

Elektryczność i magnetyzm

Plus Dodatni

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

1 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 20 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 6. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów.

Odpowiedź: Wartość natężenia pola elektrycznego $|\vec{E}| = k n e / r^2 \approx 21,6 \cdot 10^6$ 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*.

2 Zadanie – Przyciągnięty elektron

Oblicz pracę siły elektrostatycznej ciężkiego jonu o wypadkowym ładunku $+2e$, gdzie e jest ładunkiem protonu, podczas przyciągania elektronu z odległości 2 mm do 9 nm. Przyjmij, że elektron na początku i na końcu procesu spoczywa. Wynik wyraż w elektronowoltach oraz w dżulach.

Odpowiedź: Praca

$$W_{1 \rightarrow 2} = -k n e e \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \approx 0,32 \text{ eV} \approx 51,3 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

gdzie $n = +2$.

3 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 $2,5 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo proton spoczywał na symetralnej dipola w odległości 1,8 nm od tego dipola. Na końcu proton również spoczywał na symetralnej dipola, ale w odległości 3,2 nm od tego dipola i po jego drugiej stronie.

Odpowiedź: Praca zewnętrznej siły jest równa 0.

4 Zadanie – Obrót molekuly w polu innej cząsteczki

Oblicz, ile energii zostanie przekazane otoczeniu, gdy molekula posiadająca moment dipolowy o wartości $2,2 \cdot 10^{-30}$ Cm ustawi się tak, by jej moment dipolowy był skierowany przeciwnie do momentu dipolowego drugiej, nieruchomionej molekuly znajdującej się w odległości 2,5 nm. Wartość momentu dipolowego drugiej molekuly jest równa $16 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo momenty dipolowe są ustawione równoległe i mają zgodne zwroty. Momenty dipolowe są

prostopadłe do wektora względnego położenia molekuł. Przyjmij, że molekuły 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

$$W_{A \rightarrow B} = E_{pA} - E_{pB} = 2k p_1 p_2 / r^3 \approx 253 \mu\text{eV} \approx 405 \cdot 10^{-25} \text{ J}$$

5 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
Magnes spoczywa w środku nieruchomej cewki		
Magnes jest ze stałą prędkością oddalany od nieruchomej cewki		
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu		

Odpowiedź:

opis	$ I $	oddziaływanie
Magnes spoczywa w środku nieruchomej cewki	równa 0	brak oddziaływania
Magnes jest ze stałą prędkością oddalany od nieruchomej cewki	maleje	przyciągają się
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu	maleje	przyciągają się

6 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.

7 Zadanie – Rozładowanie akumulatora

Przez 35 godzin rozładowywano akumulator, mierząc płynący prąd amperomierzem. Średnie natężenie prądu podczas rozładowania było równe 44 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez amperomierz. Wynik podaj w kulombach.

Odpowiedź: Przepłynął ładunek równy $Q = It \approx 5540 \text{ C}$.

8 Zadanie – Alarm samochodowy

Przez pewien alarm samochodowy w trybie czuwania przepływa prąd o średnim natężeniu 30 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez ten układ w trakcie 13 dób. Wynik podaj w kulombach i amperogodzinach.

Odpowiedź: Przepłynął ładunek równy $Q = It \approx 9,36 \text{ Ah} \approx 33700 \text{ C}$.

9 Zadanie – Opornik

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 10 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 0,54 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 3,24 V.

Odpowiedź:

a) Opór $R = U_1/I_1 = 54 \Omega$.

b) Natężenie prądu $I_2 = U_2/R = I_1U_2/U_1 = 60 \text{ mA}$.