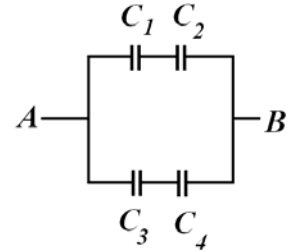


**Типові задачі на екзамен з курсу “Електрика та магнетизм ” 2010 року**

**1. Електростатика**

**Задача 1.1.** Дві однакові залізні кульки об'ємом  $V = 25 \text{ мм}^3$  підвішені в одній точці на тонких нитках довжиною  $L = 0,5 \text{ м}$  кожна та знаходяться в гасі  $\epsilon = 2$ . Діставши однаковий заряд, вони, відштовхнувшись, розійшлися на відстань  $r = 3 \text{ см}$  між їхніми центрами. Визначити заряд кожної кульки. Густина гасу  $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$ , густина заліза  $\rho_{Fe} = 7,8 \text{ г/см}^3$

**Задача 1.2.** Конденсатори електроємністю конденсаторів:  $C_1 = 0,2 \text{ мкФ}$ ,  $C_2 = 0,6 \text{ мкФ}$ ,  $C_3 = 0,3 \text{ мкФ}$ ,  $C_4 = 0,5 \text{ мкФ}$ , з'єднані так як показано на рис. Різниця потенціалів  $U$  між точками  $A$  і  $B$  дорівнює  $100 \text{ В}$ . Знайти різницю потенціалів  $U_i$  і заряд  $q_i$  на пластинах кожного конденсатора



**Задача 1.3.** Нескінченно велика пластина однорідного діелектрика з діелектричною проникливістю  $\epsilon$  заряджена рівномірно стороннім зарядом з об'ємною густиною  $\rho$ . Товщина пластини  $2d$ . Знайти: а) модуль напруженості електричного поля та потенціал як функції відстані  $x$  до середини пластини (потенціал в середині пластини покласти рівним нулю); взявши вісь  $x$  перпендикулярно до пластини, зобразити графіки залежності проекції  $E_x(x)$  та потенціалу  $\varphi(x)$ ; б) поверхневу та об'ємну густину зв'язаних зарядів в діелектрику.

**Задача 1.4.** Знайти напруженість електричного поля в центрі рівномірно зарядженої півсфери, якщо поверхнева густина заряду дорівнює  $\sigma_2 = 50 \text{ нКл/см}^2$ .

**Задача 1.5.** Дві металеві кулі діаметрами  $d_1 = 4 \text{ см}$  і  $d_2 = 2 \text{ см}$  з'єднані провідником. До з'єднання на кулях знаходились заряди  $q_1 = 2,0 \text{ нКл}$  і  $q_2 = 3,0 \text{ нКл}$ . Яким буде потенціал куль після їх з'єднання?

**Задача 1.6.** Куля радіусу  $R$  має додатній заряд, об'ємна густина якого залежить тільки від відстані  $r$  до її центру по закону  $\rho = \rho_0(1 - r/R)$ , де  $\rho_0$  – стала. Вважаючи, що діелектричну проникливість кулі та оточуючого її простору дорівнює  $\epsilon = 1$ , знайти: а) модуль вектора напруженості електричного поля всередині та зовні кулі як функцію  $r$ ; б) максимальне значення модуля напруженості  $E_{max}$  та відповідне йому значення  $r_m$ . в) намалювати графік  $E(r)$  та дати фізичне тлумачення отриманим результатам, порівнявши їх з полем однорідної кулі, зарядженої з густиною  $\rho = \rho_0$ .

**Задача 1.7.** Сферичний конденсатор уявляє собою дві концентричні сфери радіусів  $R_1$  та  $R_2 > R_1$ , простір між яким заповнений діелектриком з діелектричною проникливістю  $\epsilon$ . Заряди на внутрішній та зовнішній сферах дорівнюють відповідно  $+q$  та  $-q$ . Визначити напруженість поля  $E$  та потенціал  $\varphi$  всередині та зовні поверхні. Побудувати графіки залежностей  $D(r)$ ,  $E(r)$  та  $\varphi(r)$ , де  $r$  - відстань до центра сфери.

**Задача 1.8.** Тонка нескінченна нитка зігнута під кутом  $90^\circ$ . Нитка несе заряд, що рівномірно розподілений з лінійною густиною  $\tau = 10 \text{ мкКл/м}$ . Визначити силу  $F$ , що діє на точковий заряд  $q = 20 \text{ нКл}$ , який розташований на продовженні однієї з сторін та віддалений від вершини кута на  $a = 50 \text{ см}$ .

**Задача 1.9.** Суцільна парафінова ( $\epsilon = 2$ ) куля радіусом  $R = 10 \text{ см}$  рівномірно заряджена з об'ємною густиною  $\rho = 1 \text{ мкКл/м}^3$ . Знайти залежність індукції  $D(r)$ , напруженості  $E(r)$ , та потенціалу  $\varphi(r)$  електричного поля від радіусу. Знайти значення потенціалу в центрі кулі і на її поверхні. Побудувати графік залежності  $D(r)$ ,  $E(r)$  та  $\varphi(r)$ .

**Задача 1.10.** Зазор між обкладинками плоского конденсатора заповнено двома діелектричними прошарками 1 та 2 товщиною  $d_1$  та  $d_2$  з проникливостями  $\epsilon_1$  та  $\epsilon_2$  та питомими опорамі  $\rho_1$  та  $\rho_2$ . Конденсатор знаходиться під сталою напругою  $U$ , причому електричне поле направлено від прошарку 1 до прошарку 2. Знайти  $\sigma$  – поверхневу густина сторонніх зарядів на межі розподілу діелектричних прошарків та умову, при якій  $\sigma = 0$ . Намалювати якісний розподіл індукції  $D(x)$ , напруженості  $E(x)$ , потенціалу  $\varphi(x)$  електричного поля в конденсаторі, де  $x$  - координата вздовж осі, перпендикулярній обкладинкам конденсатора.

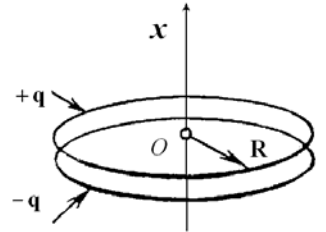
**Задача 1.11.** На відстані  $l$  від нескінченної провідної площини розташована у вакуумі невелика металева куля радіусу  $a \ll l$ . Знайти ємність системи.

**Задача 1.12.** У поверхні фарфору ( $\epsilon = 7$ ) напруженість електричного поля в повітрі  $200 \text{ В/см}$ . Напрямок поля утворює з нормаллю до поверхні кут  $35^\circ$ . Визначити: а) кут між напрямком поля та нормаллю в фарфорі; б) напруженість поля в фарфорі; в) густину сторонніх зарядів на межі фарфор-повітря.

**Задача 1.13.** Всередині плоского конденсатора знаходиться паралельна обкладинкам пластинка, товщина якої складає  $\eta = 0,5$  частини зазору між обкладинками. Ємність конденсатора у відсутності пластинки  $C = 10 \text{ нФ}$ . Конденсатор спочатку підключили паралельно до джерела сталої напруги  $U = 100 \text{ В}$ , потім відключили та після цього повільно вийняли пластинку із зазору. Знайти роботу, затрачену на те щоб вийняти пластинку, якщо пластинка а) металічна; б) скляна ( $\epsilon = 2$ ).

**Задача 1.14.** Два конденсатора електричними ємностями  $C_1 = 3 \text{ мкФ}$  та  $C_2 = 6 \text{ мкФ}$  з'єднані між собою та приєднані до батареї з ЕРС  $\epsilon = 120 \text{ В}$ . Визначити заряди  $q_1$  та  $q_2$  конденсаторів та різниці потенціалів  $U_1$  та  $U_2$  між їх обкладинками, якщо конденсатори з'єднані: 1) паралельно; 2) послідовно.

**Задача 1.15.** Два коаксіальних кільця, кожне радіусом  $R$ , з тонкої проволочки знаходяться на малій відстані  $l$  один від одного ( $l \ll R$ ) та мають заряди  $q$  і  $-q$ . Знайти потенціал та напруженість електричного поля на вісі системи як функцію координати  $x$ . Зобразити на одному малюнку графіки отриманих залежностей. Дослідити ці функції при  $|x| \gg R$ .



**Задача 1.16.** Металічна кулька радіусу  $R = 2 \text{ см}$  має заряд  $q = 20 \text{ мкКл}$ . Знайти модуль вектора результуючої сили, яка діє на заряд, розташований на одній половині кульки.

**Задача 1.17.** Усередині кулі з однорідного ізотропного діелектрика з  $\epsilon = 5,0$  створено однорідне електричне поле напруженості  $E = 300 \text{ В/м}$ . Радіус кулі  $R = 3,0 \text{ см}$ . Знайти максимальну поверхневу густину зв'язаних зарядів та повний зв'язаний заряд одного знаку.

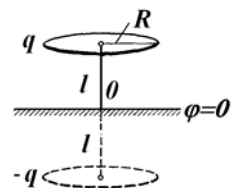
**Задача 1.18.** Нескінченна циліндрична поверхня радіуса  $R$  заряджена зі сталою лінійною густиною  $\lambda$  та знаходиться в діелектричному середовищі з проникливістю  $\epsilon$ . Визначити індукцію електричного поля  $\vec{D}$ , напруженість  $E$  та потенціал  $\phi$  всередині та зовні поверхні, приймаючи потенціал поверхні циліндра рівним нулю. Побудувати якісні графіки залежностей  $D$ ,  $E$  та  $\phi$  від відстані  $r$  до вісі циліндра.

**Задача 1.19.** Точковий заряд  $q$  знаходиться на площині, що відокремлює два необмежених однорідних ізотропних діелектрика з проникливостями  $\epsilon_1$  та  $\epsilon_2$ . Знайти модулі векторів  $\vec{D}$  та  $\vec{E}$  та потенціал  $\phi$  як функцію відстані  $r$  до заряду  $q$  в обох середовищах.

**Задача 1.20.** Між обкладинками плоского конденсатора, площа яких  $S = 100 \text{ см}^2$ , знаходяться дві плоско паралельні пластинки з фарфору ( $\epsilon_1 = 7$ ) та з ебоніту ( $\epsilon_2 = 3$ ) однакової товщини ( $d_1 = d_2 = 1 \text{ см}$ ). Відстань між обкладинками конденсатора  $d = 2 \text{ см}$ . До обкладинок прикладена різниця потенціалів  $U = 300 \text{ В}$ . Визначити: а) індукцію та напруженість електричного поля в кожному діелектрику; б) спад напруги в кожному діелектрику; в) ємність конденсатора; г) поверхневу густину заряду на обкладинках конденсатора та межі розподілу діелектриків; д) густину енергії електричного поля в кожному діелектрику; е) повну енергію конденсатора.

**Задача 1.21.** Заряд  $q = 100 \text{ нКл}$  рівномірно розподілений уздовж тонкого кільця радіуса  $R = 3 \text{ см}$ . Визначити силу, з якою заряд кільця діє на точковий заряд  $q_2 = 1 \text{ нКл}$ , що знаходиться на відстані  $h = 10 \text{ см}$  від центра кільця вздовж його осі.

**Задача 1.22.** Тонке провідне кільце радіусом  $R$ , що має заряд  $q$ , розташоване паралельно провідній безмежній площині на відстані  $l$  від неї. Знайти: 1) поверхневу густину заряду в точці площини, розташованій симетрично відносно кільця; 2) напруженість електричного поля в точці над площиною, розташованою симетрично відносно кільця; 3) потенціал електричного поля в центрі кільця.

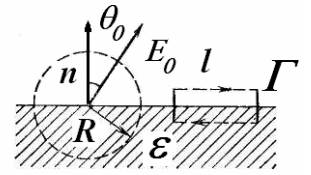


**Задача 1.23.** Точковий заряд  $q = 3 \text{ мкКл}$  знаходиться в центрі кульового шару з діелектричною проникністю  $\epsilon = 3$ . Внутрішній радіус шару  $a = 250 \text{ мм}$ , зовнішній -  $b = 300 \text{ мм}$ . Знайти електричну енергію шару діелектрика та поверхневу густину зв'язаних зарядів на внутрішній та зовнішній поверхні шару. Намалювати графіки залежності напруженості  $E(r)$  та індукції електричного поля  $D(r)$  від радіусу.

**Задача 1.24.** На плоский повітряний конденсатор з товщиною повітряного шару  $d = 1,5 \text{ см}$  подається напруга  $39 \text{ кВ}$ . Чи буде пробитий конденсатор, якщо гранична напруженість в повітрі дорівнює  $E_{1m} = 30 \text{ кВ/см}$ ? Чи буде пробитий конденсатор, якщо всередину його ввести паралельно стінкам скляну пластинку завтовшки  $d_2 = 0,3 \text{ см}$ ? Що буде у випадку  $d_2 = 0,5 \text{ см}$ ? Гранична напруженість для скла дорівнює  $E_{2m} = 100 \text{ кВ/см}$ .

**Задача 1.25.** Зазор між обкладинками плоского конденсатора заповнений ізотропним діелектриком, проникливість  $\epsilon$  якого змінюється в перпендикулярному до обкладинок напрямку по лінійному закону від значення  $\epsilon_1$  до  $\epsilon_2$ , причому  $\epsilon_2 > \epsilon_1$ . Площа кожної обкладки  $S$ , відстань між ними  $d$ . Знайти: а) ємність конденсатора; б) об'ємну густину зв'язаних зарядів як функцію  $\epsilon$ , якщо заряд конденсатора  $q$  та напруженість електричного поля  $\vec{E}$  в ньому направлена в сторону зростання  $\epsilon$ ; в) енергію конденсатора.

**Задача 1.26.** Біля плоскої поверхні однорідного діелектрика з проникливістю  $\epsilon$  напруженість електричного поля в вакуумі дорівнює  $E_0$ , причому вектор  $E_0$  складає кут  $\theta_0$  з нормаллю до поверхні діелектрика. Вважаючи поле всередині та зовні діелектрика однорідним, знайти: а) потік вектора  $E$  через сферу радіусу  $R$  з центром на поверхні діелектрика; б) циркуляцію вектора  $D$  по контуру  $\Gamma$  довжиною  $l$ , площина якого перпендикулярна до поверхні діелектрика та паралельна вектору  $E_0$ .



**Задача 1.27.** Простір між обкладками плоского конденсатора заповнений послідовно двома діелектричними прошарками 1 та 2 з товщиною  $d_1$  та  $d_2$ , відповідно, та з діелектричними проникливостями  $\epsilon_1$  та  $\epsilon_2$ . Площа кожної обкладки дорівнює  $S$ . Знайти: а) ємність конденсатора; б) густину об'ємних зв'язаних зарядів  $\rho'$  та поверхневу густину зв'язаних зарядів  $\sigma'$  на межі розділу діелектричних прошарків, якщо напруга на конденсаторі дорівнює  $U$ , а електричне поле направлено від прошарку 1 до прошарку 2; в) енергію електричного поля конденсатора.

**Задача 1.28.** Тонке напівкільце радіусом  $R = 10$  см несе заряд, рівномірно розподілений з лінійною густиною  $\tau = 1$  нКл/м. В центрі кривизни напівкільця заходиться заряд  $q = 20$  нКл. Визначити силу  $F$  взаємодії точкового заряду та зарядженого напівкільця.

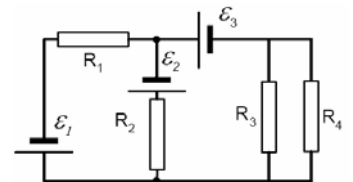
**Задача 1.29.** Тонка кругла пластинка несе рівномірно розподілений по площині заряд  $q = 1$  нКл. Радіус  $R$  пластинки дорівнює  $1$  см. Знайти потенціал  $\varphi(x)$  та напруженість електричного поля  $E(x)$  на осі, що проходить через центр пластинки перпендикулярно до неї ( $x$  - відстань до центра пластинки). Намалювати графіки потенціалу  $\varphi(x)$  та напруженості електричного поля  $E(x)$ . Визначити потенціал  $\varphi$  та напруженості електричного поля  $E(x)$  в двох точках: 1) в центрі пластинки; 2) в точці, яка лежить на осі, що перпендикулярна до площини пластинки і відстоїть від центра пластинки на відстані  $a = 10$  см.

**Задача 1.30.** Куля радіусу  $R$  заряджена з об'ємною густиною заряду  $\rho(r) = \vec{a} \cdot \vec{r}$  і поверхневою густиною заряду  $\sigma$  ( $\vec{a}$  - постійний вектор). Знайти напруженість електричного поля в центрі кулі.

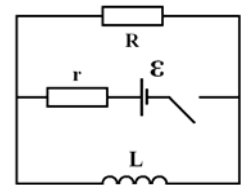
**Задача 1.31.** Металева куля радіуса  $R = 3$  см занурена наполовину в гас ( $\epsilon = 2$ ). Який повний заряд кулі, якщо вона заряджена до потенціалу  $\varphi = 900$  В? Знайти поверхневу густину вільного заряду на півкулях. Знайти поверхневу густину зв'язаного заряду біля півкулі, що межує з діелектриком. Намалювати картину ліній  $E$ ,  $D$ , та екіпотенціальних поверхонь у випадку  $\epsilon = 2$ . Що відбудеться з вільними зарядами, якщо металева куля повністю зануриться в гас?

## 2. Сталий електричний струм

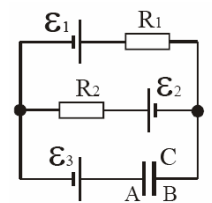
**Задача 2.1.** У зображеному електричному колі  $\epsilon_1 = 1$  В,  $\epsilon_2 = 2$  В,  $\epsilon_3 = 3$  В,  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 3$  Ом,  $R_4 = 4$  Ом, Знайти струми в розгалуженнях кола.



**Задача 2.2.** Знайти струм, що протікає через індуктивність  $L$ , та струми через опори  $R$  та  $r$  після замикання ключа  $K$  у колі, зображеному на рис. (величини  $E, R, r, L$  задано). Намалювати графіки  $I_r(t)$ ,  $I_R(t)$ ,  $I_L(t)$  у випадку  $r = R$ .



**Задача 2.3.** Знайти струм зарядки конденсатора  $C$  та струми через опори  $R$  та  $r$  після замикання ключа  $K$  у колі, зображеному на рис. (величини  $E, R, r, C$  задано). Намалювати графіки  $I_r(t)$ ,  $I_R(t)$ ,  $I_C(t)$  у випадку  $r = R$ .



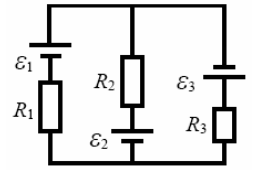
**Задача 2.4.** Знайти різницю потенціалів  $\varphi_A - \varphi_B$  в схемі, зображеній на рис.

**Задача 2.5.** Визначити, яка потужність передається споживачу, що знаходиться на відстані  $L = 10$  км від електростанції. Напруга на шинах електростанції  $U = 6000$  В, втрати її не перевищують  $\eta = 3\%$ , маса мідних проводів (питомий опір міді  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м, густина міді  $\rho_m = 8,93$  г/см<sup>3</sup>) двопровідної лінії  $m = 3000$  кг.

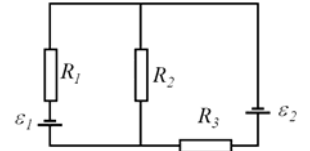
**Задача 2.6.** Знайти розподіл густини струму по поперечному перетину циліндричного провідника як функцію відстані до осі  $r$  якщо індукція магнітного поля всередині провідника залежить від радіусу  $r$  як  $B = br^\alpha$ , де  $b$  і  $\alpha$  - додатні сталі.

**Задача 2.7.** Струм від магістралі до споживача підводиться по мідній провідці загальною довжиною  $49 \text{ м}$  і площею поперечного перетину  $2,5 \text{ мм}^2$ . Напруга в магістралі дорівнює  $120 \text{ В}$ . Споживач має намір зробити електричну піч потужністю  $600 \text{ Вт}$ . Який опір повинен бути у печі?

**Задача 2.8.** Відомі значення ЕДС джерел  $\varepsilon_1 = 1,5 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 2 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 4 \text{ В}$ , опори  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 30 \text{ Ом}$ . Нехтуючи внутрішнім опором джерел, знайти силу струмів, що протікають через опори.

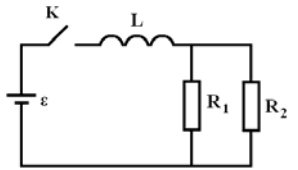


**Задача 2.9.** Визначити силу струму в ділянках кола, якщо  $\varepsilon_1 = 20 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 10 \text{ В}$ ,  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ . Внутрішнім опором елементів знехтувати.



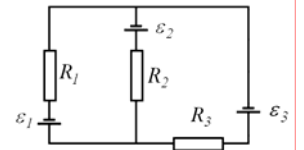
**Задача 2.10.** Довгий провідник круглого перерізу площею  $S$  зроблений з матеріалу, питомий опір якого залежить тільки від відстані  $r$  до осі провідника згідно із законом  $\rho = \alpha / r^2$  де  $\alpha$  – стала. Знайти: а) опір одиниці довжини такого провідника; б) напруженість електричного поля в провіднику, при якій по ньому протікатиме струм  $I$ .

**Задача 2.11.** Два конденсатора електричними ємностями  $C_1 = 3 \text{ мкФ}$  та  $C_2 = 6 \text{ мкФ}$  з'єднані між собою та приєднані до батареї з ЕРС  $\varepsilon = 120 \text{ В}$ . Визначити заряди  $q_1$  та  $q_2$  конденсаторів та різниці потенціалів  $U_1$  та  $U_2$  між їх обкладинками, якщо конденсатори з'єднані: 1) паралельно; 2) послідовно.

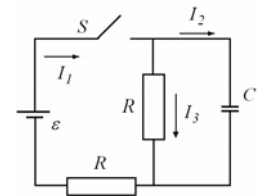


**Задача 2.12.** У схемі, зображеній на рис. задані ЕДС джерела  $\varepsilon$ , внутрішній опір якого дорівнює нулю, індуктивність котушки  $L$  та опори резисторів  $R_1$  і  $R_2 = 2R_1$ . У момент часу  $t = 0$  замикають ключ. Знайти залежність сили струму  $I_1(t)$ , що пройшов через резистор  $R_1$  від часу.

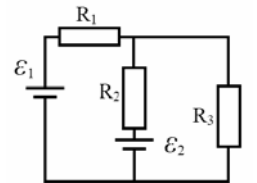
**Задача 2.13.** Визначити силу струму в ділянках кола, якщо  $\varepsilon_1 = 20 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 10 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 5 \text{ В}$ ,  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ . Внутрішнім опором елементів знехтувати.



**Задача 2.14.** Знайти закон зміни в часі сили струму, який проходить у колі з ємністю  $C$  після замикання ключа  $S$  у момент  $t = 0$ . Як залежить час встановлення струму від величини ємності  $C$ ? Намалювати якісні графіки залежності струмів  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  від часу.



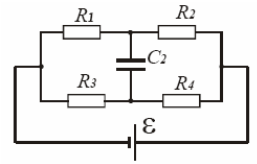
**Задача 2.15.** Визначити сили струмів в окремих ділянках кола, показаного на рис., якщо  $\varepsilon_1 = 130 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 117 \text{ В}$ ,  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 0,6 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 24 \text{ Ом}$ .



**Задача 2.16.** Радіуси обкладинок сферичного конденсатора дорівнюють  $a$  і  $b$ , причому  $a < b$ . Простір між обкладинками заповнений однорідною речовиною з діелектричною проникливістю  $\varepsilon$  та питомим опором  $\rho$ . Спочатку конденсатор не заряджений. В момент  $t = 0$  внутрішній обкладинці надали заряд  $q_0$ . Знайти: а) закон зміни в часі заряду на внутрішній обкладинці; б) кількість тепла, що виділяється при стіканні заряду.

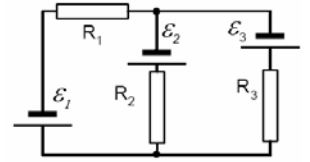
**Задача 2.17.** Визначити роботу електричних сил і кількість теплоти, що виділяється в струмом за  $1 \text{ с}$  у наступних випадках: а) у провіднику, по якому йде струм  $I \text{ А}$ ; напруга між кінцями провідника дорівнює  $2 \text{ В}$ ; б) у акумуляторі, який заряджається струмом  $I \text{ А}$ ; напруга між полюсами акумулятора дорівнює  $2 \text{ В}$ ; ЕРС акумулятора дорівнює  $1,3 \text{ В}$ ; в) у батареї акумуляторів, яка дає струм  $I \text{ А}$  на зовнішній опір; напруга між полюсами акумулятора дорівнює  $2 \text{ В}$ ; ЕРС батареї дорівнює  $2,6 \text{ В}$ .

**Задача 2.18.** У схемі, зображеній на рис., знайти заряд верхньої пластини конденсатора.

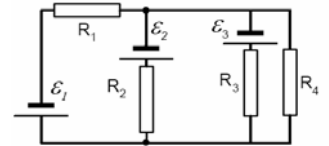


**Задача 2.19.** ЕРС  $\mathcal{E}$  батареї дорівнює  $20\text{ В}$ . Опір  $R$  зовнішнього кола дорівнює  $2\text{ Ом}$ , сила струму  $I = 4\text{ А}$ . Знайти ККД батареї. При якому значенні зовнішнього опору  $R$  ККД буде  $99\%$ ? Намалювати якісний графік залежності ККД від значення зовнішнього опору  $R$ .

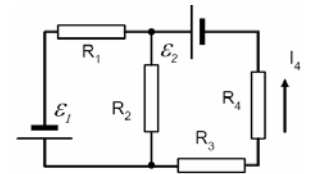
**Задача 2.20.** У зображеному електричному колі  $\varepsilon_1 = 1\text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 2\text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 3\text{ В}$ ,  $R_1 = 1\text{ Ом}$ ,  $R_2 = 1\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 1\text{ Ом}$ . Знайти струми в розгалуженнях кола.



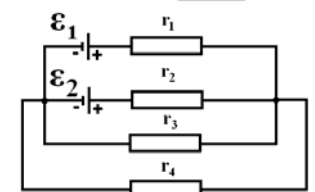
**Задача 2.21.** У зображеному електричному колі  $\varepsilon_1 = 1\text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 2\text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 3\text{ В}$ ,  $R_1 = 1\text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3\text{ Ом}$ ,  $R_4 = 4\text{ Ом}$ . Знайти струми в розгалуженнях кола.



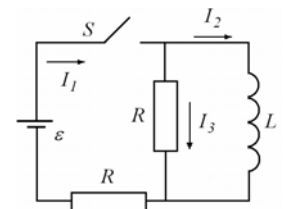
**Задача 2.22.** У зображеному електричному колі  $\varepsilon_1 = 10\text{ В}$ ,  $R_1 = 1\text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2\text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3\text{ Ом}$ ,  $R_4 = 4\text{ Ом}$ ,  $I_4 = 4\text{ А}$ . Знайти  $\varepsilon_2$ .



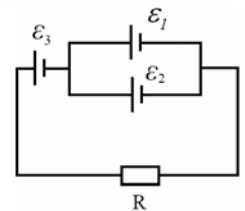
Визначити струми у всіх гілках кола, представленого на рис., якщо  $r_1 = r_4 = 2\text{ Ом}$ ;  $r_2 = r_3 = 4\text{ Ом}$ ;  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 4\text{ В}$ .



**Задача 2.23.** Знайти закон зміни в часі сили струму, який проходить у колі з індуктивністю  $L$  після замикання ключа  $S$  у момент  $t = 0$ . Як залежить час встановлення струму від величини індуктивності  $L$ ? Намалювати графіки залежності струмів  $I_1, I_2, I_3$  від часу.



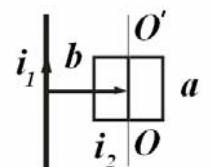
**Задача 2.24.** Три гальванічні елементи з  $\varepsilon_1 = 1,3\text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 1,5\text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 2\text{ В}$  з внутрішніми опороми  $r_1 = r_2 = r_3 = 0,2\text{ Ом}$  увімкнені, як показано на рис. Опір  $R = 0,55\text{ Ом}$ . Визначити сили струмів  $I_1, I_2, I_3$  в елементах.



### 3. Магнетизм

**Задача 3.1.** По двох нескінченно довгих паралельних провідниках проходять струми силою  $I_1 = 40\text{ А}$  та  $I_2 = 70\text{ А}$  у *протилежних* напрямках. Відстань між провідниками  $d = 15\text{ см}$ . Визначити магнітну індукцію в точці, віддаленій на  $l_1 = 30\text{ см}$  від першого провідника та на  $l_2 = 20\text{ см}$  від другого провідника.

**Задача 3.2.** Поряд з довгим прямим провідником, по якому тече струм  $i_1 = 3,0\text{ А}$  розташована квадратна рамка із струмом  $i_2 = 2,0\text{ А}$ . Рамка та провідник лежать в одній площині, вісь рамки, що проходить через середини протилежних сторін паралельна провіднику і розташована від нього на відстані  $b = 30\text{ мм}$ . Сторона рамки  $a = 20\text{ мм}$ . Знайти силу  $f$ , що діє на рамку, і роботу  $A$ , яку необхідно зробити, щоб повернути рамку навколо вісі на  $90^\circ$ .

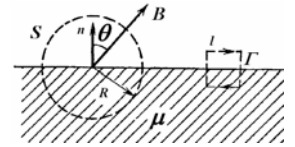


**Задача 3.3.** Знайти індукцію магнітного поля в центрі контуру, який має вигляд прямокутника, якщо його діагональ  $d = 16 \text{ см}$ , кут між діагоналями  $\alpha = 30^\circ$  та сила струму в контурі  $I = 5 \text{ А}$ .

**Задача 3.4.** По двох нескінченно довгих паралельних провідниках в **однакових** напрямках проходять струми силою  $I_1 = 10 \text{ А}$  та  $I_2 = 70 \text{ А}$ . Відстань між провідниками  $d = 15 \text{ см}$ . Визначити магнітну індукцію в точці, віддаленій на  $l_1 = 20 \text{ см}$  від першого провідника та на  $l_2 = 30 \text{ см}$  від другого провідника.

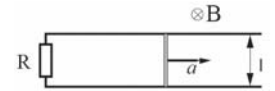
**Задача 3.5.** Однорідний струм густиною  $j$  проходить всередині безмежної пластини товщиною  $2d$  паралельно її поверхні. Знайти індукцію магнітного поля цього струму як функцію відстані  $x$  від середньої площини пластини. Магнітну проникливість скрізь вважати такою, що дорівнює одиниці.

**Задача 3.6.** Індукція магнітного поля в вакуумі поблизу плоскої поверхні магнетика дорівнює  $\vec{B}$ . Вектор  $\vec{B}$  складає кут  $\theta$  з нормаллю  $\vec{n}$  до поверхні. Магнітна проникливість магнетика дорівнює  $\mu$ . Знайти: а) потоки векторів  $\vec{H}$  та  $\vec{B}$  через поверхню сфери  $S$  радіуса  $R$ , центр якої лежить на поверхні магнетика; б) циркуляцію векторів  $\vec{B}$  та  $\vec{H}$  по квадратному контуру  $\Gamma$  зі стороною  $l$ , розташованому так, як показано на рисунку.



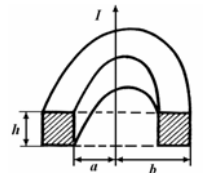
**Задача 3.7.** Заряд  $q$  рівномірно розподілений по об'єму однорідної кулі масою  $m$  і радіуса  $R$ , яка обертається навколо осі, що проходить через її центр, з кутовою швидкістю  $\omega$ . Знайти магнітний момент та механічний момент імпульсу кулі та відношення цих моментів.

**Задача 3.8.** По двох паралельних шинах в однорідному магнітному полі починає рухатись перетинка з прискоренням  $a$ . Шини замкнуті з одного боку на опір  $R$ . Відстань між шинами  $l$ . Вектор індукції  $B$  магнітного поля перпендикулярний площині, в якій переміщається перемичка. Знайти залежність кількості теплоти  $Q$  що виділяється на опорі  $R$  від часу, що пройшов від початку руху перетинки. Опором шин і перетинки, а також індуктивністю контуру знехтувати.

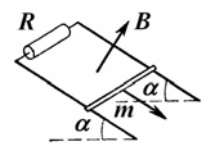


**Задача 3.9.** Квадратна рамка з проводу стороною  $a = 10 \text{ см}$  розташована в одній площині з довгим прямим проводом так, що дві її сторони паралельні проводу. По рамці та проводу протікають однакові струми  $I = 10 \text{ А}$ . Визначити силу  $F$ , що діє на рамку, якщо ближня до проводу сторона рамки знаходиться на відстані, що дорівнює її довжині. Яку роботу треба виконати, щоб паралельно перемістити рамку з током у напрямі перпендикулярно проводу на відстань  $2a$ ?

**Задача 3.10.** Визначити взаємну індуктивність тороїдальної котушки та прямого нескінченного провідника, що проходить по її осі. Котушка має прямокутний переріз, її внутрішній радіус  $a$ , зовнішній –  $b$ . Довжина сторони поперечного перерізу тора, паралельної провіднику, дорівнює  $h$ . Число витків котушки  $N$ . Система знаходиться в однорідному магнетика з магнітною проникністю  $\mu$ .

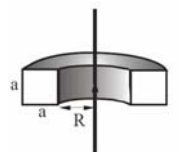


**Задача 3.11.** По двом гладким мідним шинам, встановленим під кутом  $\alpha$  до горизонту, зісковзує під дією сили тяжіння перемичка масою  $m$ . Шини замкнуті на опір  $R$ . Відстань між шинами  $l$ . Система знаходиться в однорідному магнітному полі з індукцією  $B$ , перпендикулярному до площини, в якій переміщається перемичка. Опори шин, перетинки та контактів, що зісковзують а також самоіндукція контуру такі, що ними можна знехтувати. Коефіцієнт тертя ковзання перетинки об шини дорівнює  $k$ . Знайти швидкість перетинки, що встановиться.



**Задача 3.12.** Магнетрон – це прилад, що складається з нитки розжарення радіуса  $a$  та коаксіального циліндричного анода радіуса  $b$ , які знаходяться в однорідному магнітному полі  $\vec{B}$ , паралельному нитці. Між ниткою та анодом прикладена прискорююча різниця потенціалів  $U$ . Знайти мінімальне значення індукції магнітного поля, при якій електрони, що вилітають з нитки з нульовою початковою швидкістю, ще будуть досягати анода.

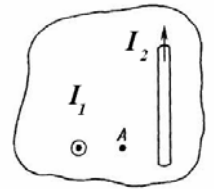
**Задача 3.13.** Невелика котушка зі струмом, яка має магнітний момент  $p_m = 0.1 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ , знаходиться на осі колового витка радіуса  $R = 10 \text{ см}$ , по якому проходить струм силою  $I = 10 \text{ А}$ . Знайти модуль сили, яка діє на котушку, та потенціальну енергію котушки зі струмом в полі витка, якщо її відстань від центра витка  $z = 10 \text{ см}$ , а вектор  $p_m$  збігається за напрямом з віссю витка.



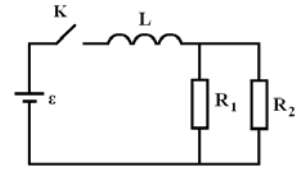
**Задача 3.14.** Тороїдальна котушка з  $N$  витків, внутрішній радіус якої рівний  $R$  у поперечному перетині має форму квадрата із стороною  $a$  (порівнянною по величині з  $R$ ). Знайти коефіцієнт взаємної індукції  $L$  котушки і довгого прямого провідника, розташованого уздовж осі котушки.



**Задача 3.15.** Два нескінченно довгих прямих провідники перехрещені під прямим кутом. По провідниках проходять струми силою  $I_1 = 30 \text{ A}$  та  $I_2 = 40 \text{ A}$ . Відстань між провідниками  $d = 20 \text{ см}$ . Визначити магнітну індукцію в точці  $A$ , однаково віддаленій від обох провідників.



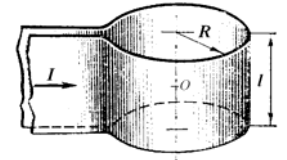
**Задача 3.16.** У схемі, зображеній на рис. задані ЕДС джерела  $\varepsilon$ , внутрішній опір якого дорівнює нулю, індуктивність котушки  $L$  та опори резисторів  $R_1$  і  $R_2 = 2R_1$ . У момент часу  $t = 0$  замикають ключ. Знайти залежність сили струму  $I_1(t)$ , що пройшов через резистор  $R_1$  від часу.



**Задача 3.17.** Стержень довжиною  $l$  має рівномірно розподілений по його довжині заряд  $q$  і обертається навколо осі, що проходить через середину стержня, з кутовою швидкістю  $\omega$ . Обчислити магнітний момент, що створюється зарядженим стержнем.

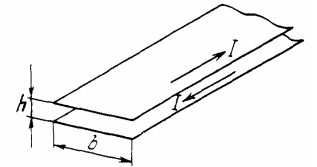
**Задача 3.18.** Період невеликих коливань маленької магнітної стрілки біля вертикальної осі в магнітному полі Землі  $T_1 = 0,7 \text{ с}$ . Період коливань тієї самої стрілки, яка розміщена всередині соленоїда із струмом,  $T_2 = 0,1 \text{ с}$ . Затухання коливань в обох випадках невелике. Горизонтальна складова напруженості магнітного поля Землі  $H = 14,3 \text{ А/м}$ . Визначити напруженість поля всередині соленоїда.

**Задача 3.19.** Тонка стрічка шириною  $l = 50 \text{ см}$  звернута в трубку радіусом  $R = 20 \text{ см}$ . По стрічці протікає рівномірно розподілений по її ширині струм  $I = 100 \text{ А}$ . Визначити магнітну індукцію  $B$  на осі трубки в двох точках: 1) в середній точці; 2) в точці, що співпадає з кінцем трубки.



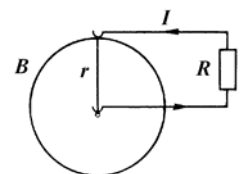
**Задача 3.20.** Тонкий провідник у вигляді квадрата масою  $m = 4 \text{ г}$  вільно підвішений в однорідному магнітному полі на не пружній нитці так, що вона проходить через його центр та паралельна двом сторонам. Індукція магнітного поля дорівнює  $B = 10^{-4} \text{ Тл}$ . По провіднику проходить струм силою  $I = 3 \text{ А}$ . Знайти період малих крутильних коливань відносно вертикальної осі.

**Задача 3.21.** Обчислити індуктивність одиниці довжини двопровідної стрічкової лінії, якщо відстань між стрічками  $h$  значно менше їх ширини  $b$ , а саме:  $b/h = 50$ .

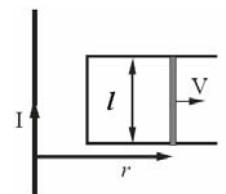


**Задача 3.22.** По проводу, що зігнутий у вигляді квадрата зі стороною довжиною  $a = 10 \text{ см}$ , протікає струм  $I = 20 \text{ А}$ , сила якого підтримується незмінною. Площина квадрата складає кут  $\alpha_1 = 45^\circ$  з лініями індукції однорідного магнітного поля ( $B = 0,1 \text{ Тл}$ ). Обчислити роботу  $A$ , необхідну для того, щоб видалити провід за межі поля. Повернути рамку так, щоб  $\alpha_2 = 30^\circ$ ,  $\alpha_3 = 60^\circ$ . На що вказує знак роботи?

**Задача 3.23.** Мідний диск радіуса  $a = 0,2 \text{ м}$  обертається з частотою  $f = 200 \text{ с}^{-1}$  в площині, перпендикулярній до ліній індукції однорідного магнітного поля  $B = 1 \text{ Тл}$ . За допомогою контактів диск з'єднано до кола з опором  $R = 10 \text{ Ом}$ . Визначити ЕРС індукції і кількість електрики, яка проходить по колу за  $N = 10^4$  обертів диска.



**Задача 3.24.** Довгий прямий провідник, по якому тече струм  $I$  та П-подібний провідник з рухомою перетинкою розташовані в одній площині. Перетинка, довжина якої  $l$ , рухається вправо зі сталою швидкістю  $V$ . Знайти ЕДС індукції  $\mathcal{E}$  у контурі як функцію відстані  $r$ .



**Задача 3.25.** Дві однакові котушки, кожна індуктивністю  $L$ , з'єднують а) послідовно, б) паралельно. Знайти індуктивність системи в обох випадках, нехтуючи взаємною індуктивністю котушок.

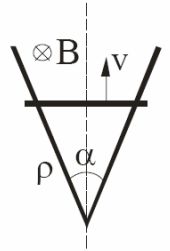
**Задача 3.26.** По однорідному прямому круглому провіднику, радіус перерізу якого  $R$ , проходить сталий струм густиною  $j$ . Знайти індукцію магнітного поля цього струму в точці, положення якої відносно осі провідника визначається радіусом-вектором  $r$ . Магнітна проникність скрізь дорівнює одиниці.

**Задача 3.27.** По двох нескінченно довгих паралельних провідниках проходять струми силою  $I_1 = 10 \text{ A}$  та  $I_2 = 30 \text{ A}$  в протилежних напрямках. Відстань між провідниками  $d = 10 \text{ см}$ . Визначити магнітну індукцію в точці, віддаленій на  $l_1 = 15 \text{ см}$  від першого провідника та на  $l_2 = 20 \text{ см}$  від другого провідника.

**Задача 3.28.** По трьох прямих довгих провідниках, які розміщені в одній площині паралельно один одному на відстані  $l = 10 \text{ см}$ , проходять струми ( $I_1 = I_2, I_3 = -(I_1 + I_2)$ ). Визначити положення прямої, в якій напруженість поля, створеного струмами, дорівнює нулю.

**Задача 3.29.** Сила струму в котушці без осердя рівномірно збільшується на  $\Delta I = 0,1 \text{ A}$  за  $\Delta t = 1 \text{ с}$ . Котушка довжиною  $l = 0,5 \text{ м}$  і діаметром перерізу  $d = 0,1 \text{ м}$  має  $N = 1000$  витків. На котушку щільно надіте кільце з мідного провідника площею перерізу  $S = 2 \text{ мм}^2$ . Знайти силу струму в кільці, якщо магнітні потоки, які перетинають котушку і кільце, однакові.

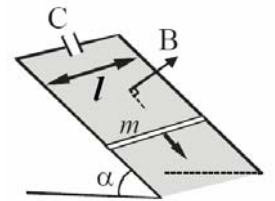
**Задача 3.30.** По двох шинах, кут між якими дорівнює  $\alpha$  у однорідному магнітному полі рухається зі сталою швидкістю  $V$  провідник, перпендикулярний бісектрисі кута  $\alpha$ . Вектор індукції  $B$  магнітного поля перпендикулярний площині шин. Знайти струм  $I$  у контурі, якщо опір одиниці довжини провідника та шин дорівнює  $\rho$ .



**Задача 3.31.** Металічний диск радіуса  $R = 50 \text{ см}$  обертають зі сталою кутовою швидкістю  $\omega = 100 \text{ рад/с}$  навкруги його осі. Знайти різницю потенціалів між центром та ободом диска, якщо: а) зовнішнє магнітне поле відсутнє; б) існує перпендикулярне до диску зовнішнє однорідне поле з індукцією  $B = 10,0 \text{ мТл}$ .

**Задача 3.32.** Заряд  $q$  рівномірно розподілений по поверхні сфери масою  $m$  і радіуса  $R$ , яка обертається навколо осі, що проходить через її центр, з кутовою швидкістю  $\omega$ . Знайти магнітний момент та механічний момент імпульсу кулі та відношення цих моментів.

**Задача 3.33.** По двох паралельних шинах, встановлених під кутом  $\alpha$  до горизонту, в однорідному магнітному полі ковзає без тертя під дією сили тяжіння перемичка масою  $m$ . Шини замкнуті з одного боку на конденсатор ємністю  $C$ . Відстань між шинами  $l$ . Вектор індукції  $B$  магнітного поля перпендикулярний площині, в якій переміщується перемичка. Знайти прискорення  $a$  перемички. Опором шин і перемички, а також індуктивністю контуру нехтувати.



Підготував доц. КЗПФ ФТФ ХНУ Олефір В.П.