



۱۱

فیزیک

تمرین های کتاب درسی

ریاضی

عدد اتمی اورانیوم $Z = 92$ است. بار الکتریکی هسته اتم اورانیوم چه قدر است؟

عدد اتمی برابر با تعداد پروتون‌های درون هسته است و بار الکتریکی هر پروتون تقریباً معادل $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است؛ از آنجایی که عدد اتمی اورانیوم $Z = 92$ است، بار الکتریکی هسته اتم اورانیوم برابر است با:

$$Z = 92 \Rightarrow q_{\text{هسته اورانیوم}} = +ne = +(92)(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

$$= +1.5 \times 10^{-17} \text{ C}$$

مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیوم (خنثی) چه مقدار است؟

در اتم اورانیوم (خنثی) ۹۲ عدد الکترون (به تعداد پروتون‌های درون هسته اورانیوم) در اطراف هسته در حرکت هستند؛ بنابراین مجموع بار الکتریکی الکترون‌های یک اتم اورانیوم برابر است با:

$$q_{\text{الکترون‌های اورانیوم}} = -ne = -(92)(1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = -1.5 \times 10^{-17} \text{ C}$$

بار الکتریکی اتم اورانیوم (خنثی) چه قدر است؟

بار الکتریکی اتم اورانیوم، حاصل جمع بارهای الکتریکی هسته اورانیوم و بارهای الکتریکی الکترون‌های آن است:

$$q_{\text{الکترون‌های اورانیوم}} + q_{\text{هسته اورانیوم}} = q_{\text{اتم اورانیوم}}$$

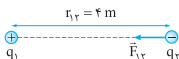
$$= (+1.5 \times 10^{-17} \text{ C}) + (-1.5 \times 10^{-17} \text{ C}) = 0$$

بنابراین بار الکتریکی اتم اورانیوم در حالت عادی صفر است.

در مثال ۱-۳، نیروی خالص وارد بر بار q_2 را به دست آورید.

نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_2 برآیند دو نیرویی است که از طرف بارهای q_1 و q_3 به آن وارد می‌شود. بنابراین ابتدا این دو نیرو را محاسبه می‌کنیم.

نیروی الکتریکی وارد بر ذره q_2 از طرف q_1 به صورت جاذبه است؛ پس، با توجه به شکل مقابل و قانون کولن داریم:

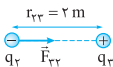


$$q_1 = +2 \mu\text{C} = 2 \times 10^{-6} \text{ C}, \quad q_2 = -1 \mu\text{C} = -1 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F_{12} = k \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(2 \times 10^{-6} \text{ C})(1 \times 10^{-6} \text{ C})}{(4 \text{ m})^2}$$

$$= 1.1 \times 10^{-3} \text{ N} \Rightarrow \vec{F}_{12} = (1.1 \times 10^{-3} \text{ N})(-\vec{i}) = (-1.1 \times 10^{-3} \text{ N})\vec{i}$$

نیروی الکتریکی وارد بر ذره q_2 از طرف ذره q_3 به صورت جاذبه است؛ پس، با توجه به شکل زیر و قانون کولن داریم:



$$q_2 = -1 \mu\text{C} = -1 \times 10^{-6} \text{ C}, \quad q_3 = +4 \mu\text{C} = 4 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(1 \times 10^{-6} \text{ C})(4 \times 10^{-6} \text{ C})}{(2 \text{ m})^2} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$\Rightarrow \vec{F}_{23} = (9 \times 10^{-3} \text{ N})\vec{i}$$

در نتیجه نیروی خالص وارد بر بار q_2 را به دست می‌آوریم:

$$\vec{F}_{T_2} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{32} = (-1/4 \times 10^{-3} \text{ N})\vec{i} + (9 \times 10^{-3} \text{ N})\vec{i} = (7/4 \times 10^{-3} \text{ N})\vec{i}$$

تمرین ۱-۳ صفحه ۱۰ کتاب درسی

در مثال ۱-۴ الف) اگر علامت بار q_3 تغییر کند، جهت نیروی برآیند

وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟

اگر علامت بار q_3 مثبت شود، بارهای q_2 و q_3 بار q_1 را دفع می‌کنند

و مطابق شکل مقابل نیروی خالص $\vec{F}_{T_1}$ بر بار q_1 وارد می‌شود:

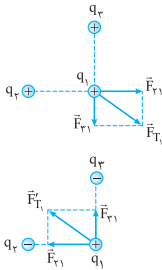
ب) اگر علامت بار q_2 تغییر کند، جهت نیروی برآیند وارد بر بار

q_1 چگونه خواهد شد؟

اگر علامت بار q_2 منفی شود، هر دو بار q_2 و q_3 بار q_1 را به

سمت خود جذب می‌کند و نیروی خالص $\vec{F}_{T_1}$ به صورت مقابل بر

بار q_1 وارد می‌شود:



پ) آیا اندازه نیروی برآیند وارد بر بار q_1 در قسمت‌های الف) و ب) با مقدار به دست آمده در مثال

۱-۴ متفاوت است؟

خیر - اندازه نیروی برآیند وارد بر بار q_1 از رابطه مقابل به دست می‌آید:

$$F_{T_1} = \sqrt{F_{21}^2 + F_{31}^2}$$

با توجه به ثابت ماندن اندازه بارها و فاصله بارها از یکدیگر، اندازه نیروهای $\vec{F}_{21}$ و $\vec{F}_{31}$ ثابت می‌ماند؛

در نتیجه اندازه نیروی برآیند وارد بر بار q_1 در هر دو حالت برابر با مقدار نیروی برآیند وارد بر بار q_1

در مثال ۱-۴ یعنی 10^{-2} N است.

تمرین ۱-۴ صفحه ۱۴ کتاب درسی

طبق مدل بور برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصله الکترون از پروتون هسته برابر با $5/3 \times 10^{-11} \text{ m}$ است.

الف) اندازه میدان الکتریکی ناشی از پروتون هسته را در این فاصله تعیین کنید.

اندازه میدان الکتریکی در فاصله $5/3 \times 10^{-11} \text{ m}$ از پروتون (درون هسته) برابر است با:

$$E = k \frac{|q_{\text{پروتون}}|}{r^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(1/6 \times 10^{-19} \text{ C})}{(5/3 \times 10^{-11} \text{ m})^2} = 5/1 \times 10^{11} \text{ N/C}$$

ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از

مولد وان دوگراف مثال پیش در فاصله 1 m از مرکز کلاهک آن است؟

بزرگی میدان الکتریکی در فاصله یک متری از مولد وان دوگراف در مثال ۱-۶ برابر با $9 \times 10^2 \text{ N/C}$

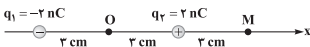
است. این مقدار را مساوی میدان ناشی از پروتون در فاصله r قرار می‌دهیم. بنابراین داریم:

$$E_{\text{پروتون}} = E_{\text{وان دوگراف}} \Rightarrow k \frac{|q_{\text{پروتون}}|}{r^2} = 9 \times 10^2 \text{ N/C}$$

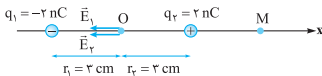
$$\Rightarrow (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \times \frac{(1/6 \times 10^{-19} \text{ C})}{r^2} = 9 \times 10^2 \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow r = 4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام (دوقطبی الکتریکی) را نشان می‌دهد که در آن، فاصله دو بار از هم ۶ cm است. میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های O و M به دست آورید.



می‌دانیم که میدان الکتریکی بار نقطه‌ای مثبت در فضای اطرافش در راستای شعاعی به سمت خارج بار و در اطراف بار نقطه‌ای منفی، در راستای شعاعی به سمت بار است؛ بنابراین میدان الکتریکی حاصل از هر دو بار q_1 و q_2 در نقطه O به سمت چپ (در جهت $-\vec{i}$) است. از این‌رو اندازه میدان الکتریکی حاصل از هر دو بار با هم جمع می‌شود.



$$q_1 = -2 \text{ nC} = -2 \times 10^{-9} \text{ C}, \quad q_2 = 2 \text{ nC} = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$r_1 = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}, \quad r_2 = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\vec{E}_O = (-E_1)\vec{i} + (-E_2)\vec{i} = \left(-k \frac{|q_1|}{r_1^2}\right)\vec{i} + \left(-k \frac{|q_2|}{r_2^2}\right)\vec{i}$$

$$= -k \left(\frac{|q_1|}{r_1^2} + \frac{|q_2|}{r_2^2} \right) \vec{i}$$

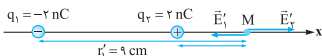
$$= -(9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \left(\frac{2 \times 10^{-9} \text{ C}}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2} + \frac{2 \times 10^{-9} \text{ C}}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2} \right) \vec{i}$$

$$= (-4 \times 10^4 \text{ N/C}) \vec{i}$$

بنابراین میدان الکتریکی خالص در نقطه O برابر است با:

$$\vec{E}_O = (-4 \times 10^4 \text{ N/C}) \vec{i}$$

برای به دست آوردن میدان الکتریکی خالص در نقطه M، ابتدا میدان الکتریکی حاصل از بارهای q_1 و q_2 را در نقطه M به صورت جداگانه به دست می‌آوریم:



$$q_1 = -2 \text{ nC} = -2 \times 10^{-9} \text{ C}, \quad q_2 = 2 \text{ nC} = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$$

$$r'_1 = 9 \text{ cm} = 9 \times 10^{-2} \text{ m}, \quad r'_2 = 3 \text{ cm} = 3 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$E'_1 = k \frac{|q_1|}{r_1'^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(2 \times 10^{-9} \text{ C})}{(9 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = \frac{2}{9} \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}'_1 = \left(-\frac{2}{9} \times 10^4 \text{ N/C}\right) \vec{i}$$

$$E'_2 = k \frac{|q_2|}{r_2'^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(2 \times 10^{-9} \text{ C})}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 2 \times 10^4 \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}'_2 = (2 \times 10^4 \text{ N/C}) \vec{i}$$

بنابراین میدان برایند در نقطه M برابر است با:

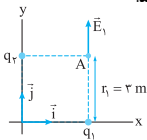
$$\vec{E}_M = \vec{E}'_1 + \vec{E}'_2 = (-\frac{2}{9} \times 10^4 \text{ N/C}) \vec{i} + (2 \times 10^4 \text{ N/C}) \vec{i} = (\frac{16}{9} \times 10^4 \text{ N/C}) \vec{i}$$

تمرین ۱-۶ صفحه ۱۷ کتاب درسی

میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال ۸-۱ را در نقطه A تعیین کنید.

میدان حاصل از بار q_1 در نقطه A در جهت مثبت محور y ($+\vec{j}$)

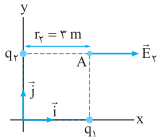
بوده و بزرگی آن برابر است با:



$$E_1 = k \frac{|q_1|}{r_1^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3 \text{ m})^2} = 5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_1 = (5 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{j}$$

همچنین میدان حاصل از بار q_2 در نقطه A در جهت مثبت محور x ($+\vec{i}$) بوده و بزرگی آن برابر است با:



$$E_2 = k \frac{|q_2|}{r_2^2} = (9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}) \frac{(5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3 \text{ m})^2} = 5 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$\Rightarrow \vec{E}_2 = (5 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{i}$$

میدان خالص در نقطه A برابر با جمع برداری میدان‌های الکتریکی $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ است؛ یعنی:

$$\vec{E}_{TA} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = (5 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{i} + (5 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{j}$$

بنابراین بزرگی میدان الکتریکی خالص در نقطه A برابر است با:

$$E_{TA} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \sqrt{(5 \times 10^3 \text{ N/C})^2 + (5 \times 10^3 \text{ N/C})^2}$$

$$= 7.1 \times 10^3 \text{ N/C}$$

تمرین ۱-۷ صفحه ۲۱ کتاب درسی

($\vec{F}_E$) نیروی الکتریکی

بادکنک

($\vec{W}$) نیروی وزن

روی سطح بادکنکی به جرم 10 g بار الکتریکی 200 nC ایجاد می‌کنیم

و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می‌دهیم. بزرگی و جهت این میدان

الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. از نیروی

شناوری وارد به بادکنک چشم‌پوشی کنید.

برای آن که بادکنک معلق بماند، باید برآیند نیروهای وارد بر بادکنک صفر شود. از آن جایی که نیروی وزن وارد بر بادکنک ($\vec{W}$) به سمت پایین است، بنابراین نیروی الکتریکی وارد بر بادکنک ($\vec{F}_E$) باید به سمت بالا و هم‌اندازه با نیروی وزن باشد؛ بنابراین داریم:

$$m = 10 \text{ g} = 10 \times 10^{-3} \text{ kg}, \quad q = -200 \text{ nC} = -200 \times 10^{-9} \text{ C}$$

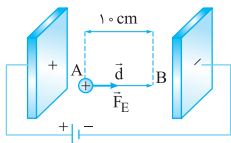
$$(F_E) = (W) \Rightarrow |q| E = mg$$

$$\Rightarrow E = \frac{mg}{|q|} = \frac{(10 \times 10^{-3} \text{ kg})(9.8 \text{ N/kg})}{(200 \times 10^{-9} \text{ C})} = 4.9 \times 10^5 \text{ N/C}$$

چون جهت نیروی الکتریکی وارد بر بادکنک (که دارای بار منفی است) باید به سمت بالا باشد، بنابراین جهت میدان الکتریکی به سمت پایین است.

تمرین ۸-۱ صفحه ۲۳ کتاب درسی

در مثال ۱۰-۱ اگر جای قطب‌های باتری عوض شود و پروتون را در نقطه A از حالت سکون رها کنیم،



پروتون با چه تندی ای به نقطه B می‌رسد؟

با تغییر جای قطب‌های باتری و تغییر جهت میدان الکتریکی، جهت نیروی الکتریکی ($\vec{F}_E$) وارد بر پروتون در نقطه A به سمت راست خواهد بود: با توجه به قضیه کار-انرژی جنبشی داریم:

$$W_E = \Delta K = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2) \quad (1)$$

از طرفی می‌دانیم که کار نیروی الکتریکی وارد بر ذره باردار در میدان الکتریکی برابر با منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره است؛ یعنی داریم:

$$W_E = -\Delta U_E = |q| Ed \cos \theta \quad (2)$$

با توجه به روابط (۱) و (۲) می‌توان نوشت:

$$|q| Ed \cos \theta = \frac{1}{2} m (v_B^2 - v_A^2)$$

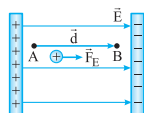
با توجه به این که ذره در نقطه A ساکن بوده ($v_A = 0$) و زاویه بین بردار جابه‌جایی و میدان الکتریکی در طی حرکت همواره صفر درجه است ($\theta = 0^\circ$)، داریم:

$$|q| Ed = \frac{1}{2} m v_B^2 \Rightarrow (1/6 \times 10^{-19} \text{ C})(2 \times 10^2 \text{ N/C})(0.1 \text{ m})$$

$$= \frac{1}{2} \times (1/67 \times 10^{-27} \text{ kg}) v_B^2$$

$$\Rightarrow v_B = \sqrt{\frac{2(1/6 \times 10^{-19} \text{ C})(2 \times 10^2 \text{ N/C})(0.1 \text{ m})}{(1/67 \times 10^{-27} \text{ kg})}} = 1/96 \times 10^5 \text{ m/s}$$

تمرین ۹-۱ صفحه ۲۵ کتاب درسی



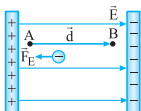
الف) نشان دهید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در سوی خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و بالعکس با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

حالت اول: اگر ذره‌ای با بار مثبت در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، زاویه بین بردار جابه‌جایی و نیروی الکتریکی وارد بر آن صفر درجه است؛ یعنی: $\theta = 0^\circ$.

بنابراین داریم:

$$\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_E}{+q} = \frac{-|q|Ed \cos \theta}{+q} = -Ed$$

$$\Rightarrow \Delta V_{AB} = V_B - V_A = -Ed < 0 \Rightarrow V_B < V_A$$

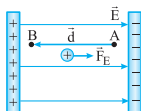


حالت دوم: اگر ذره‌ای با بار منفی در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، زاویه بین بردار جابه‌جایی و نیروی الکتریکی وارد بر آن 180° درجه است، یعنی: $\theta = 180^\circ$.

بنابراین داریم:

$$\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_E}{-q} = \frac{-|q|Ed \cos \theta}{-q} = -Ed$$

$$\Rightarrow \Delta V_{AB} = V_B - V_A = -Ed < 0 \Rightarrow V_B < V_A$$



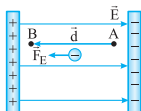
نتیجه‌گیری: با حرکت ذره باردار در جهت خطوط میدان الکتریکی، همواره پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد. این نتیجه مستقل از نوع بار الکتریکی است.

حالت سوم: اگر ذره‌ای با بار مثبت در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، زاویه بین بردار جابه‌جایی و نیروی الکتریکی وارد بر آن 180° درجه است؛ یعنی: $\theta = 180^\circ$.

بنابراین داریم:

$$\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_E}{+q} = \frac{-|q|Ed \cos \theta}{+q} = +Ed$$

$$\Rightarrow \Delta V_{AB} = V_B - V_A = +Ed > 0 \Rightarrow V_B > V_A$$



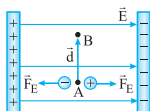
حالت چهارم: اگر ذره‌ای با بار منفی در خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، زاویه بین بردار جابه‌جایی و نیروی الکتریکی وارد بر آن صفر درجه است؛ یعنی: $\theta = 0^\circ$.

بنابراین داریم:

$$\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_E}{-q} = \frac{-|q|Ed \cos \theta}{-q} = +Ed$$

$$\Rightarrow \Delta V_{AB} = V_B - V_A = +Ed > 0 \Rightarrow V_B > V_A$$

نتیجه‌گیری: با حرکت ذره باردار در خلاف جهت میدان الکتریکی، همواره پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. این نتیجه مستقل از نوع بار الکتریکی است.



(ب) نشان دهید در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

حالت پنجم: اگر ذره‌ای با بار q در جهت عمود بر میدان الکتریکی جابه‌جا شود، زاویه بین بردار جابه‌جایی و نیروی الکتریکی وارد بر آن 90° درجه است؛ یعنی: $\theta = 90^\circ$.

بنابراین داریم:

$$\Delta V_{AB} = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-|q|Ed \cos 90^\circ}{q} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta V_{AB} = V_B - V_A = 0 \Rightarrow V_B = V_A$$

نتیجه گیری: با حرکت ذره باردار در جهت عمود بر میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی تغییری نمی کند.

تمرین ۱-۱۰ صفحه ۲۵ کتاب درسی

اگر پایانه مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را مرجع پتانسیل در نظر بگیریم، پتانسیل پایانه منفی آن چند ولت خواهد شد؟

در یک باتری ۱۲ ولتی، پتانسیل پایانه مثبت به اندازه ۱۲ ولت از پتانسیل پایانه منفی آن بیشتر است؛ یعنی:

$$\Delta V = V_+ - V_- = 12 \text{ V}$$

از آن جایی که پایانه مثبت باتری را مرجع پتانسیل در نظر گرفته ایم، $(V_+ = 0)$ ، برای پایانه منفی باتری داریم:

$$0 - V_- = 12 \text{ V} \Rightarrow V_- = -12 \text{ V}$$

تمرین ۱-۱۱ صفحه ۲۷ کتاب درسی

در شکل ۱-۲۷ الف) با فرض آن که بار $+q$ در ابتدا و انتهای جابه جایی

ساکن باشد، آیا کار نیروی دست، مثبت است یا منفی؟

با توجه به این که $+q$ در ابتدا و انتهای جابه جایی ساکن است، داریم:

$$K_1 = K_2 \Rightarrow \Delta K = 0$$

با توجه به قضیه کار - انرژی جنبشی داریم:

$$\Delta K = W_{\text{دست}} + W_E = 0$$

$$\Rightarrow W_{\text{دست}} = -W_E = -|q|Ed \cos \theta$$

از آن جایی که زاویه بین بردار جابه جایی و نیروی الکتریکی وارد بر ذره 180° درجه است $(\theta = 180^\circ)$ ،

بنابراین داریم:

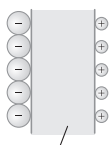
$$W_{\text{دست}} = -|q|Ed \cos 180^\circ = |q|Ed > 0$$

ب) آیا بار $+q$ به نقطه ای با پتانسیل بیشتر حرکت کرده است یا به نقطه ای با پتانسیل کم تر؟ توضیح دهید.

با توجه به نتیجه گیری در تمرین ۱-۹، می دانیم که با حرکت ذره باردار در خلاف جهت میدان، پتانسیل

الکتریکی افزایش می یابد؛ بنابراین بار $+q$ به نقطه ای با پتانسیل الکتریکی بیشتر جابه جا شده است.

تمرین ۱-۱۲ صفحه ۳۸ کتاب درسی



غشای یاخته

یک یاخته عصبی (نورون) را می توان با یک خازن تخت مدل سازی کرد، به

طوری که غشای سلول به عنوان دی الکتریک و یون های باردار با علامت مخالف

که در دو طرف غشا هستند، به عنوان بارهای روی صفحه های خازن عمل کنند

(شکل روبه رو). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون های لازم (با فرض آن که

هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آن که یک اختلاف پتانسیل 85 mV ایجاد

شود چه قدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی الکتریک $\kappa = 3$ ، ضخامت

10 nm و مساحت سطح $1 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ است.

$$d = 10 \text{ nm} = 10 \times 10^{-9} \text{ m}$$

ظرفیت یک یاختهٔ عصبی که با یک خازن تخت مدل سازی شده، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = (2)(\lambda / 85 \times 10^{-12} \text{ F/m}) \frac{(10^{-10} \text{ m}^2)}{(10 \times 10^{-9} \text{ m})} = 2 / 85 \times 10^{-13} \text{ F}$$

بار الکتریکی موجود در یاختهٔ عصبی که تحت اختلاف پتانسیل 85 mV قرار دارد، برابر است با:

$$V = 85 \text{ mV} = 85 \times 10^{-3} \text{ V}$$

$$Q = CV = (2 / 85 \times 10^{-13} \text{ F})(85 \times 10^{-3} \text{ V}) = 2 / 26 \times 10^{-14} \text{ C}$$

تعداد یون های لازم برای ایجاد چنین باری را به صورت مقابل محاسبه می کنیم:

$$Q = ne \Rightarrow n = \frac{Q}{e} = \frac{2 / 26 \times 10^{-14} \text{ C}}{1 / 6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 1 / 41 \times 10^{+5}$$

فصل دوم

تمرین ۱-۲

صفحه ۴۸ کتاب درسی

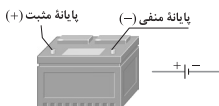
در رابطه $\Delta q = I(\Delta t)$ اگر I برحسب آمپر و Δt برحسب ساعت باشد، یکای Δq ، آمپر - ساعت می شود. باتری خودروها با آمپر - ساعت (Ah) و باتری گوشی های همراه با میلی آمپر - ساعت (mAh) مشخص می شود. هر چه آمپر - ساعت یک باتری بیشتر باشد، حداکثر باری که باتری می تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

الف) باتری استاندارد خودرویی، 50 Ah است. اگر این باتری جریان متوسط 5 A را فراهم سازد، چه قدر طول می کشد تا خالی شود؟

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta q}{I} = \frac{50 \text{ Ah}}{5 \text{ A}} = 10 \text{ h} \quad \text{با توجه به رابطه } I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, \text{ داریم:}$$

بنابراین باتری خودرو می تواند جریان 5 A آمپر را برای مدت زمان 10 h ساعت تولید کند.

ب) روی یک باتری قلمی مقدار 1000 mAh نوشته شده است. اگر این باتری جریان متوسط $100 \mu\text{A}$ را فراهم سازد، چه مدت طول می کشد تا خالی شود؟



با توجه به رابطهٔ جریان الکتریکی متوسط داریم:

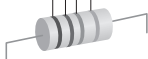
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta q}{I} = \frac{1 \text{ Ah}}{10^{-4} \text{ A}} = 10^4 \text{ h}$$

بنابراین باتری قلمی می تواند جریان $100 \mu\text{A}$ را برای مدت زمان 10000 h ساعت تولید کند.

صفحه ۵۸ کتاب درسی

تمرین ۲-۲

ضریب (قرمز)
تلرانس (نقره ای)
رقم دوم (بنفش)
رقم اول (زرد)



مقدار مقاومت نشان داده شده در شکل و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت، برحسب اهم چه قدر است؟

برای به دست آوردن مقدار مقاومت مقابل از رابطه زیر استفاده می کنیم:

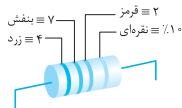
$$R = [\text{تلرانس}] \pm [\text{ضریب}] \times 10^{\text{[رقم دوم][رقم اول]}}$$

با توجه به جدول ۳-۲ کتاب داریم:

بنابراین مقدار مقاومت برابر است با:

$$R = 47 \times 10^2 \pm \frac{1}{100} (47 \times 10^2)$$

$$\Rightarrow R = (47 \times 10^2 \pm 470) \Omega$$

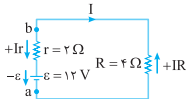


صفحه ۶۵ کتاب درسی

تمرین ۳-۲

مثال بالا را با حرکت در خلاف جهت جریان نشان داده شده، حل

و نتیجه را با پاسخ مثال مقایسه کنید.



(الف) با حرکت از نقطه a در خلاف جهت جریان و نوشتن قاعده حلقه داریم:

$$V_a + IR + Ir - \varepsilon = V_a \Rightarrow I(R + r) = \varepsilon$$

$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{12 \text{ V}}{4 \Omega + 2 \Omega} = 2 \text{ A}$$

(ب) برای محاسبه اختلاف پتانسیل دو نقطه a و b ($V_b - V_a$)، از نقطه b در خلاف جهت جریان الکتریکی به سمت نقطه a حرکت می‌کنیم؛ بنابراین داریم:

$$V_b + Ir - \varepsilon = V_a \Rightarrow V_b - V_a = \varepsilon - Ir = 12 - (2 \text{ A})(2 \Omega) = 8 \text{ V}$$

نتیجه: اعداد به دست آمده با مثال حل شده برابر است؛ پس نتیجه می‌گیریم که جهت جریان تأثیری روی مقدار جریان و اختلاف پتانسیل ندارد.

صفحه ۷۰ کتاب درسی

تمرین ۴-۲

با توجه به قانون ژول (فعالیت ۷-۲) و تعریف نیروی محرکه الکتریکی،

برای یک حلقه ساده، شامل یک باتری و یک مقاومت نشان دهید

که قاعده حلقه یا قانون ولتاژها چیزی جز پایستگی انرژی نیست.

برای حلقه ساده شامل یک باتری و یک مقاومت، با حرکت از

نقطه a در جهت جریان، قاعده حلقه را به صورت زیر داریم:

$$V_a - IR + \varepsilon = V_a \Rightarrow \varepsilon = IR$$

رابطه (۱)

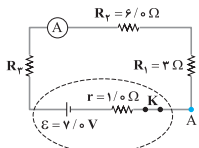
$$\xrightarrow{\text{طرفین در } (I\Delta t) \text{ ضرب شود}} (I\Delta t)\varepsilon = (I\Delta t)IR$$

با جای گذاری روابط جریان الکتریکی، نیروی محرکه الکتریکی و توان الکتریکی در رابطه (۱) داریم:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, \quad \varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q}, \quad P = RI^2$$

$$\xrightarrow{\text{رابطه (۱)}} \left(\frac{\Delta q}{\Delta t} \Delta t \right) \frac{\Delta W}{\Delta q} = RI^2 \Delta t \Rightarrow \Delta W = P\Delta t$$

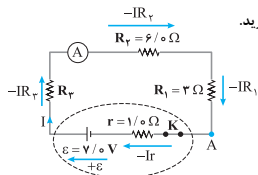
ΔW مقدار کاری است که باتری در مدت زمان Δt بر روی واحد بار مثبت انجام می‌دهد، تا آن را در مدار جابه‌جا کند. $P\Delta t$ مقدار انرژی است که در این مدت به صورت گرما در مقاومت R تلف می‌شود؛ بنابراین کار انجام‌شده توسط باتری برای انتقال واحد بار مثبت برابر با گرمای تولیدشده در مقاومت است، که این چیزی نیست جز قانون پایستگی انرژی.



در شکل روبه‌رو، سه مقاومت به همراه یک آمپرسنج به صورت متوالی به یک باتری وصل شده‌اند و مقاومت آمپرسنج صفر است (آمپرسنج آرمانی). اگر مقاومت معادل مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 برابر با 13Ω باشد: الف) مقاومت R_3 چه قدر است؟

مقاومت معادل سه مقاومت متوالی برابر است با جمع تک‌تک مقاومت‌ها؛ بنابراین داریم:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow 13\Omega = 3\Omega + 6\Omega + R_3 \Rightarrow R_3 = 4\Omega$$



ب) جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد به دست آورید.

با حرکت از نقطه A در جهت جریان الکتریکی و نوشتن قاعده حلقه داریم:

$$V_A - Ir + \varepsilon - IR_2 - IR_1 = V_A$$

$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{r + R_1 + R_2 + R_3} = \frac{7V}{1\Omega + 3\Omega + 6\Omega + 4\Omega} = \frac{7V}{14\Omega} = 0.5A$$

پ) نشان دهید توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 در مدار برابر است. با استفاده از رابطه RI^2 ، توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها را به صورت زیر به دست می‌آوریم:

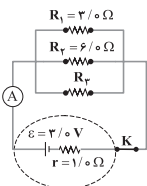
$$\left. \begin{aligned} P_1 &= R_1 I^2 = (3\Omega)(0.5A)^2 = 0.75W \\ P_2 &= R_2 I^2 = (6\Omega)(0.5A)^2 = 1.5W \\ P_3 &= R_3 I^2 = (4\Omega)(0.5A)^2 = 1W \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow P_{\text{مصرفی کل}} = P_1 + P_2 + P_3 = 0.75W + 1.5W + 1W = 3.25W$$

هم‌چنین برای توان خروجی باتری داریم:

$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2 = (7V)(0.5A) - (1\Omega)(0.5A)^2 = 3.25W$$

بنابراین توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 برابر است.



در شکل روبه‌رو، سه مقاومت موازی به همراه یک آمپرسنج آرمانی به دو سر یک باتری وصل شده‌اند. اگر مقاومت معادل این ترکیب $1/6\Omega$ باشد،

الف) مقاومت R_3 چه قدر است؟ سه مقاومت R_1 ، R_2 و R_3 به صورت موازی به هم بسته شده‌اند. به صورت زیر مقاومت معادل آن‌ها به دست می‌آید:

$$\frac{1}{R_{123}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{1/6 \Omega} = \frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{6 \Omega} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2 \Omega} + \frac{1}{R_3}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1/6 \Omega} - \frac{1}{2 \Omega} \Rightarrow R_3 = 8 \Omega$$

ب) جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد را به دست آورید.

مقاومت معادل R_1 ، R_2 و R_3 (یا R_{123}) به صورت متوالی با مقاومت I بسته شده است؛ بنابراین مقاومت معادل کل مدار برابر است با:

$$R_{eq} = r + R_{123} = 1 \Omega + 1/6 \Omega = 2/6 \Omega$$

بنابراین طبق قانون اهم، جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد، برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{3 V}{2/6 \Omega} = \frac{15}{12} A$$

پ) نشان دهید توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 برابر است. توان خروجی باتری به صورت مقابل به دست می‌آید:

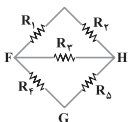
$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - r I^2 = (3 V) \left(\frac{15}{12} A \right) - (1 \Omega) \left(\frac{15}{12} A \right)^2 = 2/12 W$$

از طرفی مجموع توان مصرفی مقاومت‌ها برابر است با توان مصرفی مقاومت معادلشان؛ بنابراین داریم:

$$P_{\text{مصرفی}} = R_{123} I^2 = (1/6 \Omega) \left(\frac{15}{12} A \right)^2 = 2/12 W$$

بنابراین توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی در مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 برابر است.

تمرین ۲-۷ صفحه ۷۶ کتاب درسی



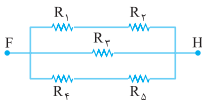
شکل روبه‌رو پنج مقاومت ۸ اهمی را نشان می‌دهد.

الف) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و H چه قدر است؟ مطابق شکل

مقابل، مقاومت‌های R_1 و R_2 متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها را

R_{12} می‌نامیم و داریم:

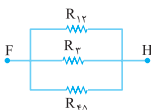
$$R_{12} = R_1 + R_2 = 8 \Omega + 8 \Omega = 16 \Omega$$



هم‌چنین مقاومت‌های R_4 و R_5 متوالی هستند و مقاومت

معادل آن‌ها را R_{45} می‌نامیم و داریم:

$$R_{45} = R_4 + R_5 = 8 \Omega + 8 \Omega = 16 \Omega$$



بنابراین مدار را می‌توان به صورت مقابل رسم کرد:

مطابق شکل مقابل، مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 با هم

موازی هستند، بنابراین برای مقاومت معادل کل مدار بین نقاط

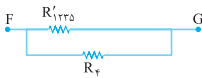
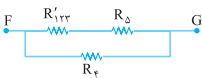
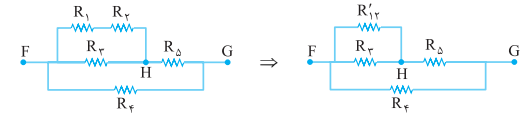
F و H داریم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_{12}} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{45}} = \frac{1}{16 \Omega} + \frac{1}{8 \Omega} + \frac{1}{16 \Omega} = \frac{1}{4 \Omega} \Rightarrow R_{eq} = 4 \Omega$$

ب) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و G چه قدر است؟

مطابق شکل زیر، مقاومت‌های R_1 و R_2 متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها را R'_{12} می‌نامیم و داریم:

$$R'_{12} = R_1 + R_2 = 8 \Omega + 8 \Omega = 16 \Omega$$



مقاومت معادل R'_{12} و مقاومت R_3 موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها را R'_{123} می‌نامیم؛ بنابراین داریم:

$$\frac{1}{R'_{123}} = \frac{1}{R'_{12}} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{16 \Omega} + \frac{1}{8 \Omega} = \frac{3}{16 \Omega}$$

$$\Rightarrow R'_{123} = \frac{16}{3} \Omega$$

مقاومت معادل R'_{123} با R_5 متوالی هستند، بنابراین مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:

$$R'_{1235} = R'_{123} + R_5 = \frac{16}{3} \Omega + 8 \Omega = \frac{40}{3} \Omega$$

مقاومت معادل R'_{1235} و R_6 با هم موازی هستند؛ بنابراین برای مقاومت کل مدار بین نقاط F و G داریم:

$$\frac{1}{R'_{eq}} = \frac{1}{R'_{1235}} + \frac{1}{R_6} = \frac{1}{\frac{40}{3} \Omega} + \frac{1}{8 \Omega} = \frac{1}{40 \Omega} \Rightarrow R'_{eq} = 40 \Omega$$

فصل سوم

تمرین ۱-۳ صفحه ۹۰ کتاب درسی

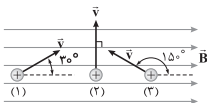
۱- بر پروتونی که با زاویه $\theta = 30^\circ$ نسبت به میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه $B = 320 \text{ G}$ در حرکت است، نیرویی به اندازه $F = 5 / 12 \times 10^{-14} \text{ N}$ وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟

$$B = 320 \text{ G} = 3 / 2 \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$F = |q| v B \sin \theta$$

$$\Rightarrow 5 / 12 \times 10^{-14} \text{ N} = (1 / 6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times v \times (3 / 2 \times 10^{-2} \text{ T}) \times \sin 30^\circ$$

$$\Rightarrow v = 2 \times 10^7 \text{ m/s} = 2 \times 10^4 \text{ km/s}$$



۲- سه ذره، هر کدام با بار $q = 6 / 15 \mu\text{C}$ و تندی

$v = 46 \text{ m/s}$ ، در میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه

$B = 0 / 165 \text{ T}$ در حرکت‌اند (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی

وارد بر هر ذره را حساب کنید.

$$q = 6 / 15 \mu\text{C} = 6 / 15 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\theta_1 = 3^\circ, \quad F_1 = |q| v B \sin \theta_1 = (6/15 \times 10^{-6} \text{ C})(46 \text{ m/s})(0/165 \text{ T}) \sin 3^\circ$$

$$= 23/34 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$\theta_7 = 9^\circ, \quad F_7 = |q| v B \sin \theta_7 = (6/15 \times 10^{-6} \text{ C})(46 \text{ m/s})(0/165 \text{ T}) \sin 9^\circ$$

$$= 46/68 \times 10^{-6} \text{ N}$$

$$\theta_9 = 15^\circ, \quad F_9 = |q| v B \sin \theta_9 = (6/15 \times 10^{-6} \text{ C})(46 \text{ m/s})(0/165 \text{ T}) \sin 15^\circ$$

$$= 23/34 \times 10^{-6} \text{ N}$$

تمرین ۲-۳ صفحه ۹۳ کتاب درسی

سیم مستقیمی به طول $2/4 \text{ m}$ حامل جریان $2/5 \text{ A}$ از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم 45 G و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

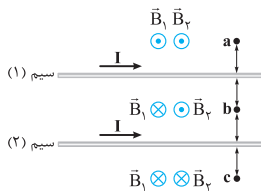
طبق قاعده دست راست، اگر چهار انگشت را در جهت جریان (به سمت چپ) و کف دست را در جهت میدان مغناطیسی (درون سو) قرار دهیم، آن گاه انگشت شست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را مشخص می کند؛ بنابراین مطابق شکل مقابل جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم (F) به سمت پایین است. اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را به صورت زیر به دست می آوریم:

$$B = 0/45 \text{ G} = 4/5 \times 10^{-5} \text{ T} \Rightarrow F = I \ell B \sin \theta$$

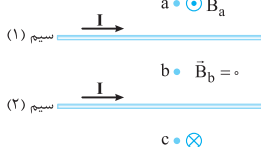
$$= (2/5 \text{ A})(2/4 \text{ m})(4/5 \times 10^{-5} \text{ T}) \sin 90^\circ = 2/7 \times 10^{-4} \text{ N}$$

تمرین ۳-۳ صفحه ۹۶ کتاب درسی

جهت میدان مغناطیسی برآیند (خالص) ناشی از سیم های موازی و بلند حامل جریان را در هر یک از



نقطه های a, b, c پیدا کنید. نقطه b در فاصله مساوی از دو سیم قرار دارد.



ابتدا طبق قاعده دست راست، میدان مغناطیسی ناشی از سیم ها را در نقاط مورد نظر به صورت مقابل مشخص می کنیم.

جهت میدان های مغناطیسی B_1 و B_2 در نقطه a برون سواست؛ در نتیجه جهت میدان مغناطیسی خالص در این نقطه برون سواست. جهت میدان های مغناطیسی B_1 و B_2 در نقطه c درون سواست؛ بنابراین جهت میدان مغناطیسی خالص در این نقطه درون سواست.

جریان درون سیم های (۱) و (۲) برابر و فاصله نقطه b از دو سیم یکسان است. بنابراین در این نقطه میدان های B_1 و B_2 در خلاف جهت یکدیگر ولی هم اندازه اند؛ در نتیجه میدان مغناطیسی خالص در نقطه b صفر است؛ بنابراین داریم:

تمرین ۳-۴ صفحه ۹۹ کتاب درسی

اندازه میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود $3 \times 10^{-8} \text{ G}$ اندازه گیری شده است. اگرچه جریان هایی که این میدان را به وجود می آورند، بسیار پیچیده اند، ولی با در نظر گرفتن این جریان ها به صورت تک حلقه ای دایره ای به قطر 16 cm (پهنای یک سر نوعی) می توان مرتبه بزرگی میدان مغناطیسی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چه قدر است؟

$$R = 16 \text{ cm} = 16 \times 10^{-2} \text{ m}, B = 3 \times 10^{-8} \text{ G} = 3 \times 10^{-12} \text{ T}$$

میدان مغناطیسی در مرکز حلقه ای به شعاع R که جریان I از آن می گذرد، به صورت مقابل به دست می آید:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

بنابراین داریم:

$$3 \times 10^{-12} \text{ T} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}) \times I}{2 \times (16 \times 10^{-2} \text{ m})} \Rightarrow I = \frac{48 \times 10^{-14}}{4\pi \times 10^{-7}} \text{ A} \approx 3 / 82 \times 10^{-7} \text{ A}$$

تمرین ۳-۵ صفحه ۱۰۰ کتاب درسی

سیملوله ای آرمانی به طول 40 cm چنان طراحی شده است که جریان بیشینه ای به شدت $1/2 \text{ A}$ می تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیملوله، اندازه میدان مغناطیسی درون آن و دور از لبه ها 270 G می شود. تعداد دورهای سیملوله چه قدر باید باشد؟

$$B = 270 \text{ G} = 2 / 7 \times 10^{-2} \text{ T}, \ell = 40 \text{ cm} = 0 / 4 \text{ m}$$

میدان مغناطیسی درون یک سیملوله به طول ℓ و شامل N حلقه که جریان I از آن می گذرد به صورت

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$$

مقابل به دست می آید:

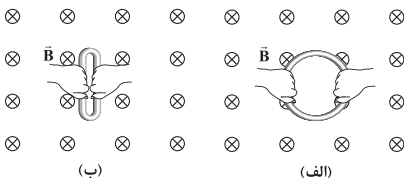
$$2 / 7 \times 10^{-2} \text{ T} = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}) \times N \times (1 / 2 \text{ A})}{(0 / 4 \text{ m})}$$

$$\Rightarrow N = \frac{(2 / 7 \times 10^{-2} \text{ T})(0 / 4 \text{ m})}{(4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}})(1 / 2 \text{ A})} \approx 7160 \text{ دور}$$

فصل چهارم

تمرین ۴-۱ صفحه ۱۱۳ کتاب درسی

الف) حلقه ای به مساحت 25 cm^2 درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی به اندازه $0 / 3 \text{ T}$ قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید.



(ب)

(الف)

با توجه به شکل (الف)، نیم‌خط عمود بر سطح حلقه هم‌جهت با میدان مغناطیسی است؛ یعنی: $\theta = 0^\circ$

$$A_1 = 25 \text{ cm}^2 = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi_1 = BA_1 \cos \theta = (3 \times 10^{-2} \text{ T})(25 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cos 0^\circ = 7.5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

ب) اگر مطابق شکل ب و بدون تغییر $\vec{B}$ ، مساحت سطح حلقه را به 10 cm^2 برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

$$A_2 = 10 \text{ cm}^2 = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi_2 = BA_2 \cos \theta = (3 \times 10^{-2} \text{ T})(10 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \cos 0^\circ = 3 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

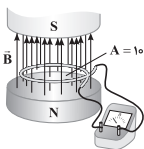
پ) اگر این تغییر شار در بازه زمانی $\Delta t = 0.2 \text{ s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta \Phi / \Delta t)$ را پیدا کنید.

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 3 \times 10^{-5} - 7.5 \times 10^{-5} = -4.5 \times 10^{-5} \text{ Wb}, \Delta t = 0.2 \text{ s}$$

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{-4.5 \times 10^{-5} \text{ Wb}}{0.2 \text{ s}} = -2.25 \times 10^{-4} \frac{\text{Wb}}{\text{s}}$$

تمرین ۴-۲ صفحه ۱۱۵ کتاب درسی

میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربای الکتریکی شکل روبه‌رو که بر سطح حلقه عمود است، با زمان تغییر می‌کند و در مدت 0.45 s از 0.28 T ، رو به بالا، به 0.17 T رو به پایین می‌رسد. در این مدت، (الف) نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه را به دست آورید. در این سؤال، نیم‌خط عمود بر سطح حلقه را به سمت بالا در نظر می‌گیریم. در ابتدا



$$A = 100 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

نیم‌خط عمود بر سطح حلقه هم‌جهت با میدان مغناطیسی و رو به بالاست؛ یعنی: $\theta_1 = 0^\circ$. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از حلقه در این حالت برابر است با:

$$\Phi_1 = B_1 A \cos \theta_1 = (0.28 \text{ T})(10^{-2} \text{ m}^2) \cos 0^\circ = 2.8 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

در حالت نهایی، میدان مغناطیسی در خلاف جهت نیم‌خط عمود بر سطح حلقه و رو به پایین است؛ یعنی $\theta = 180^\circ$. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حالت جدید برابر است با:

$$\Phi_2 = B_2 A \cos \theta_2 = (0.17 \text{ T})(10^{-2} \text{ m}^2) \cos 180^\circ = -1.7 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

$$\Delta t = 0.45 \text{ s} \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$= (-1) \times \frac{(-1.7 \times 10^{-3} \text{ Wb} - 2.8 \times 10^{-3} \text{ Wb})}{0.45 \text{ s}} = 0.01 \text{ V}$$

ب) اگر مقاومت حلقه 10Ω باشد، جریان القایی متوسط در حلقه را پیدا کنید.

$$\bar{I} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} = \frac{0.01 \text{ V}}{10 \Omega} = 0.001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

تمرین ۳-۴ صفحه ۱۲۰ کتاب درسی

۱- تعداد حلقه‌های سیملوله‌ای بدون هسته، به طول $2/8 \text{ cm}$ و سطح 10 cm^2 چه تعداد باشد تا ضریب القاوری آن 1 H شود؟

$$\ell = 2/8 \text{ cm} = 2/8 \times 10^{-2} \text{ m}, A = 10 \text{ cm}^2 = 10^{-3} \text{ m}^2$$

با توجه به رابطه ضریب القاوری داریم:

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} \Rightarrow 1 \text{ H} = (4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}) \frac{N^2 (10^{-3} \text{ m}^2)}{(2/8 \times 10^{-2} \text{ m})} \Rightarrow N = 4770 \text{ دور}$$

۲- دو سیملوله بدون هسته با سطح مقطع و تعداد دور یکسان را در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیملوله‌ها دو برابر دیگری باشد، ضریب القاوری‌اش چند برابر دیگری است؟ با توجه به فرض‌های

$$N_1 = N_2, A_1 = A_2, \ell_2 = 2\ell_1$$

صورت سؤال داریم:

با استفاده از رابطه ضریب القاوری می‌توان نوشت:

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{\mu_0 \frac{N_2^2 A_2}{\ell_2}}{\mu_0 \frac{N_1^2 A_1}{\ell_1}} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \left(\frac{A_2}{A_1}\right) \left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right) = (1)^2 (1) \left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow L_2 = \frac{1}{2} L_1$$

تمرین ۴-۴ صفحه ۱۲۲ کتاب درسی

سیملوله آرمانی بدون هسته‌ای به طول 22 cm و با حلقه‌هایی به مساحت 44 cm^2 ، شامل $N = 2000$ حلقه نزدیک به هم است و جریان $1/7 \text{ A}$ از آن می‌گذرد. ضریب القاوری و انرژی ذخیره‌شده در سیملوله را حساب کنید.

با استفاده از رابطه ضریب القاوری داریم:

$$\ell = 22 \text{ cm} = 0/22 \text{ m}$$

$$A = 44 \text{ cm}^2 = 44 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$L = \mu_0 \frac{N^2 A}{\ell} = (4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}) \frac{(2000)^2 (44 \times 10^{-4} \text{ m}^2)}{(0/22 \text{ m})} = 32\pi \times 10^{-5} \text{ H}$$

در انتها انرژی ذخیره‌شده در سیملوله را به صورت مقابل به دست می‌آوریم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} (32\pi \times 10^{-5} \text{ H}) (1/7 \text{ A})^2 = 1/4 \times 10^{-3} \text{ J}$$

تمرین ۵-۴ صفحه ۱۲۵ کتاب درسی

معادله جریان - زمان یک مولد جریان متناوب برحسب یکاهای SI به صورت $I = (4/0 \times 10^{-3}) \sin 250\pi t$ است.

الف) جریان در دو لحظه $t_1 = 2/0 \text{ ms}$ و $t_2 = 8/0 \text{ ms}$ چه قدر است؟

$$t_1 = 2 \text{ ms} = 2 \times 10^{-3} \text{ s} \Rightarrow I_1 = (4 \times 10^{-3} \text{ A}) \sin(250\pi \times 2 \times 10^{-3})$$

$$= (4 \times 10^{-3} \text{ A}) \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 4 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$t_2 = 8 \text{ ms} = 8 \times 10^{-3} \text{ s}$$

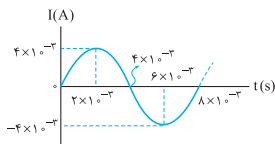
$$\Rightarrow I_2 = (4 \times 10^{-3} \text{ A}) \sin(250\pi \times 8 \times 10^{-3}) = (4 \times 10^{-3} \text{ A}) \sin(2\pi) = 0$$

ب) دوره تناوب جریان را به دست آورید و نمودار جریان - زمان را در یک دوره کامل رسم کنید.
با توجه به معادله جریان - زمان مولد داریم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) = (4 \times 10^{-3} \text{ A}) \sin(250\pi t) \Rightarrow \frac{2\pi}{T} = 250\pi$$

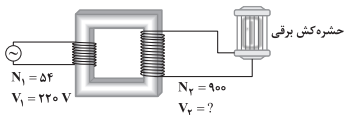
$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{250\pi} = 8 \times 10^{-3} \text{ s} = 8 \text{ ms}, \quad I_m = 4 \times 10^{-3} \text{ A}$$

بنابراین نمودار جریان-زمان به صورت مقابل است.



تمرین ۴-۶ صفحه ۱۲۷ کتاب درسی

برخی از وسیله‌های برقی، مانند حشره کش برقی، برای کارکردن نیاز به ولتاژهای بالا از مرتبه چند هزار ولت دارند. شکل مقابل تبدیلی را نشان می‌دهد که ولتاژ لازم را برای کار یک دستگاه حشره کش برقی فراهم می‌کند. اگر تعداد دور اولیه مبدل $N_1 = 54$ و تعداد دور ثانویه $N_2 = 900$ باشد، مبدل چه ولتاژی را برای کارکردن دستگاه حشره کش تأمین می‌کند؟



برای مبدل داریم:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{V_2}{220} = \frac{900}{54} \Rightarrow V_2 = \frac{220 \times 900}{54} \approx 3667 \text{ V}$$