

Elektryczność i magnetyzm

Plus Dodatni

Rozwiązanie każdego zadania zapisz na oddzielnej, podpisanej kartce z wyraźnie zaznaczonym numerem zadania.

1 Zadanie – Łamigłówka z elektrostatyki

Do dyspozycji masz uziemienie oraz trzy jednakowe metalowe kule, dwie z nich naładowane są ładunkiem Q , a trzecia ładunkiem $-Q$. Otrzymaj na jednej z nich ładunek $\frac{3}{8}Q$. Możesz łączyć kule ze sobą oraz z uziemieniem.

Odpowiedź: Najszybsza droga do uzyskania na jednej kuli ładunku o wartości $\frac{3}{8}Q$:

I połączenie kul o ładunkach Q i $-Q$

II połączenie kul o ładunkach 0 i Q

III połączenie kul o ładunkach $\frac{1}{2}Q$ i 0

IV połączenie kul o ładunkach $\frac{1}{2}Q$ i $\frac{1}{4}Q$

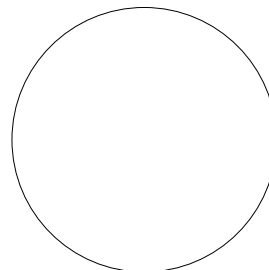
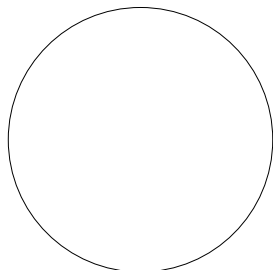
V i w ten sposób uzyskaliśmy ładunek $\frac{3}{8}Q$.

Uwaga! Za każdym razem łączymy kule na tyle długo, aby uzyskać taki sam ładunek na obydwu kulach.

2 Zadanie – Naładowane kule

Powierzchnie dwóch jednakowych plastikowych kul naładowano jednorodnie: pierwszej kuli ładunkiem $-2q$, a drugiej ładunkiem $+q$. Środki kul na początku były w odległości d od siebie, następnie przemieszczono jedną z kul i ta odległość wynosiła $0,25d$.

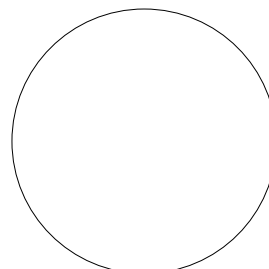
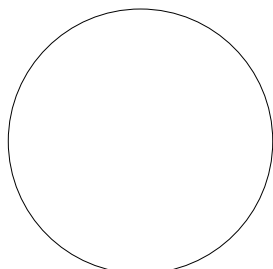
a) Uzupełnij luki i skreśl wyrazy tak, aby tabela zawierała prawdziwe informacje o siłach działających na kule przedstawione na rysunku.



kula 1		kula 2	
przed zsunieniem			
zwrot siły działającej na kulę 1:	w prawo/w lewo	zwrot siły działającej na kulę 2:	w prawo/w lewo
wyrażenie opisujące wartość tej siły:		wyrażenie opisujące wartość tej siły:	
po zsunieniu			
zwrot siły działającej na kulę 1:	w prawo/w lewo	zwrot siły działającej na kulę 2:	w prawo/w lewo
wyrażenie opisujące wartość tej siły:		wyrażenie opisujące wartość tej siły:	

b) Oblicz stosunek wartości siły działającej po zsunieniu do tej, która działała na początku.

Odpowiedź: a)



kula 1		kula 2	
przed zsunięciem			
zwrot siły działającej na kulę 1:	w prawo/ w lewo	zwrot siły działającej na kulę 2:	w prawo /w lewo
wyrażenie opisujące wartość tej siły:	$F = k \frac{2q^2}{d^2}$	wyrażenie opisujące wartość tej siły:	$F = k \frac{2q^2}{d^2}$
po zsunięciu			
zwrot siły działającej na kulę 1:	w prawo/ w lewo	zwrot siły działającej na kulę 2:	w prawo /w lewo
wyrażenie opisujące wartość tej siły:	$F = k \frac{2q^2}{(0,25d)^2}$	wyrażenie opisujące wartość tej siły:	$F = k \frac{2q^2}{(0,25d)^2}$

b) Stosunek sił wynosi $\frac{1}{(0,25)^2} \approx 16$.

3 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 22 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 9. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów.

Odpowiedź: Wartość natężenia pola elektrycznego $|\vec{E}| = kne/r^2 \approx 26,8 \cdot 10^6$ N/C, gdzie n jest liczbą atomową, e ładunkiem protonu, a k stałą elektryczną. Kierunek wektora natężenia pola elektrycznego \vec{E} jest taki sam jak prosta przechodząca przez jądro i punkt, w którym określamy pole. Zwrot \vec{E} jest *od jądra*.

4 Zadanie – Przyciągnięty elektron

Oblicz pracę siły elektrostatycznej ciężkiego jonu o wypadkowym ładunku $+6e$, gdzie e jest ładunkiem protonu, podczas przyciągania elektronu z odległości 8 mm do 5 nm. Przyjmij, że elektron na początku i na końcu procesu spoczywa. Wynik wyraż w elektronowoltach oraz w dżulach.

Odpowiedź: Praca

$$W_{1 \rightarrow 2} = -kne e \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \approx 1,73 \text{ eV} \approx 277 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

gdzie $n = +6$.

5 Zadanie – Praca nad ładunkiem w polu dipola elektrycznego

Oblicz pracę, jaką wykonała zewnętrzna siła, przemieszczając proton po półokręgu w polu trwałego, nieruchomego dipola elektrycznego o wartości momentu dipolowego $6,2 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo proton spoczywał na symetrycznej dipola w odległości 1,3 nm od tego dipola. Na końcu proton również spoczywał na symetrycznej dipola, ale w odległości 2,9 nm od tego dipola i po jego drugiej stronie.

Odpowiedź: Praca zewnętrznej siły jest równa 0.

6 Zadanie – Obrót molekuly w polu innej cząsteczki

Oblicz, ile energii zostanie przekazane otoczeniu, gdy molekula posiadająca moment dipolowy o wartości $4,1 \cdot 10^{-30}$ Cm ustawi się tak, by jej moment dipolowy był skierowany przeciwnie do momentu dipolowego drugiej, unieruchomionej molekuly znajdującej się w odległości 2,3 nm. Wartość momentu dipolowego drugiej molekuly jest równa $15,9 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo momenty dipolowe są ustawione równoległe i mają zgodne zwroty. Momenty dipolowe są prostopadłe do wektora względnego położenia molekuł. Przyjmij, że molekuly są trwałymi dipolami punktowymi. Energia potencjalna dwóch dipoli punktowych jest równa

$$E_p = k \left(\vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 - 3 \frac{\vec{p}_1 \cdot \vec{r}}{r} \frac{\vec{p}_2 \cdot \vec{r}}{r} \right) \frac{1}{r^3}$$

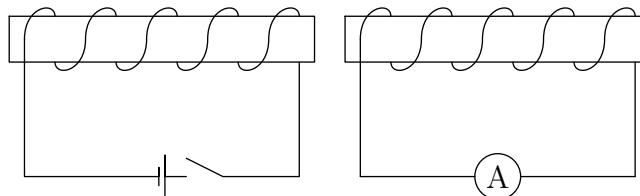
gdzie k jest stałą elektryczną, \vec{p}_i momentem dipolowym, a \vec{r} wektorem względnego położenia dipoli. Korzystając z tego wzoru, uzasadnij, które jego składowe są istotne w rozważanym problemie. Wynik wyraż w elektronowoltach oraz w dżulach.

Odpowiedź: Energia przekazana otoczeniu

$$W_{A \rightarrow B} = E_{pA} - E_{pB} = 2 k p_1 p_2 / r^3 \approx 601 \mu\text{eV} \approx 963 \cdot 10^{-25} \text{ J}$$

7 Zadanie – Zwojnica

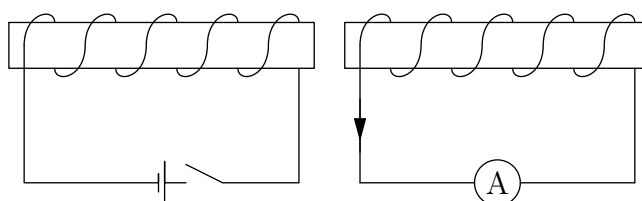
Na schemacie przedstawiono dwie zwojnice. W pierwszym obwodzie znajduje się bateria i włącznik, w drugim amperomierz. Po otworzeniu zamkniętego obwodu po lewej stronie w obwodzie po prawej stronie amperomierz zarejestrował przepływ prądu.



- Jak wyjaśnisz przepływ prądu w obwodzie po prawej stronie?
- Zaznacz na rysunku, w którym kierunku będzie płynął prąd w obwodzie po prawej stronie. Odpowiedź uzasadnij.

Odpowiedź:

- Tuż po otworzeniu obwodu po lewej stronie wzrasta w nim natężenie prądu, co powoduje zmianę pola magnetycznego wokół zwojnicy po lewej stronie, a więc także pola magnetycznego w otoczeniu zwojnicy po prawej stronie. Zajdzie zjawisko indukcji elektromagnetycznej.
- Zgodnie z regułą Lenza w obwodzie po prawej stronie popłynie prąd wyindukowany, taki żeby przeciwdziałać przyczynie wywołującej go. Gdy otwieramy obwód, zmniejszamy strumień pola elektromagnetycznego wokół zwojnicy, więc prąd w zwojnicy po prawej stronie popłynie w taki sposób, że bieguny elektromagnesu, jakim jest zwojnica, ustawią się tak samo, jak w zwojnicy po lewej stronie.



8 Zadanie – Cewka i magnes

Układ składa się z wykonanej z miedzianego drutu, podłączonej tylko do amperomierza cewki oraz trwałego, silnego magnesu. Cewka i magnes mogą być niezależnie przesuwane wzdłuż prostej, która jest jednocześnie osią cewki i magnesu (bieguny magnesu leżą na tej prostej). W poniższej tabeli, w wymienionych trzech przypadkach opisz zachowanie wartości bezwzględnej natężenia prądu, $|I|$, płynącego przez cewkę (*maleje, rośnie, stała i różna od 0, równa 0*) oraz wypadkowe oddziaływanie elektromagnetyczne między cewką a magnesem (*przyciągają się, odpychają się, nie oddziałują*).

opis	$ I $	oddziaływanie
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu		
Cewka jest ze stałą prędkością zbliżana do nieruchomego magnesu		
Magnes jest ze stałą prędkością zbliżany do nieruchomej cewki		

Odpowiedź:

opis	$ I $	oddziaływanie
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu	maleje	przyciągają się
Cewka jest ze stałą prędkością zbliżana do nieruchomego magnesu	rośnie	odpychają się
Magnes jest ze stałą prędkością zbliżany do nieruchomej cewki	rośnie	odpychają się

9 Zadanie – Rodzaje magnetyków

Zaobserwowano, że próbka materiału umieszczona w pobliżu cewki, przez którą płynął prąd elektryczny, była przyciągana do cewki. Po wyłączeniu prądu płynącego przez cewkę magnetyzacja próbki zmniejszyła się do zera. Podkreśl nazwę opisującą rodzaj magnetyka, z którego wykonana jest próbka: diamagnetyk, paramagnetyk.

Odpowiedź: Próbkę wykonano z paramagnetyka.

10 Zadanie – Rozładowanie akumulatora

Przez 45 godzin rozładowywano akumulator, mierząc płynący prąd amperomierzem. Średnie natężenie prądu podczas rozładowania było równe 61 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez amperomierz. Wynik podaj w kulombach.

Odpowiedź: Przepłynął ładunek równy $Q = It \approx 9880 \text{ C}$.

11 Zadanie – Alarm samochodowy

Przez pewien alarm samochodowy w trybie czuwania przepływa prąd o średnim natężeniu 10 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez ten układ w trakcie 25 dób. Wynik podaj w kulombach i amperogodzinach.

Odpowiedź: Przepłynął ładunek równy $Q = It \approx 6 \text{ Ah} \approx 21600 \text{ C}$.

12 Zadanie – Opornik

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 20 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 1,68 V.

a) Oblicz opór opornika.

b) Zakładając, że opornik spełnia prawo Ohma, oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik, gdy napięcie mierzone między jego końcówkami jest równe 6,72 V.

Odpowiedź:

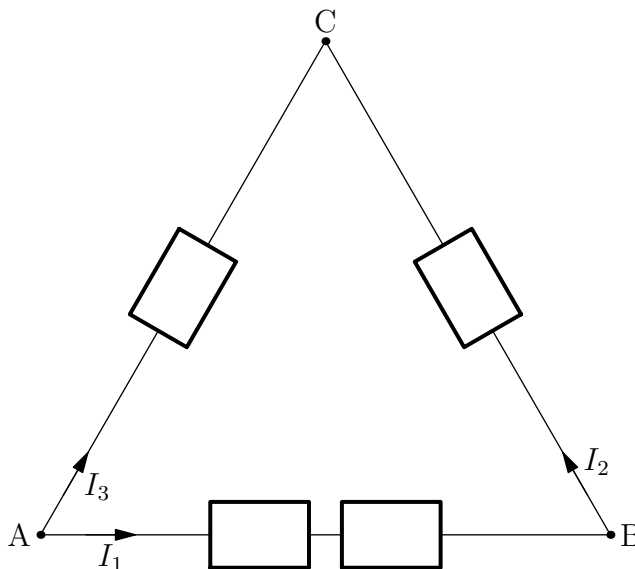
a) Opór $R = U_1/I_1 = 84 \Omega$.

b) Natężenie prądu $I_2 = U_2/R = I_1U_2/U_1 = 80 \text{ mA}$.

13 Zadanie – Opór zastępczy

Cztery oporniki o takich samych oporach $R = 20 \Omega$ połączono w sposób przedstawiony na rysunku. Napięcie U między punktami A i C wynosi 3 V.

- Oblicz opór zastępczy między zaciskami A i C.
- Oblicz natężenia prądów I_1 , I_2 i I_3 zaznaczonych na rysunku.
- Oblicz spadek napięcia między punktami B i C.

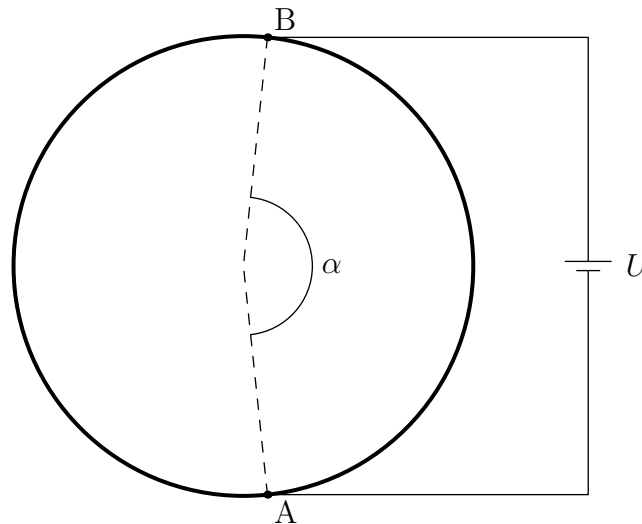


Odpowiedź:

- Opór zastępczy takiego układu wynosi 15Ω .
- Natężenia poszczególnych prądów wynoszą $I_1 = I_2 = 50 \text{ mA}$, a $I_3 = 150 \text{ mA}$.
- Spadek napięcia między punktami B i C wynosi 1 V.

14 Zadanie – Obwód elektryczny w kształcie okręgu

Kawałek drutu o długości 15 cm wykonany z jednorodnego przewodnika wygięto w kształt okręgu. Pomiędzy punktami A i B włączono baterię. Położenie punktów A i B przedstawia rysunek, $\alpha = 168^\circ$. Napięcie U na baterii wynosi 1,4 V. Oblicz moc wydzielaną w tym obwodzie. Opór właściwy zastosowanej substancji wynosi $\rho = 2,82 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$. Pole powierzchni przekroju poprzecznego drutu wynosi $S = 3,1 \text{ mm}^2$. Pomiń opór elektryczny przewodów połączeniowych oraz opór wewnętrzny baterii.



Odpowiedź: Moc wydzielana w układzie wynosi ok. 5770 W.