнцыяльнай энергіі адназначна характарызуе працэс пераходу сістэмы з аднаго стану ў другі. Гэта датычыцца і змены патэнцыяльнай энергіі зараджанай часціцы (зараду) у электростатычным полі.

Рознасць патэнцыялаў. Перамяшчэнне зараджаных часціц у электростатычным полі, якое суправаджаецца змяненнем іх патэнцыяльнай энергіі, характарызуюць, выкарыстоўваючы паняцце «рознасць патэнцыялаў». Як і прырашчэнне патэнцыяльнай энергіі, рознасць патэнцыялаў не залежыць ад выбару нулявога пункта. Няхай пробны зарад q_0 перамяшчаецца ў электростатычным полі пад дзеяннем сілы поля з пункта 1 у пункт 2, патэнцыялы якіх φ_1 і φ_2 (мал. 118).



Мал. 118

Рознасць патэнцыялаў U_{12} паміж двума пунктамі электростатычнага поля — фізічная скалярная велічыня, роўная адносінам работы, якую выконвае сіла поля пры перамяшчэнні пробнага зараду з пачатковага пункта ў канцавы, да значэння гэтага зараду:

$$U_{12} = \frac{A_{12}}{q_0}.$$

З улікам выразаў (21.3) і (21.4) атрымаем:

$$U_{12} = \frac{W_{п1} - W_{п2}}{q_0} = \frac{\varphi_1 q_0 - \varphi_2 q_0}{q_0} = \varphi_1 - \varphi_2. \quad (22.1)$$

З выразу (22.1) вынікае, што рознасць патэнцыялаў лікава роўная змяншэнню патэнцыяльнай энергіі перамяшчанага ў полі адзінкавага пробнага зараду.

Супрацьлеглую па знаку рознасці патэнцыялаў велічыню называюць прырашчэннем патэнцыялу $\Delta\varphi_{12} = \varphi_2 - \varphi_1 = -(\varphi_1 - \varphi_2) = -U_{12}$.

За адзінку рознасці патэнцыялаў у СІ прымаюць вольт (В). 1 В — рознасць патэнцыялаў U_{12} такіх двух пунктаў поля, для якіх пры перамяшчэнні зараду 1 Кл з пункта 1 у пункт 2 сіла, што дзейнічае на зарад з боку поля, выканала б работу 1 Дж.

Адзначым, што калі гавораць пра «патэнцыял поля ў некаторым пункце», то пад гэтым заўсёды разумеюць рознасць патэнцыялаў паміж дадзеным пунктам і пунктам, патэнцыял поля ў якім прынялі роўным нулю.

Патэнцыял правадніка можна вымераць пры дапамозе электромметра. Для гэтага праваднік злучаюць са стрэлкай электромметра, корпус якога заземляюць. Адхіленне стрэлкі электромметра пакажа наяўнасць рознасці патэнцыялаў паміж правадніком і Зямлёй. Калі прыняць патэнцыял Зямлі роўным нулю, то можна лічыць, што электромметр вымярае патэнцыял правадніка.

Калі ёсць два зараджаныя праваднікі, то, далучыўшы адзін з іх да стрэлкі, а другі — да корпуса электромметра, вымяраюць рознасць патэнцыялаў паміж зараджанымі праваднікамі.

Сувязь паміж напружаннем і напружанасцю аднароднага электрстатычнага поля. Тэрмін «напружанне» ўвёў у 1792 г. Вольта. Адзначым, што для электрстатычных палёў паняцці «электрычнае напружанне» і «рознасць патэнцыялаў» тоесныя.

Работу, выкананую сілай аднароднага электрстатычнага поля напружанасцю \vec{E} пры перамяшчэнні пробнага дадатнага зараду q_0 з пункта 1 з патэнцыялам φ_1 у пункт 2 з патэнцыялам $\varphi_2 < \varphi_1$, можна вызначыць паводле выразу (22.1)

$$A_{12} = q_0(\varphi_1 - \varphi_2),$$

а ў адпаведнасці з выразам (21.1)

$$A_{12} = q_0Ed,$$

дзе d — модуль перамяшчэння зараду ўздоўж лініі напружанасці аднароднага электрстатычнага поля.

Прыраўняем адпаведныя часткі роўнасцей і знойдем выраз, які ўстанаўлівае сувязь паміж модулем напружанасці аднароднага электрстатычнага поля і рознасцю патэнцыялаў, гэта значыць паміж дзвюма характарыстыкамі электрстатычнага поля: $q_0(\varphi_1 - \varphi_2) = q_0Ed$, адкуль

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = -\frac{\Delta\varphi_{12}}{d}. \quad (22.2)$$

З выразу (22.2) вынікае: чым большая рознасць патэнцыялаў паміж двума пунктамі аднароднага электрстатычнага поля, тым большы модуль напружанасці поля. Калі рознасць патэнцыялаў роўная нулю (патэнцыял поля не мяняецца), то модуль напружанасці поля таксама роўны нулю.

Прымаючы пад увагу, што $U_{12} = -\Delta\varphi_{12}$, атрымаем:

$$E = \frac{U_{12}}{d}. \quad (22.3)$$

На падставе формулы (22.3) уводзяць адзінку напружанасці СІ вольт на метр $\left(\frac{\text{В}}{\text{м}}\right)$. 1 $\frac{\text{В}}{\text{м}}$ — модуль напружанасці такога аднароднага электростатычнага поля, у якім напружанне паміж двума пунктамі, размешчанымі на адной і той лініі напружанасці на адлегласці 1 м, складае 1 В.

Выкарыстоўваючы тэрмін «напружанне», на практыцы пункты 1 і 2 поля выбіраюць так, каб $U_{12} > 0$.



Рознасцю патэнцыялаў паміж двума пунктамі электростатычнага поля называюць фізічную скалярную велічыню, роўную адносінам работы, якую выконвае сіла поля пры перамяшчэнні пробнага зараду з пачатковага пункта ў канцавы пункт, да значэння перамяшчанага зараду:

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q_0}$$

Рознасць патэнцыялаў лікава роўная змяншэнню патэнцыяльнай энергіі перамяшчанага ў полі адзінкавага пробнага зараду:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\Delta W_{п12}}{q_0}$$

Работа, выкананая сілай поля пры перамяшчэнні зараду:

$$A_{12} = q_0(\varphi_1 - \varphi_2) = q_0 U_{12}$$

Модуль напружанасці аднароднага электростатычнага поля і рознасць патэнцыялаў (напружанне) звязаны паміж сабой суадносінамі:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{U_{12}}{d},$$

калі пункты 1 і 2 поля выбраны так, што $U_{12} > 0$



1. Што называюць рознасцю патэнцыялаў?
2. Як рознасць патэнцыялаў паміж двума пунктамі поля залежыць ад работы сілы электростатычнага поля?
3. У якіх адзінках вымяраюць рознасць патэнцыялаў?
4. Як звязана напружанне з напружанасцю аднароднага электростатычнага поля?

5. Запоўніце таблицу ў шытку і зрабіце выснову.

№ п/п	Пытанне	Аб'екты для параўнання	
		Напружанасць	Патэнцыял
1	З'яўляецца вектарнай або скалярнай фізічнай велічынёй?		
2	Што характарызуе дадзеная фізічная велічыня?		
3	Як вызначаюць дадзеную фізічную велічыню?		
4	Як вызначаюць дадзеную фізічную велічыню для электростатычнага поля пунктавага зараду?		
5	Чаму роўная работа па перамяшчэнні зараду ў аднародным полі?		
6	Ці выконваецца прынцып суперпазіцыі для дадзенай велічыні?		
7	Як звязаны напружанасць і патэнцыял (рознасць патэнцыялаў)?		

Прыклады рашэння задач

Прыклад 1. Электростатычнае поле створана пунктавым зарадам $Q = 2,4$ нКл. Вызначце работу сілы поля па пераносе пробнага зараду $q_0 = 3,0$ пКл з пункта A ў пункт B , калі пункты знаходзяцца на адлегласцях $r_A = 1,0$ м і $r_B = 4,0$ м ад зараду-крыніцы поля, а асяроддзе — аднароднае рэчыва з дыэлектрычнай пранікальнасцю $\epsilon = 2,0$.

Дадзена:

$$Q = 2,4 \text{ нКл} = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_0 = 3,0 \text{ пКл} = 3,0 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}$$

$$r_A = 1,0 \text{ м}$$

$$r_B = 4,0 \text{ м}$$

$$\epsilon = 2,0$$

$$A_{AB} = ?$$

Рашэнне. Поле электростатычнае, таму работа сілы поля пры пераносе пробнага зараду q_0 з пункта A ў пункт B не залежыць ад формы траекторыі і яе можна вызначыць па формуле $A_{AB} = q_0(\varphi_A - \varphi_B)$. Патэнцыялы

пунктаў A і B у дадзеным асяроддзі $\varphi_A = \frac{kQ}{\epsilon r_A}$

і $\varphi_B = \frac{kQ}{\epsilon r_B}$ адпаведна.

Тады

$$A_{AB} = q_0 \left(\frac{kQ}{\epsilon r_A} - \frac{kQ}{\epsilon r_B} \right) = \frac{kQq_0}{\epsilon} \cdot \frac{r_B - r_A}{r_A r_B}.$$

Падставіўшы лікавыя значэнні, атрымаем

$$A_{AB} = \frac{9,0 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 3,0 \cdot 10^{-12} \text{ Кл} \cdot (4,0 \text{ м} - 1,0 \text{ м})}{2,0 \cdot 1,0 \text{ м} \cdot 4,0 \text{ м}} = 2,4 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}.$$

Адказ: $A_{AB} = 2,4 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$.

Прыклад 2. Электрон пачынае рухацца ў электрычным полі ад пункта 1 да пункта 2. Вызначце модуль скорасці руху электрона ў пункце 2, калі ён па-скараецца рознасцю патэнцыялаў $\varphi_1 - \varphi_2 = -40 \text{ В}$. Модуль зараду электрона $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, а яго маса $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

Дадзена:

$$v_1 = 0$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = -40 \text{ В}$$

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$v_2 = ?$$

Рашэнне. Сіла электрычнага поля выконвае работу па змяненні кінетычнай энергіі электрона: $A_{12} = \Delta W_k$. Работу сілы поля таксама можна вызначыць па формуле $A_{12} = e(\varphi_1 - \varphi_2)$. Тады

$$\Delta W_k = e(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (1)$$

Змена кінетычнай энергіі электрона

$$\Delta W_k = \frac{m_e v_2^2}{2} - \frac{m_e v_1^2}{2}, \text{ дзе } \frac{m_e v_1^2}{2} = 0.$$

Тады з улікам формулы (1) модуль скорасці руху электрона ў пункце 2:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta W_k}{m_e}} = \sqrt{\frac{2e(\varphi_1 - \varphi_2)}{m_e}}.$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot (-40 \text{ В}) \cdot 2}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 3,8 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Адказ: $v_2 = 3,8 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Практыкаванне 16

1. Сіла электростатычнага поля выконвае работу $A = 1,0 \text{ мкДж}$, перамяшчаючы зараджаную часціцу з пункта з патэнцыялам $\varphi_1 = 100 \text{ В}$ у пункт з патэнцыялам $\varphi_2 = 75 \text{ В}$. Вызначце значэнне электрычнага зараду часціцы.

2. Каб у паветры пры атмасферным ціску праскочыла іскра, у ім павінна быць электрстатычнае поле, модуль напружанасці якога не меншы за $E = 3,00 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$. Вызначце рознасць патэнцыялаў паміж воблакам і паверхняй

Зямлі падчас навальніцы, калі даўжыня «іскры» — маланкі — $d = 480 \text{ м}$.

3. Напружанне паміж двума пунктамі, размешчанымі на адной лініі напружанасці аднароднага электрстатычнага поля, $U = 4,8 \text{ кВ}$. Вызначце модуль напружанасці поля, калі адлегласць паміж пунктамі $d = 12 \text{ см}$.

4. Напружанне паміж двума пунктамі, якія знаходзяцца на адной лініі напружанасці аднароднага электрстатычнага поля на адлегласці $r_1 = 1,5 \text{ см}$ адзін ад аднаго, $U_{12} = 18 \text{ В}$. Вызначце напружанне паміж двума пунктамі, размешчанымі на гэтай жа лініі напружанасці на адлегласці $r_2 = 20 \text{ см}$ адзін ад аднаго.

5. Пылінка масай $m = 4,0 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$ знаходзіцца ва ўзважаным стане паміж рознаіменна зараджанымі гарызантальнымі пласцінамі, напружанне паміж якімі $U = 12 \text{ В}$, а адлегласць $d = 4,0 \text{ см}$. Вызначце электрычны зарад пылінкі.

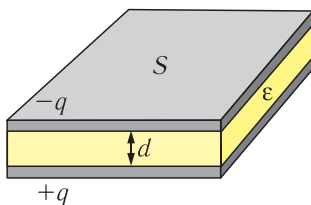
6. Электрон са стану спакою паскараецца ў электрстатычным полі, рухаючыся з пункта 1 у пункт 2. Вызначце напружанне паміж гэтымі пунктамі, калі модуль скорасці руху электрона ў пункце 2 складае $v_2 = 2,7 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Маса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.



§ 22-1
§ 22-2
§ 22-3

§ 23. кандэнсатары. Электраёмістасць кандэнсатара. Электраёмістасць плоскага кандэнсатара

У многіх электратэхнічных і радыётэхнічных прыборах выкарыстоўваюць прылады, здольныя пры малых памерах назапашваць значныя рознаіменныя электрычныя зарады і звязаную з імі электрычную энергію. Якія гэтыя прылады і ад чаго залежаць назапашаныя імі зарады і энергія?



Мал. 119

Кандэнсатары. Для назапашвання значных рознаіменных зарадаў выкарыстоўваюць прыладу, якая называецца *кандэнсатарам* (ад лац. *condensator*, літаральна — той, хто ўшчыльняе, згушчае). Найбольш просты кандэнсатар — сістэма, якая складаецца з двух праваднікоў, падзеленых слоём дыэлектрыка, таўшчыня d якога малая ў параўнанні з памерамі праваднікоў (мал. 119). Праваднікі, якія ўтвараюць