

1.4. Задачі для самостійної роботи

Взаємодія точкових зарядів

1.1. Визначити силу взаємодії двох точкових зарядів $Q_1 = Q_2 = 1 \text{ Кл}$, які знаходяться у вакуумі на відстані $r = 1 \text{ м}$ один від одного.

1.2. Дві кульки масою $m = 0,1 \text{ г}$ кожна підвішені в одній точці на нитках завдовжки $l = 20 \text{ см}$ кожна. Отримавши однаковий заряд, кульки віддалились одна від одної так, що нитки утворили між собою кут $\alpha = 60^\circ$. Знайти заряд кожної кульки.

1.3. Дві однаково заряджені кульки підвішені в одній точці на нитках однакової довжини. Кульки занурюють в оливу з густиною $\rho_0 = 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$. Визначити діелектричну проникність ϵ оливи, якщо кут відхилення ниток у разі занурення кульок в оливу залишається незмінним. Густина матеріалу кульок $\rho_0 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

1.4. Маємо дві кульки масою $m = 1 \text{ г}$ кожна. Який заряд Q потрібно надати кулькам, щоб сила взаємного відштовхування зарядів зрівноважила силу взаємного гравітаційного притягання кульок? Розглядати кульки як матеріальні точки.

1.5. В елементарній теорії атома водню припускають, що електрон обертається навколо ядра по коловій орбіті. Визначити швидкість електрона, якщо радіус орбіти $r = 53 \text{ пм}$, а також частоту обертання n електрона.

1.6. У вершинах правильного шестикутника зі стороною $r = 10 \text{ см}$ знаходяться точкові заряди $Q, 2Q, 3Q, 4Q, 5Q, 6Q$ ($Q = 0,1 \text{ мкКл}$). Знайти силу F , що діє на точковий заряд Q , який лежить у площині шестикутника й рівновіддалений від його вершин.

1.7. Дві однакові провідні заряджені кульки знаходяться на відстані $r = 60 \text{ см}$. Сила відштовхування F_1 кульок дорівнює $70 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$. Після зіткнення кульок та віддалення їх одна від одної на попередню відстань сила відштовхування збільшилась до значення $F_2 = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$. Знайти заряди Q_1 та Q_2 , які були на кульках до зіткнення. Діаметр кульок вважати набагато меншим за відстань між ними.

1.8. Дві однакові провідні заряджені кульки знаходяться на відстані $r = 30$ см. Сила притягання F_1 кульок дорівнює 90 мкН. Після з'єднання кульок та віддалення їх одна від одної на попередню відстань, вони почали відштовхуватись із силою $F_2 = 160$ мкН. Знайти заряди Q_1 та Q_2 , які були на кульках до з'єднання. Діаметр кульок вважати набагато меншим за відстань між ними.

1.9. Два додатні точкові заряди Q і $4Q$ закріплено на відстані $l = 60$ см один від одного. Визначити, у якій точці на прямій, що проходить через заряди, потрібно помістити третій заряд Q_1 так, щоб він знаходився у рівновазі. Визначити, який знак повинен мати цей заряд, щоб рівновага була стійкою, якщо переміщення зарядів можливе лише по прямій, що їх з'єднує.

1.10. Відстань між вільними зарядами $Q_1 = 180$ нКл і $Q_2 = 720$ нКл дорівнює 60 см. Визначити, у якій точці на прямій, що проходить через заряди, потрібно помістити третій заряд Q_3 так, щоб система зарядів знаходилась у рівновазі. Визначити величину та знак заряду. Чи буде ця рівновага стійкою?

1.11. Три однакові заряди $Q = 1$ нКл кожен розміщено у вершинах правильного трикутника. Який від'ємний заряд Q_1 потрібно помістити в центр трикутника, щоб сила притягання зрівноважила силу взаємного відштовхування зарядів? Чи буде ця рівновага стійкою?

1.12. У вершинах квадрата знаходяться однакові заряди $Q = 0,3$ нКл кожний. Який негативний заряд Q_1 потрібно помістити в центр квадрата, щоб сила взаємного відштовхування позитивних зарядів зрівноважила силу притягання негативного заряду?

1.13. Яку масу m_p , повинен мати протон для того, щоб сила електростатичного відштовхування двох протонів зрівнялась з силою їх гравітаційного притягання?

1.14. Є дві системи точкових зарядів $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_{N_1}$ та $q'_1, q'_2, \dots, q'_k, \dots, q'_{N_2}$, закріплених у точках з радіусами-векторами $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_i, \dots, \vec{r}_{N_1}$ та $\vec{r}'_1, \vec{r}'_2, \dots, \vec{r}'_k, \dots, \vec{r}'_{N_2}$. Знайти силу \vec{F} , з якою система зарядів q'_k діє на систему зарядів q_i .

1.15. Обчислити відношення електростатичної і гравітаційної сил взаємодії між двома електронами, між двома фотонами. За

якого значення питомого заряду q / m частинки ці сили стали б однаковими за модулем?

1.16. Із якою силою взаємодіяли б дві мідні кульки, маса кожної з яких 1 г, що знаходяться на відстані 1 м одна від одної, якщо б сумарний заряд усіх електронів у них відрізнявся на 1% від сумарного заряду всіх ядер?

1.17. Дві невеликі однаково заряджені кульки масою m кожна закріплено в одній точці на шовкових нитках завдовжки l . Відстань між кульками $x \ll l$. Знайти швидкість утікання зарядів dq / dt кожної кульки, якщо швидкість їх зближення змінюється за законом $V = a / \sqrt{x}$, де a – стала.

1.18. Два позитивні заряди q_1 та q_2 знаходяться в точках з радіусами-векторами \vec{r}_1 та \vec{r}_2 . Знайти негативний заряд q_3 і радіус-вектор \vec{r}_3 точки, у яку його потрібно помістити, щоб сила, що діє на кожний з цих трьох зарядів, дорівнювала нулеві.

Взаємодія точкового заряду із зарядом, рівномірно розподіленим по стрижню та кільцю

1.19. Тонкий стрижень завдовжки $l = 10$ см рівномірно заряджений. Лінійна густина τ заряду дорівнює 10^3 нКл/м. На продовженні осі стрижня на відстані $a = 20$ см від його кінця знаходиться точковий заряд $Q = 100$ нКл. Визначити силу F взаємодії стрижня і точкового заряду.

1.20. Тонкий довгий стрижень, рівномірно заряджений з лінійною густиною τ заряду, що дорівнює 10^4 нКл/м. На продовженні осі стрижня на відстані $a = 20$ см від його кінця знаходиться точковий заряд $Q = 10$ нКл. Визначити силу F взаємодії зарядженого стрижня і точкового заряду.

1.21. На тонкому півколі з радіусом $R = 10$ см рівномірно розподілений заряд з лінійною густиною $\tau = 10^3$ нКл/м. У центрі півкола знаходиться точковий заряд $Q = 20$ нКл. Визначити силу F взаємодії точкового заряду та зарядженого півкола.

1.22. Тонка нитка завдовжки $l = 20$ см, заряджена з лінійною густиною $\tau = 10$ нКл/м. На відстані $a = 10$ см від нитки, навпроти її середини, знаходиться точковий заряд $Q = 1$ нКл. Визначити силу F , що діє на цей заряд з боку нитки.

1.23. Тонкий довгий стрижень, рівномірно заряджений, з лінійною густиною $\tau = 10^4$ нКл/м. Яка сила F діє на точковий заряд $Q = 10$ нКл, що знаходиться на відстані $a = 20$ см від стрижня поряд з його серединою?

1.24. Тонка нескінченна нитка, зігнута під кутом 90° . На нитці рівномірно розподілений заряд з лінійною густиною $\tau = 1$ мкКл/м. Визначити силу F , що діє на точковий заряд $Q = 0,1$ мкКл, який знаходиться на одній зі сторін на відстані $a = 50$ см від вершини кута.

1.25. На тонкому кільці, радіус якого $R = 10$ см, рівномірно розподілений заряд $Q = 10^2$ нКл. На перпендикулярі до площини кільця, проведеному з його центра, знаходиться точковий заряд $Q_1 = 10$ нКл. Визначити силу F , що діє на точковий заряд Q з боку зарядженого кола, якщо він віддалений від центра кільця на: 1) $l_1 = 20$ см; 2) $l_2 = 2$ м.

1.26. По тонкому колу радіусом $R = 10$ см рівномірно розподілений заряд з лінійною густиною $\tau = 1$ нКл/м. У центрі кола знаходиться заряд $Q_0 = 400$ нКл. Визначити силу F , що розтягує коло. Взаємодією зарядів кола знехтувати.

1.27. По тілу об'ємом V розподілений заряд q з густиною $\rho = \rho(\vec{r})$; по тілу об'ємом V' розподілений заряд q' з густиною $\rho = \rho(\vec{r}')$. Записати вираз для сили \vec{F} , з якою заряд q' діє на заряд q .

1.28. Яка сила діє на електрон, що знаходиться в порожнині, створеній зарядженим сферичним шаром, якщо об'ємна густина ρ заряду в шарі залежить тільки від відстані до центра?

1.29. Тонке дротяне кільце радіусом $r = 100$ мм має електричний заряд $q = 50$ мкКл. Яким буде приріст сили, що розтягує дріт, якщо в центрі кільця розмістити точковий заряд $q_0 = 7$ мкКл?