

Elektryczność i magnetyzm

Plus Dodatni

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

1 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Piotr Nieżurawski, update: 2017-05-16, id: pl-elektrodynamika-0001000, diff: 1

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 19 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 4. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów.

Wskazówka: Ile protonów znajduje się w jądrze?

Wskazówka: Jaki jest ładunek elektryczny protonu?

Odpowiedź: Wartość natężenia pola elektrycznego $|\vec{E}| = k n e / r^2 \approx 16 \cdot 10^6$ 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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-06-19, id: pl-elektrodynamika-0002000, diff: 1

Oblicz pracę siły elektrostatycznej ciężkiego jonu o wypadkowym ładunku $+5e$, gdzie e jest ładunkiem protonu, podczas przyciągania elektronu z odległości 5 mm do 3 nm. Przyjmij, że elektron na początku i na końcu procesu spoczywa. Wynik wyraż w elektronowoltach oraz w dżulach.

Wskazówka: Pracę siły zachowawczej można wyrazić jako różnicę energii potencjalnych.

Wskazówka: Praca podczas przyciągania z odległości r_1 do r_2 jest równa $W_{1 \rightarrow 2} = E_{p1} - E_{p2}$, gdzie E_{p1} oznacza energię potencjalną układu jon-elektron na początku, a E_{p2} na końcu ruchu.

Odpowiedź: Praca

$$W_{1 \rightarrow 2} = -k n e e \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \approx 2,4 \text{ eV} \approx 384 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

gdzie $n = +5$.

3 Zadanie – Praca nad ładunkiem w polu dipola elektrycznego

Piotr Nieżurawski, update: 2017-06-19, id: pl-elektrodynamika-0003500, diff: 1

Oblicz pracę, jaką wykonała zewnętrzna siła, przemieszczając proton po półokręgu w polu trwałego, nieruchomego dipola elektrycznego o wartości momentu dipolowego $4,8 \cdot 10^{-30}$ 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 3,6 nm od tego dipola i po jego drugiej stronie.

Wskazówka: Pracę siły zachowawczej można wyrazić jako różnicę energii potencjalnych.

Wskazówka: Ile pracy wykona zewnętrzna siła, przesuając ładunek wzdłuż symetralnej dipola, jeśli na końcu i na początku ładunek spoczywa?

Albo:

Ile pracy wykona zewnętrzna siła, przesuując jednostajnie ładunek wzdłuż symetralnej dipola?

Wskazówka: Jak jest skierowane natężenie pola elektrycznego na symetralnej dipola?

Odpowiedź: Praca zewnętrznej siły jest równa 0.

4 Zadanie – Obrót molekuly w polu innej cząsteczki

Piotr Nieżurawski, update: 2017-06-04, id: pl-elektrodynamika-0004000, diff: 1

Oblicz, ile energii zostanie przekazane otoczeniu, gdy molekula posiadająca moment dipolowy o wartości $6,1 \cdot 10^{-30}$ Cm ustawi się tak, by jej moment dipolowy był skierowany przeciwnie do momentu dipolowego drugiej, unieruchomionej molekuly znajdującej się w odległości 1,2 nm. Wartość momentu dipolowego drugiej molekuly jest równa $18,8 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo momenty dipolowe są ustawione równolegle 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.

Wskazówka: Pracę siły zachowawczej można wyrazić jako różnicę energii potencjalnych.

Wskazówka: Momenty dipolowe w początkowym i końcowym ustawieniu są prostopadłe do wektora względnego położenia, więc $\vec{p}_i \cdot \vec{r} = 0$. Istotny jest tylko składnik $k \vec{p}_1 \cdot \vec{p}_2 / r^3$.

Odpowiedź: Energia przekazana otoczeniu

$$W_{A \rightarrow B} = E_{pA} - E_{pB} = 2k p_1 p_2 / r^3 \approx 7450 \mu\text{eV} \approx 11900 \cdot 10^{-25} \text{ J}$$

5 Zadanie – Cewka i magnes

Piotr Nieżurawski, update: 2017-01-26, id: pl-elektrodynamika-0008000, diff: 1

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 zbliżana do nieruchomego magnesu		
Magnes jest ze stałą prędkością oddalany od nieruchomej cewki		
Magnes jest ze stałą prędkością zbliżany do nieruchomej cewki		

Odpowiedź:

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

6 Zadanie – Rodzaje magnetyków

Piotr Nieżurawski, update: 2018-02-05, id: pl-magnetyzm-0004000, diff: 1

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

Piotr Nieżurawski, update: 2017-07-04, id: pl-obwody-elektryczne-0000500, diff: 1

Przez 17 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.

Wskazówka: $I = Q/t$

Wskazówka: $1\text{ C} = 1\text{ A} \cdot 1\text{ s}$

Odpowiedź: Przepłynął ładunek równy $Q = It \approx 3730\text{ C}$.

8 Zadanie – Alarm samochodowy

Piotr Nieżurawski, Andrzej Twardowski, update: 2018-01-31, id: pl-obwody-elektryczne-0000510, diff: 1

Przez pewien alarm samochodowy w trybie czuwania przepływa prąd o średnim natężeniu 35 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez ten układ w trakcie 11 dób. Wynik podaj w kulombach i amperogodzinach.

Wskazówka: $I = Q/t$

Wskazówka: $1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h}$

Wskazówka: $1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$

Odpowiedź: Przepłynął ładunek równy $Q = It \approx 9,24 \text{ Ah} \approx 33300 \text{ C}$.

9 Zadanie – Opornik

Piotr Nieżurawski, update: 2017-06-24, id: pl-obwody-elektryczne-0001000, diff: 1

Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 20 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 1,52 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 9,12 V.

Wskazówka: $U = RI$

Wskazówka: $I_1/U_1 = I_2/U_2$

Odpowiedź:

a) Opór $R = U_1/I_1 = 76 \Omega$.

b) Natężenie prądu $I_2 = U_2/R = I_1U_2/U_1 = 120 \text{ mA}$.