

1. В електричному колі, що зображене на рисунку 1, такі характеристики елементів:  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 15 \text{ Ом}$ ;  $\varepsilon = 2,0 \text{ В}$ ,  $r = 5,0 \text{ Ом}$ . Вольт-амперна характеристика нелінійного елемента НЛ зображена на рис. 2.

Електричні властивості діодів спрощено можна описати так: при напругах, які менше  $U^* = +0,70 \text{ В}$  сила струму через них

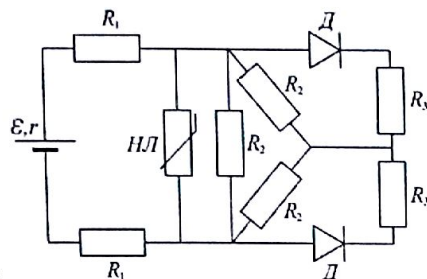


Рис.1

нескінченно мала, при більших напругах опором діодів можна нехтувати. Знайдіть напруги та сили струмів на резисторах  $R_3$  і  $R_1$ .

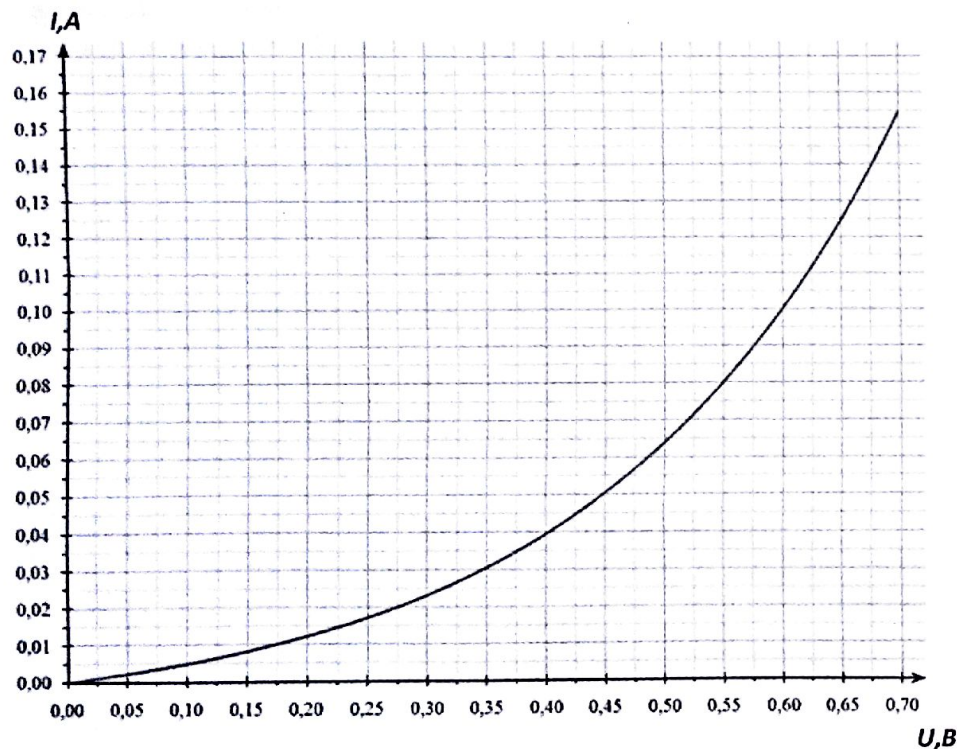


Рис.2

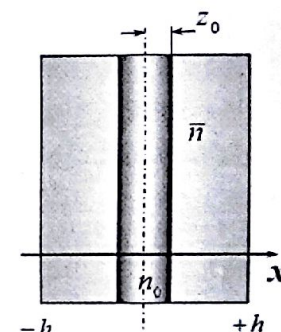
2. На жаль, добре відомі вам задачі, у яких електричний заряд рівномірно розподілений по об'єму, є штучними, тому що невідомо, як реально створити такі системи. Спробуємо розглянути більш реальну систему та проаналізувати динаміку зміни розподілу зарядів.

Задано слабо провідну пластину з питомими електричним опором  $\rho$ , концентрація електронів провідності  $n$ .

- 2.1. Під дією електричного поля напруженістю  $E$  електрони всередині провідника рухаються з середньою швидкістю
- $$v = \beta E \quad (1)$$

де величина  $\beta$  називається рухливістю електронів. Виразіть рухливість електронів всередині даної пластини через її характеристики  $\rho, n$ .

Хай всередині пластини виник тонкий шар товщиною  $2z_0$ , у якому створено надлишкову концентрацію електронів  $n_0$ . З часом ця область надлишкового заряду буде «розпливатися».



- 2.2. З якою швидкістю буде рухатися границя області  $z$  з надлишковою концентрацією електронів?

- 2.3. Знайдіть залежність надлишкової концентрації електронів  $n(x)$  від координати  $x$  в різні моменти часу. Побудуйте схематичні графіки цієї залежності.

- 2.4. Побудуйте схематичні графіки залежності потенціалу  $\varphi(x)$  для тих же моментів часу, які ви розглянули в п.2.3.

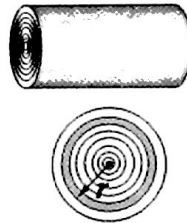
- 2.5. Оцініть час, за який всі надлишкові електрони опиняться на поверхні пластини.

3. Сучасні технології дозволяють створювати синтетичні матеріали з заданими фізичними властивостями. Розглянемо резистор, який має форму циліндра довжиною  $l = 20$  см і радіусом  $a = 2,0$  см. Резистор виготовлено методом наплення окремих шарів, питомий опір  $\rho$  матеріалу яких змінюється від шару до шару. Порядок наплення шарів може бути різним. Електричний струм пропускається між торцями циліндра за допомогою контактів нехтувано малого опору, які підключено до джерела постійної напруги  $U = 1,5$  В. Вважатимемо, що при нагріванні провідника його питомий опір залишається незмінним.

Примітка: згідно з рівнянням Фур'є кількість теплоти  $\Delta Q$ , що переноситься в середовищі вздовж осі  $Ox$  через площадку  $S$  за проміжок часу  $\Delta t$  рівна

$$\Delta Q = -\gamma \frac{\Delta T}{\Delta x} S \Delta t.$$

де  $\gamma = 6,7 \cdot 10^{-1} \text{ Вт/(}^\circ\text{C} \cdot \text{м)}$  - теплопровідність даного матеріалу (постійна в усіх шарах),  $\Delta T$  - зміна температури на проміжку  $\Delta x$ .



- 3.1 «Трубчата структура»** В цьому варіанті наплення шари слідує один за другим від осі циліндра, подібно до системи тонкостінних трубок, вкладених одна в одну (див. рис). Радіуси шарів при цьому поступово збільшуються.

Матеріал підбирається так, що питомий опір  $\rho(r)$  резистора збільшується прямо пропорційно відстані  $r$  від даного шару до осі циліндра  $\rho(r) = \alpha \cdot r$ , де  $\alpha = 6,40 \text{ Ом}$  – постійна розмірна величина.

- 3.1.1. Обрахуйте опір  $R_1$  такого резистора.

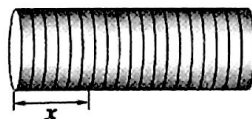
- 3.1.2 Знайдіть також силу струму  $I_1$  та потужність теплоти, що виділяється  $P_1$  при підключенні такого резистора до джерела напруги  $U = 1,5$  В.

Яка частина циліндра більше нагріється при проходженні струму?

- 3.1.3 Знайдіть максимальну температуру  $T_{\text{max}1}$  всередині резистора, якщо температура на його поверхні підтримується постійною і рівною  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ .

Вважайте, що торці циліндра теплоізоляовані.

- 3.2 «Шашлична структура»** При такому напленні тонкі шари однакового поперечного перерізу чергуються подібно шматкам м'яса у шашлику (див. рис). Розглянемо резистор такої структури, що його



питомий опір  $\rho$  лінійно зростає з відстанню  $x$  від правого краю так, що  $\rho(x) = \alpha \cdot x$ , де  $\alpha = 6,40 \text{ Ом}$  – постійна розмірна величина.

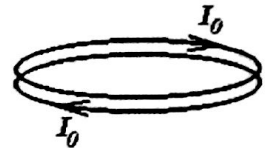
- 3.2.1 Обрахуйте опір  $R_2$  такого резистора.

- 3.2.2 Знайдіть також силу струму  $I_2$  та потужність теплоти, що виділяється  $P_2$  при підключенні такого резистора до джерела напруги  $U = 1,5$  В.  
Яка частина циліндра більше нагріється при проходженні струму?

- 3.2.3 Знайдіть максимальну температуру  $T_{\text{max}2}$  всередині резистора, якщо температура його лівого торця підтримується постійною і рівною  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ .  
Вважайте, бічна поверхня та правий торець теплоізоляовані.

- 3.2.4. Обрахуйте електричний заряд  $q^*$ , що накопичився всередині резистора у стаціонарному режимі проходження струму.

4. Два однакових надпровідних кільця розміщено поряд. Індуктивність кожного кільця дорівнює  $L$ . По кожному з них в одному напрямку протікає струм  $I_0$ . Яку мінімальну роботу необхідно виконати, щоб розвести кільця на велику відстань?

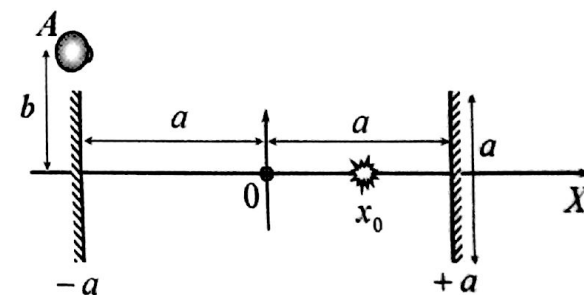


- 5.

Два плоских дзеркала розміщені паралельно одне одному на відстані  $2a$  перпендикулярно осі  $Ox$ , симетрично відносно цієї осі. Координати дзеркал рівні  $\pm a$ , де  $a = 10 \text{ см}$ . Поперечні розміри дзеркал також рівні  $a$ . В точці с координатою  $x_0 = a/2$

знаходиться точкове джерело світла. Око спостерігача  $A$  знаходиться над лівим дзеркалом на відстані  $b = 11 \text{ см}$  від осі системи.

- 5.1 Отримайте формули, що описують координати всіх зображень джерела в дзеркалах. Розрахуйте координати всіх зображень джерела, які може побачити спостерігач, побудуйте ці зображення.



5.2 Дзеркала повернули на кут  $\alpha=10^\circ$ , а джерело перемістили в початок координат.

Отримайте формули, що описують координати всіх зображень джерела в цьому випадку. Розрахуйте координати всіх зображень джерела, які може побачити спостерігач в цьому випадку, побудуйте ці зображення.

