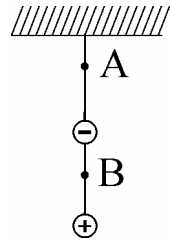


Розділ 6. Електричне поле
Закон Кулона

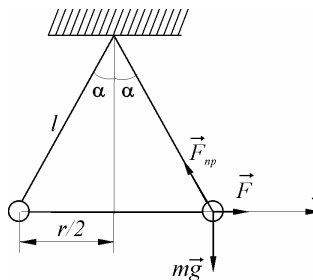
438. Якщо просіювати цукрову пудру через сито, можна побачити, що пудра починає розлітатися в різні сторони. Чому?
439. Якщо розмотувати рулон скотчу в темній кімнаті, то можна помітити, що лінія відриву стрічки від рулону світиться. Чому?
440. На шовковій нитці висять дві заряджені кульки масами 40 мг кожна, модуль заряду яких 2 нКл. Чому дорівнює сила натягу нитки у точці А і В (мал. 42)? Відстань між кульками 2 см.
441. Заряди +10 нКл і +18 нКл розташовані на відстані 12 см один від одного. Яка сила діятиме на заряд +2 нКл, який розміщений на прямій, що з'єднує заряди на відстані 3 см від першого заряду?
442. Три точкові заряди по +7 нКл знаходяться у вершинах рівностороннього трикутника, сторона якого дорівнює 70 см. Визначити сили, що діють на заряди.
443. Дві однакові кульки підвішені на нитках завдовжки 2 м до однієї точки. Коли кулькам надали однакових зарядів по $2 \cdot 10^{-8}$ Кл, вони розійшлися на відстань 16 см. Визначити силу натягу кожної нитки.



Мал. 42

$F_{np} - ?$

$l = 2 \text{ м}$
 $r = 16 \text{ см} = 0,16 \text{ м}$
 $q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$



Розв'язання

На кожну кульку діють три сили: сила тяжіння $m\vec{g}$, сила пружності \vec{F}_{np} і кулонівська сила \vec{F} . Кулька нерухома, отже, сума проекцій сил на осі Ox і Oy дорівнює нулю. Для суми проекцій сил на вісь Ox ця умова має вигляд:

$$F - F_{np} \sin \alpha = 0. \text{ Оскільки } \sin \alpha = \frac{r}{2l}, \text{ а } F = k \frac{q^2}{r^2}, \text{ то}$$

$$F_{np} = \frac{F}{\sin \alpha} = \frac{F \cdot 2l}{r} = k \frac{q^2 \cdot 2l}{r^3}.$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-16} \text{ Кл}^2 \cdot 2 \cdot 2 \text{ м}}{0,004 \text{ м}^3} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$$

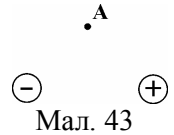
444. Дві кульки, м дотикаючись одна до одної. Після надання кулькам однакового

заряду вони розійшлися на відстань 30 см. Визначити значення заряду на кульках, якщо кут між нитками становить 90° .

445. Дві кульки, масою 0,9 г кожна, підвішені на двох тонких нитках, дотикаючись одна до одної. Визначити відстань, на яку розійдуться кульки, якщо після надання кожній кульці заряду 500 нКл, кут між нитками становить 90° .

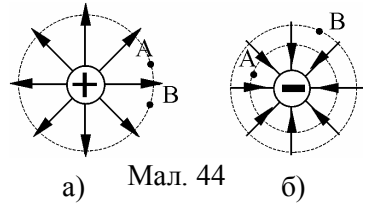
Електричне поле. Напруженість електричного поля

446. Зобразити напрям вектора напруженості електричного поля в точці А, яка лежить на осі симетрії між двома однаковими точковими зарядами (мал. 43).



Мал. 43

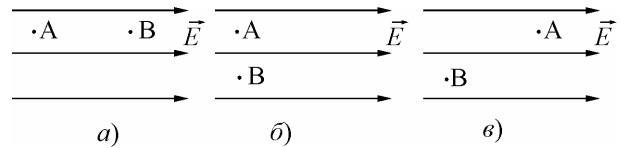
447. Порівняти значення модулів напруженості електричного поля створеного точковим зарядом у точках А і В (мал. 44 а,б).



Мал. 44

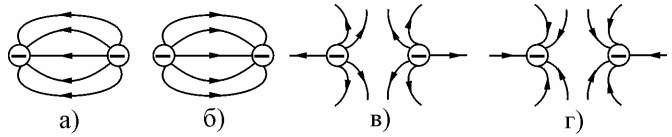
448. Вказати співвідношення між значеннями напруженості E у точках А і В (мал. 45 а – в)

449. У якому випадку відображено силові лінії електричного поля двох точкових негативних зарядів (мал. 46)?



Мал. 45

450. Як зміниться сила взаємодії між двома точковими зарядами, якщо їх занурити в масло?



Мал. 46

451. Напруженість електричного поля у деякій точці на відстані R від точкового заряду дорівнює E . Як зміниться значення модуля напруженості на цій же відстані, якщо заряд помістити у бензин?

452. Чому птахи злітають з проводів високої напруги, коли вмикають струм?

453. Чому фарбування невеликих предметів методом розпилювання економічно вигідніше, якщо між пульверизатором і предметом створити електричне поле?

454. На рухому частинку в електричному полі з напруженістю 400 В/м діє сила $1,2 \cdot 10^{-4}$ Н. Визначити модуль заряду частинки.
455. Визначити напруженість електричного поля у точці, в якій на протон з боку поля діє сила $16 \cdot 10^{-17}$ Н.
456. Напруженість поля точкового заряду на відстані 0,3 м від нього дорівнює 225 В/м. Визначити модуль заряду.
457. Напруженість поля на відстані 5 см від точкового заряду дорівнює 400 кВ/м. Яка напруженість поля в точці, що розташована на відстані 10 см від нього?
458. Порошинка, значення заряду якої $-8 \cdot 10^{-12}$ Кл, утримується у рівновазі в однорідному електричному полі. Визначити масу порошинки і напрям силових ліній поля, напруженість якого $2,45 \cdot 10^3$ В/м. ($g=9,8$ м/с²).

$m - ?$

$q = -8 \cdot 10^{-12}$ Кл

$E = 2,45 \cdot 10^3$ В/м

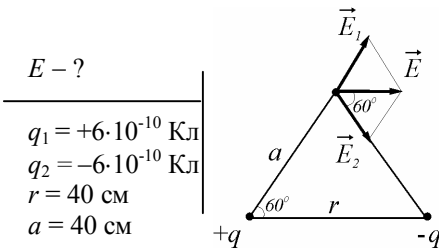
Розв'язання

На порошинку діє сила тяжіння $m\vec{g}$ вертикально вниз і рівна за значенням кулонівська сила $q\vec{E}$ вертикально вгору. Заряд порошинки від'ємний, тому силові лінії електричного поля напрямлені вниз.

$$mg = |q|E, \quad m = \frac{|q|E}{g} = \frac{8 \cdot 10^{-12} \text{ Кл} \cdot 2,45 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}}{9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ кг}$$

459. Порошинка масою 10^{-8} г утримується у рівновазі в однорідному електричному полі. Визначити напруженість електричного поля і напрям силових ліній. Заряд порошинки $9,8 \cdot 10^{-12}$ Кл ($g=9,8$ м/с²).
460. З яким прискоренням рухається порошинка масою $2 \cdot 10^{-6}$ кг в однорідному електричному полі, силові лінії якого спрямовані вертикально вгору, якщо напруженість електричного поля $2 \cdot 10^4$ В/м? Значення заряду порошинки -2 нКл.
461. З яким прискоренням рухається порошинка масою $4 \cdot 10^{-7}$ кг в однорідному електричному полі, силові лінії якого спрямовані вертикально вгору, якщо напруженість електричного поля $2 \cdot 10^3$ В/м? Значення заряду порошинки $+3$ нКл.
462. Порошинка масою $4 \cdot 10^{-7}$ кг опускається в однорідному електричному полі, силові лінії якого спрямовані вертикально вниз, з прискоренням 1 м/с². Яка напруженість електричного поля? Значення заряду порошинки -4 нКл.

463. Заряджена кулька, маса якої 2 г, прикріплена до шовкової нитки і вміщена в однорідне горизонтальне електричне поле напруженістю 10^6 В/м. При цьому нитка утворює з вертикаллю кут 45° . Визначити значення заряду на кульці.
464. Який кут з вертикаллю утворює нитка, на якій висить кулька масою 3,2 г і зарядом $+8$ мкКл, якщо її помістили у горизонтальне однорідне електростатичне поле з напруженістю $4 \cdot 10^3$ В/м?
465. Електричне поле створене двома точковими зарядами $-4 \cdot 10^{-9}$ Кл і $-16 \cdot 10^{-9}$ Кл, які перебувають на відстані 30 см у вакуумі. У якій точці напруженість електричного поля дорівнює нулю?
466. Електричне поле створене двома точковими зарядами -4 нКл і $+16$ нКл, які перебувають на відстані 45 см у вакуумі. У якій точці напруженість електричного поля дорівнює нулю?
467. Заряди $+3 \cdot 10^{-7}$ Кл і $-0,9 \cdot 10^{-7}$ Кл знаходяться у вакуумі на відстані 0,2 м. Визначити напруженість поля в точці, розташованій на лінії, що сполучає заряди, на відстані 0,05 м вправо від другого заряду.
468. Два однакових точкових заряди $+6 \cdot 10^{-10}$ Кл і $-6 \cdot 10^{-9}$ Кл розміщені у вакуумі на відстані 40 см. Визначити напруженість поля у точці, яка знаходиться на відстані 40 см від кожного заряду.



Розв'язання

Оскільки $a = r$, то трикутник з вершинами в точках, де містяться точкові заряди і точкою, де визначають напруженість поля рівносторонній. Шукана напруженість \vec{E} дорівнює геометричній сумі напруженостей полів, створених кожним із зарядів.

Модулі напруженостей кожного заряду дорівнюють

$$E_1 = E_2 = k \frac{|q|}{r^2}. \text{ Діагональ паралелограма, побудованого на}$$

векторах \vec{E}_1 та \vec{E}_2 , визначає напрям напруженості результуючого поля, модуль якої дорівнює:

$$E = 2E_1 \cos 60^\circ = 2k \frac{|q|}{r^2} \cdot \frac{1}{2} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{6 \cdot 10^{-10} \text{Кл}}{0,16 \text{ м}^2} = 33,75 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

469. Два однаков 60 см один від одного. Визначити напруженість поля в точці, що знаходиться на відстані 50 см від кожного з зарядів.
470. Електричне поле створене двома точковими зарядами $-4 \cdot 10^{-9}$ Кл і $+4 \cdot 10^{-9}$ Кл, які перебувають на відстані 10 см у вакуумі. Визначити

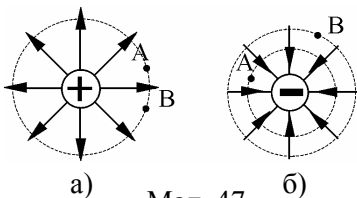
напруженість поля у точці, яка знаходиться на відстані 6 см від першого і 8 см від другого заряду.

471. Електричне поле створене двома однаковими точковими зарядами, значення яких $+4 \cdot 10^9$ Кл, що перебувають на відстані 5 см у вакуумі. Визначити напруженість поля у точці, яка знаходиться на відстані 3 см від першого і 4 см від другого заряду.

Потенціал. Різниця потенціалів

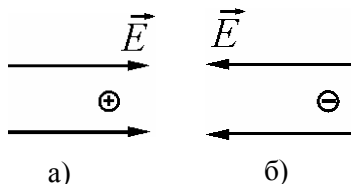
472. Порівняти потенціали електричного поля у точках А і В (мал. 47 а, б).

473. На малюнку 48 а, б зображено початкове положення зарядженої частинки в електричному полі. В якому напрямі у подальшому рухатиметься частинка і який характер її руху? Вказати знак роботи електричного поля.



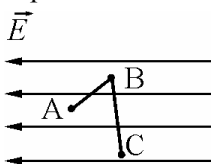
Мал. 47

474. Вказати знак роботи електричного поля з переміщення позитивно зарядженої частинки на ділянках АВ і ВС (мал. 49).

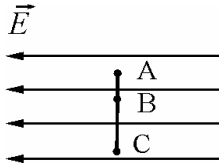


Мал. 48

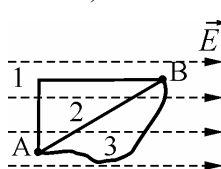
475. Вказати знак роботи електричного поля з переміщення негативно зарядженої частинки на ділянках АВ і ВС (мал. 50).



Мал. 49



Мал. 50



Мал. 51

476. В
о
д
н
о
р

ідному електричному полі переміщується позитивно заряджена частинка з точки 1 у точку 2 за траєкторіями 1, 2, 3, зображеними на малюнку 51. Порівняти роботу сил електричного поля під час переміщення зарядженої частинки вздовж цих траєкторій.

477. Визначити значення заряду, якщо під час його переміщення між двома точками з різницею потенціалів 1000 В електричне поле виконало роботу $1,5 \cdot 10^{-8}$ Дж.

478. Напруженість однорідного електричного поля $1,5 \cdot 10^3$ В/м. Яка різниця потенціалів між двома точками поля, розташованими на відстані 3 см уздовж силової лінії?

479. Яка відстань між двома точками однорідного електричного поля уздовж силової лінії, якщо напруженість поля 5 кВ/м, а різниця потенціалів між цими точками 10 В?
480. В однорідному електричному полі з напруженістю $6 \cdot 10^3$ В/м переміщується заряд $+100$ нКл уздовж силової лінії на 5 см. Визначити виконану роботу і різницю потенціалів двох точок, між якими переміщувався заряд.
481. В однорідному електричному полі з напруженістю $5 \cdot 10^4$ В/м перемістили заряд $+2 \cdot 10^{-9}$ Кл на відстань 10 см під кутом 60° до лінії напруженості. Визначити роботу зовнішньої сили, виконану під час переміщення цього заряду.
482. Електрон з швидкістю $1,5 \cdot 10^7$ м/с влітає в однорідне електричне поле проти силових ліній і пролітає різницю потенціалів 210 В. Знайти прискорення електрона і його швидкість, коли він пройде відстань 7 см? Скільки часу потрібно для досягнення цієї швидкості?

Розв'язання

$$a - ? \quad v_2 - ? \quad t - ?$$

$$v_1 = 1,5 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

$$U = 210 \text{ В}$$

$$d = 7 \text{ см} = 0,07 \text{ м}$$

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

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

Оскільки електрон (заряд від'ємний) рухається проти силових ліній електричного поля (в бік збільшення потенціалу), то його швидкість збільшується і поле виконує додатню роботу. Зміна кінетичної енергії електрона дорівнює роботі електричного поля:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = eU. \quad v_2^2 - v_1^2 = \frac{2eU}{m}. \quad \text{Після підстановки}$$

$$v_2^2 - v_1^2 = \frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 210 \text{ В}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} \approx 74 \cdot 10^{12} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}.$$

$$v_2 \approx 17,3 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad \text{Із законів кінематики} \quad a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}.$$

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a}. \quad a \approx 5,28 \cdot 10^{14} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad t \approx 4,3 \cdot 10^{-9} \text{ с}.$$

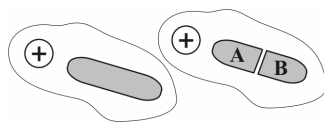
483. Яку різницю свою швидкість від 10^6 м/с до $5 \cdot 10^6$ м/с?
484. Якої швидкості набуде α -частинка, що рухається зі стану спокою уздовж силових ліній в однорідному електричному полі з напруженістю $2 \cdot 10^3$ В/м на шляху 1 см?
485. Електрон влітає в електричне поле з швидкістю $4 \cdot 10^6$ м/с уздовж силової лінії. Визначити з яким прискоренням рухатиметься електрон і яку відстань він пройде до зупинки. Напруженість електричного поля $8 \cdot 10^3$ В/м.

486. З яким прискоренням і який час рухався протон зі стану спокою у напрямі силових ліній в однорідному електричному полі з напруженістю 200 В/м, якщо пройдений шлях становить 4 см?
487. До якої різниці потенціалів треба зарядити горизонтально розташовані на відстані 0,04 м одна від одної пластини, щоб порошок масою $4 \cdot 10^{-12}$ кг, яка має 1000 надлишкових електронів, знаходилася в рівновазі між цими пластинами
488. Між паралельними горизонтальними пластинами, зарядженими до різниці потенціалів 1000 В, утримується в рівновазі порошок, заряд якої $-5 \cdot 10^{-16}$ Кл. Визначити масу порошинки, якщо відстань між пластинами 10^{-2} м. Потенціал якої пластини вищий?
489. З якою метою під час промислового виготовлення порошу його покривають порошком графіту?
490. Чому провідники для дослідів з електростатики роблять порожнистими?

491. Що таке заземлення?

492. Чому навколо антенного кабеля використовують металеву сітку?

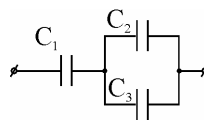
493. Незаряджене тіло з діелектрика внесли в електричне поле точкового заряду. Після цього його розділили на дві частини (мал. 52). Як заряджені ці частини?



Мал. 52

Електроємність. Енергія зарядженого конденсатора

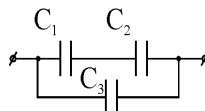
494. Як зміниться ємність плоского повітряного конденсатора, якщо відстань між пластинами зменшити у 2 рази, а простір між ними заповнити діелектриком з діелектричною проникністю 2?



Мал. 53

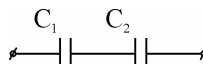
495. Визначити загальну ємність трьох конденсаторів, з'єднаних за схемою, зображеною на малюнку 53. $C_1=60$ мкФ, $C_2=28$ мкФ, $C_3=12$ мкФ.

496. Визначити загальну ємність трьох конденсаторів, з'єднаних за схемою, зображеною на малюнку 54. $C_1=30$ мкФ, $C_2=70$ мкФ, $C_3=20$ мкФ.



Мал. 54

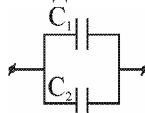
497. Два конденсатори з'єднали так, як показано на малюнку 55. Ємність першого конденсатора 3 мкФ. Визначити ємність другого конденсатора і



Мал. 55

загальну ємність, якщо заряд на першому конденсаторі 60 мкКл, а значення напруги на другому конденсаторі 30 В.

498. Два конденсатори з ємностями $C_1=2$ мкФ і $C_2=3$ мкФ з'єднали так, як показано на малюнку 56. Визначити значення заряду і напруги на другому конденсаторі, якщо заряд на першому конденсаторі $2 \cdot 10^{-4}$ Кл.



Мал. 56

499. Три конденсатори з ємностями $C_1=1$ мкФ, $C_2=1$ мкФ, $C_3=2$ мкФ, з'єднані за схемою, зображеною на малюнку 53, і під'єднані до джерела живлення з напругою 120 В. Визначити заряд і напругу на кожному конденсаторі.

500. Електроємність батареї конденсаторів, зображених на малюнку 54 становить 5,8 мкФ. Яка електроємність і заряд третього конденсатора, якщо $C_1=4$ мкФ, $C_2=1$ мкФ, а напруга на клеммах системи 220 В?

501. Конденсатор ємністю 6 мкФ, заряджений до напруги 400 В, під'єднали паралельно до конденсатора невідомої ємності, зарядженого до напруги 700 В. Яка ємність другого конденсатора, якщо після перерозподілу зарядів напруга на конденсаторах становить 500 В?

Розв'язання

$C_2 = ?$	Заряд на першому конденсаторі $q_1 = C_1 U_1$, на другому
$C_1 = 6$ мкФ	$q_2 = C_2 U_2$. Після з'єднання конденсаторів заряд
$U_1 = 400$ В	$q = q_1 + q_2$, напруга однакова U , ємність $C = C_1 + C_2$.
$U_2 = 700$ В	$C_1 + C_2 = \frac{q}{U} = \frac{q_1 + q_2}{U}$ $C_1 U + C_2 U = C_1 U_1 + C_2 U_2$. Звідси
$U = 500$ В	

502. До конденсатора ємністю 6 мкФ з'єднали паралельно конденсатор ємністю 12 мкФ. Визначити заряд конденсатора ємністю 12 мкФ після перерозподілу.

$C_2 = \frac{C_1(U - U_1)}{U_2 - U} = \frac{6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot (500 \text{ В} - 400 \text{ В})}{700 \text{ В} - 500 \text{ В}} = 3 \text{ мкФ}.$

503. Два конденсатори ємністю 2 мкФ і 4 мкФ з'єднані послідовно і приєднані до джерела живлення з напругою 120 В. Якою буде напруга на кожному конденсаторі?

504. Пластини плоского конденсатора площею 400 см² кожна розділено прошарком слюди товщиною 2 мм. Конденсатор зарядили до напруги 2000 В. Визначити заряд конденсатора.

505. Різниця потенціалів між пластинами плоского повітряного конденсатора 300 В, а заряд $5 \cdot 10^{-9}$ Кл. Яка площа пластини конденсатора, якщо відстань між ними 5 мм?
506. Площа кожної пластини слюдяного конденсатора 36 см², товщина шару діелектрика 10 мм. Визначити енергію конденсатора, якщо різниця потенціалів між його обкладками 300 В.
507. Визначити енергію плоского конденсатора з площею кожної обкладки 200 см². Заряд конденсатора 400 нКл, а діелектриком служить парафінований папір товщиною 4 мм.
508. Електрон влітає у плоский конденсатор паралельно до його пластин зі швидкістю $2 \cdot 10^7$ м/с. Напруженість електричного поля всередині конденсатора $9,1 \cdot 10^3$ В/м, довжина пластин конденсатора 10 см. Визначити зміщення електрона у вертикальному напрямі під час руху в конденсаторі.
509. Всередині конденсатора, який знаходиться у вакуумі, паралельно до його пластин рухаються електрони зі швидкістю 85 000 км/с. Визначити напруженість електричного поля в конденсаторі, якщо за довжини пластин 6,5 см електрони зміщуються до однієї з них на 1,8 мм.
510. Два конденсатори ємностями 2 мкФ і 4 мкФ, заряджені відповідно до напруги 600 В і 1200 В, з'єднали паралельно. Скільки теплоти виділиться при цьому?

Приклад розв'язку завдань для тематичного контролю

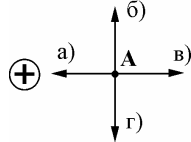
Рівень А (початковий)

1. Як позначається різниця потенціалів?
а) φ ; б) $\varphi_1 - \varphi_2$; в) $\varphi_2 - \varphi_1$; г) E .
2. За яким з нижче наведених виразів можна визначити напруженість електричного поля, створеного точковим зарядом?

а) $\dots = k \frac{|q|}{r^2}$; б) $\dots = k \frac{q}{r}$; в) $\dots = \frac{q}{U}$; г) $\dots = qEd$.

3. Пристрій, що являє собою систему з двох провідних обкладок, розділених шаром діелектрика, товщина якого є малою порівняно з розмірами обкладок, називають.

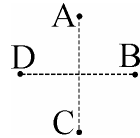
а) ...електроскопом; б) ...електрометром;
в) ...диполем; г) ...конденсатором.



Мал. 1

Рівень В (середній)

1. Який напрям напруженості електричного поля, що створює позитивний заряд у точці А (мал. 1)?
2. Потенціали точок А, В, С, D, розташованих в однорідному електричному полі (мал. 2), пов'язані співвідношеннями $\varphi_A > \varphi_C$, $\varphi_B = \varphi_D$. Визначити напрям силових ліній поля.
а) праворуч; б) ліворуч; в) вгору; г) вниз.



Мал. 2

3. Визначити модуль напруженості поля в точці, в якій на заряд +4 нКл діє сила 0,8 мкН.

Рівень С (достатній)

1. Плоский конденсатор, заряджений до різниці потенціалів 160 В, вміщено в гас. Площа кожної його пластини 250 см^2 , а відстань між ними 1,2 мм. Визначити енергію конденсатора.
2. Яку відстань пролетить електрон до зупинки в однорідному електричному полі напруженістю 150 В/м, якщо він влітає в поле в напрямку ліній напруженості з швидкістю 5000 км/с?

Рівень D (високий)

1. Краплина масла масою $4 \cdot 10^{-10}$ кг опускається з сталим прискоренням $0,2 \text{ м/с}^2$ в однорідному вертикальному електричному полі. Визначити напруженість поля, якщо заряд краплини $+10^{-12}$ Кл ($g=9,8 \text{ м/с}^2$).
2. Пучок протонів, що летить у вакуумі попадає в плоский конденсатор, довжина якого 5,5 см, перпендикулярно до силових ліній поля. Визначити кінетичну енергію протонів при вильоті з конденсатора. Напруженість поля в конденсаторі 30 кВ/м, а протони, пролетівши крізь конденсатор зміщуються на 1,5 мм.

Рівень А (початковий)

1. б

2. а

3. з

Рівень В (середній)

1. в

2. з

3.

 E - ?

$$q = +4 \text{ нКл} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$F = 0,8 \text{ мкН} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

Розв'язання

Модуль напруженості електричного поля визначається співвідношенням $E = \frac{F}{|q|}$. Після підстановки

$$E = \frac{8 \cdot 10^{-5} \text{ Н}}{4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}} = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

Рівень С (достатній)

1.

 W - ?

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = 160 \text{ В}$$

$$S = 250 \text{ см}^2 = 0,025 \text{ м}^2$$

$$d = 1,2 \text{ мм} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\varepsilon = 2,1$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$$

Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову задачі діелектричну проникність гасу і електричну сталу. Ємність плоского конденсатора визначається

співвідношенням $C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$. Після підстановки

$$C = \frac{2,1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 0,025 \text{ м}^2}{1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}} = 0,38 \cdot 10^{-7} \text{ Ф}.$$

Енергія конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{0,38 \cdot 10^{-7} \text{ Ф} \cdot 25600 \text{ В}^2}{2} = 4,9 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}.$$

2.

 d - ?

$$E = 150 \text{ В/м}$$

$$v = 5000 \text{ км/с} =$$

$$= 5 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

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

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Кг}$$

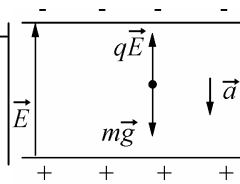
Розв'язання

З короткого фізичного довідника записуємо в умову задачі заряд і масу електрона. Оскільки електрон гальмує, то він летить в напрямку ліній напруженості (в бік зменшення потенціалу). Напрямок сили, що діє на електрон, протилежний до напрямку переміщення, отже робота електричного поля від'ємна. Зміна кінетичної енергії електрона дорівнює роботі електричного поля, тому $0 - \frac{mv^2}{2} = -eEd$. Звідси $d = \frac{mv^2}{2eE}$.

$$\text{Після підстановки } d = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Кг} \cdot 25 \cdot 10^{12} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 150 \frac{\text{В}}{\text{м}}} \approx 0,47 \text{ м}.$$

1.

$$\begin{aligned} E - ? \\ m = 4 \cdot 10^{-10} \text{ кг} \\ q = +10^{-12} \text{ Кл} \\ a = 0,2 \text{ м/с}^2 \end{aligned}$$

*Розв'язання*

Оскільки прискорення краплини менше за прискорення вільного падіння, то на краплину діє сила тяжіння $m\vec{g}$ вертикально вниз і кулонівська сила $q\vec{E}$ вертикально вгору.

Враховуючи те, що знак заряду краплини додатний, лінії напруженості електричного поля напрямлені знизу вгору. Запишемо II закон Ньютона в проекції на вертикальну вісь, напрямлену донизу: $ma = mg - |q|E$.

Звідси $E = \frac{m(g-a)}{|q|}$. Після підстановки

$$E = \frac{4 \cdot 10^{-10} \text{ кг} \cdot \left(10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)}{10^{-12} \text{ Кл}} = 3,92 \cdot 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

2.

 $W_k - ?$

$$\begin{aligned} l = 5,5 \text{ см} = \\ = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \\ E = 30 \text{ кВ/м} = \\ = 30 \cdot 10^3 \text{ В/м} \\ h = 1,5 \text{ мм} = \\ = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\ q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \end{aligned}$$

Розв'язання

В напрямі силових ліній на протони діє сила з боку електричного поля і вони рухаються рівноприскорено з прискоренням $a = \frac{qE}{m}$. Згідно законів кінематики

$$h = \frac{v_1^2}{2a}; \quad h = \frac{at^2}{2}. \quad \text{Тоді швидкість протонів в цьому}$$

напрямку $v_1 = \sqrt{2ah}$. Час руху $t = \sqrt{\frac{2h}{a}}$.

Перпендикулярно до силових ліній протони рухаються рівномірно з швидкістю $v_2 = \frac{l}{t}$. Загальна швидкість

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}. \quad W_k = \frac{mv^2}{2}. \quad \text{Після підстановки}$$

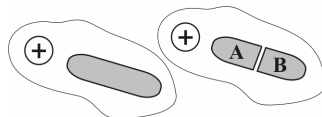
$$W_k = \frac{ma(4h^2 + l^2)}{4h} = \frac{qE(4h^2 + l^2)}{4h}. \quad W_k = 2,43 \cdot 10^{-15} \text{ Дж.}$$

Завдання для тем**Рівень А (початковий)**

- Одиницею електричного заряду є...
 - $\dots 1 \text{ В}$;
 - $\dots 1 \text{ Кл}$;
 - $\dots 1 \text{ Ф}$;
 - $\dots 1 \text{ В/м}$.
- За яким з нижче наведених виразів можна визначити різницю потенціалів
 - $\dots = \frac{A}{q}$;
 - $\dots = qE$;
 - $\dots = \frac{q}{U}$;
 - $\dots = qU$.
- Явище перерозподілу електричних зарядів у провіднику, поміщеному в електростатичне поле, у результаті чого на поверхні провідника виникають електричні заряди, називають...
 - \dots електромагнітної індукцією;
 - \dots електростатичною індукцією;
 - \dots принципом суперпозиції;
 - \dots інерцією.

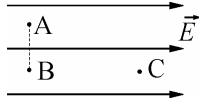
Рівень В (середній)

- Незаряджене металеве тіло внесли в електричне поле точкового заряду. Після цього його розділили на дві частини (мал. 1). Як заряджені ці частини?



Мал. 1

- обидві незаряджені;
 - A-позитивно, B-негативно;
 - A-негативно, B-позитивно;
 - обидві позитивно.
- Порівняти потенціали точок в однорідному електричному полі (мал. 2).
 - $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C$;
 - $\varphi_A > \varphi_B = \varphi_C$;
 - $\varphi_A = \varphi_B > \varphi_C$;
 - $\varphi_A = \varphi_B < \varphi_C$.
 - Робота з переміщення точкового заряду $+8 \cdot 10^{-9}$ Кл у однорідному електричному полі становить $1,6 \cdot 10^{-6}$ Дж. Визначити напругу між точками переміщення.



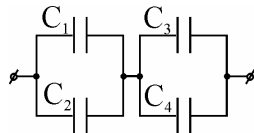
Мал. 2

Рівень С (достатній)

- Визначити ємність чотирьох конденсаторів, з'єднаних за схемою, зображеною на малюнку 3. $C_1=6$ мкФ, $C_2=2$ мкФ, $C_3=4$ мкФ, $C_4=8$ мкФ.
- Якої швидкості набуде електрон, що рухається зі стану спокою в однорідному електричному полі з напруженістю $2 \cdot 10^3$ В/м на шляху 1 см?

Рівень D (високий)

- Два точкових заряди по $+6 \cdot 10^{-8}$ Кл розміщені у вакуумі на відстані 50 см. Визначити напруженість поля у точці, розміщеній на відстані 40 см від першого і 30 см від другого заряду.
- Конденсатор ємністю 1 мкФ, заряджений до напруги 20 В, з'єднують паралельно з конденсатором ємністю 2 мкФ, зарядженим до напруги 50 В. Визначити напругу на конденсаторах після з'єднання.



Мал. 2