

Elektryczność i magnetyzm

Plus Dodatni

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

Założenia do zadań

Wszystkie przewodniki są uznawane za cienkie, o ile treść zadania nie stanowi inaczej. Jako ramkę określono strukturę przypominającą kształtem obwód prostokąta, wzdłuż którego nawinięty jest przewód. Natomiast obwód oznacza przewodnik, przez który płynie prąd elektryczny. Powierzchnia ramki jest to fragment płaszczyzny ograniczony ramką. Za płaszczyznę obwodu uznajemy płaszczyznę zawierającą wszystkie elementy obwodu. Powodzenia!

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.

2 Zadanie – Naładowane kule

Powierzchnie dwóch jednakowych plastikowych kul naładowano jednorodnie: pierwszej kuli ładunkiem $-2q$, a drugiej ładunkiem $-3q$. Środki kul na początku były w odległości d od siebie, następnie przemieszczono jedną z kul i ta odległość wynosiła $4d$.

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 rozsunięciem			
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 rozsunięciu			
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 rozsunięciu do tej, która działała na początku.

3 Zadanie – Natężenie pola elektrycznego

Oblicz wartość natężenia pola elektrycznego w odległości 22 nm od jądra atomowego o liczbie atomowej 12. Opisz również kierunek i zwrot wektora natężenia pola elektrycznego względem jądra. Pomiń wpływ innych obiektów.

4 Zadanie – Proton wewnątrz kondensatora

Pomiędzy okładki płaskiego kondensatora próżniowego, równoległe do jego okładek, wpada proton poruszający się z prędkością 7700 m/s. Oblicz przyrost energii kinetycznej protonu po przejściu przez kondensator, jeżeli odległość między okładkami wynosi 7 mm, napięcie między nimi 2 V, a długość okładek 4 cm. Proton nie zetknął się z okładkami kondensatora. Pomiń oddziaływanie grawitacyjne. Przyjmij, że pole elektryczne między okładkami jest jednorodne.

5 Zadanie – Proton w polu magnetycznym

W jednorodnym polu magnetycznym o indukcji 9,8 T porusza się proton po okręgu o promieniu 17 cm. Oblicz częstotliwość, z jaką porusza się proton.

6 Zadanie – Skrzyżowanie pól

W obszar pola elektrycznego skrzyżowanego z polem magnetycznym trafia cząstka α . Cząstka wewnątrz tego obszaru porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym z prędkością 550 m/s. Natężenie pola elektrycznego wynosi 700 N/C. Oblicz wartość indukcji pola magnetycznego wewnątrz tego obszaru.

7 Zadanie – Ruch po linii śrubowej

Proton o energii kinetycznej $4,9 \cdot 10^{-14}$ J wpada w obszar jednorodnego pola magnetycznego, którego wektor indukcji ma wartość 7,3 T. Kąt między kierunkiem wektora indukcji a kierunkiem prędkości protonu jest równy 45° . Ile wynosi skok linii śrubowej, po której porusza się proton? Przyjmij, że energia kinetyczna protonu jest stała.

8 Zadanie – Przyciągnięty elektron

Oblicz pracę siły elektrostatycznej ciężkiego jonu o wypadkowym ładunku $+5e$, gdzie e jest ładunkiem protonu, podczas przyciągania elektronu z odległości 9 mm do 8 nm. Przyjmij, że elektron na początku i na końcu procesu spoczywa. Wynik wyraż w elektronowoltach oraz w dżulach.

9 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 $5,1 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo proton spoczywał na symetralnej dipola w odległości 1,2 nm od tego dipola. Na końcu proton również spoczywał na symetralnej dipola, ale w odległości 2,7 nm od tego dipola i po jego drugiej stronie.

10 Zadanie – Obrót molekuli w polu innej cząsteczki

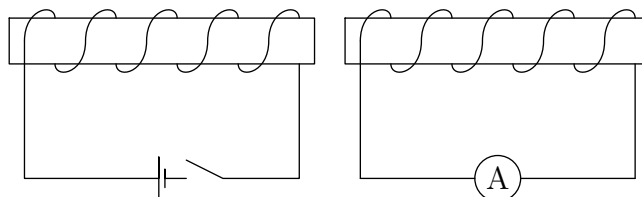
Oblicz, ile energii zostanie przekazane otoczeniu, gdy molekula posiadająca moment dipolowy o wartości $2,5 \cdot 10^{-30}$ Cm ustawi się tak, by jej moment dipolowy był skierowany przeciwnie do momentu dipolowego drugiej, nieruchomionej molekuli znajdującej się w odległości 1,7 nm. Wartość momentu dipolowego drugiej molekuli jest równa $14,5 \cdot 10^{-30}$ Cm. Początkowo momenty dipolowe są ustawione równolegle i mają zgodne zwroty. Momenty dipolowe są prostopadłe do wektora względnego położenia molekuł. Przyjmij, że molekuli 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.

11 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.

12 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 jest ze stałą prędkością zbliżany do nieruchomej cewki		
Magnes spoczywa w środku nieruchomej cewki		
Cewka jest ze stałą prędkością oddalana od nieruchomego magnesu		

13 Zadanie – Dwa przewodniki kołowe

Dwa przewodniki w kształcie okręgów o promieniach r i $2r$, współśrodkowe i leżące w jednej płaszczyźnie, znajdują się w jednorodnym polu magnetycznym o wektorze indukcji B prostopadłym do płaszczyzny przewodników. Ile wynosi strumień indukcji magnetycznej przenikający przez powierzchnię pomiędzy przewodnikami? Oblicz wartość strumienia dla $B = 3,9$ T i $r = 54$ cm.

14 Zadanie – Kwadratowy obwód

Obwód w kształcie kwadratu o boku 0,6 m jest umieszczony prostopadle do wektora indukcji pola magnetycznego o wartości 5,1 T. Ile była równa wartość siły elektromotorycznej indukcji, jeśli indukcja pola magnetycznego zmalała jednostajnie w czasie 7 s do 1 T? Pomijamy pole magnetyczne powstające na skutek przepływu prądu w obwodzie.

15 Zadanie – Indukcja w ramce

Prostokątny obwód o bokach 59 cm i 53 cm znajduje się w obszarze, gdzie wektor indukcji magnetycznej jest prostopadły do powierzchni zawierającej obwód i zależy od czasu jak $B = B_o \cos(\omega t)$, gdzie $B_o = 23$ T, a $\omega = 0,5$ 1/s. Wyznacz zależność od czasu siły elektromotorycznej wyindukowanej w ramce, a następnie oblicz, ile będzie ona wynosiła dla $t = 120$ s.

16 Zadanie – Obwód wyjmowany z pola magnetycznego

Prostokątny obwód elektryczny jest umieszczony w prostopadłym do jego powierzchni polu magnetycznym o indukcji 8,1 T. Jeśli jego powierzchnia wynosi 1 m^2 , a opór 90Ω , to jaki ładunek przepłynie przez przekrój poprzeczny przewodnika podczas wyjmowania obwodu z pola magnetycznego? Pomijamy pole magnetyczne powstające na skutek przepływu prądu w obwodzie.

17 Zadanie – Obracająca się ramka w polu magnetycznym

Na ramkę o powierzchni 2 cm^2 nawinięto 1000 zwojów cienkiego izolowanego przewodu. Ramka obraca się w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji 7,5 T. Oś obrotu znajduje się w płaszczyźnie ramki i jest prostopadła do wektora indukcji pola magnetycznego. W ramce wyindukowała się siła elektromotoryczna o amplitudzie 38 V. Oblicz częstotliwość obrotów ramki.

18 Zadanie – Wirujący obwód w polu magnetycznym

Obwód w kształcie kwadratu o polu powierzchni 1200 cm^2 obraca się ruchem jednostajnym z prędkością kątową 15 rad/s w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji 3,1 T. Oś obrotu znajduje się w płaszczyźnie obwodu i tworzy kąt 60° z kierunkiem linii wektora indukcji pola magnetycznego. Znajdź maksymalną siłę elektromotoryczną indukowaną w obwodzie. Pomijamy pole magnetyczne powstające w wyniku ruchu ładunków w obwodzie.

19 Zadanie – Odchylający się pręt

Jednorodny pręt metalowy o masie 0,22 kg i długości 0,8 m zawieszono poziomo na dwóch równoległych sznurach o jednakowej długości. Sznury zostały przymocowane do końców pręta. Całość umieszczono w jednorodnym pionowym polu magnetycznym o indukcji 0,2 T. Jeżeli przez pręt płynie prąd elektryczny, to sznury odchylają się od pionu o kąt 45° . Oblicz natężenie płynącego prądu i siłę napinającą każdy ze sznurów. Pomijamy masę sznurów oraz wpływ przewodów, którymi doprowadzono prąd do pręta.

20 Zadanie – Pręt w polu magnetycznym

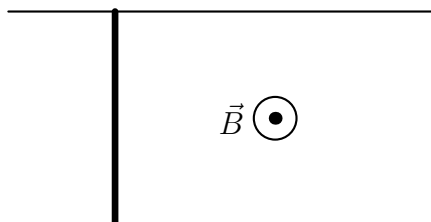
Wartość indukcji jednorodnego pola magnetycznego wynosi 9,3 T. Cienki metalowy pręt o długości 3,1 m porusza się ze stałą prędkością 28 m/s prostopadłą do pręta i do wektora indukcji. Pręt znajduje się w płaszczyźnie prostopadłej do linii pola magnetycznego. Oblicz wartość siły elektromotorycznej indukcji powstałej między końcami pręta. Pomijamy pole magnetyczne powstałe podczas ruchu ładunków w pręcie.

21 Zadanie – Wirujący pręt w polu magnetycznym

Pręt o długości 1,8 m wiruje ze stałą prędkością kątową 20 rad/s w polu magnetycznym o indukcji 0,3 T. Oś obrotu jest prostopadła do pręta i przechodzi przez jego koniec równoległe do linii pola magnetycznego. Oblicz siłę elektromotoryczną wyindukowaną pomiędzy końcami pręta.

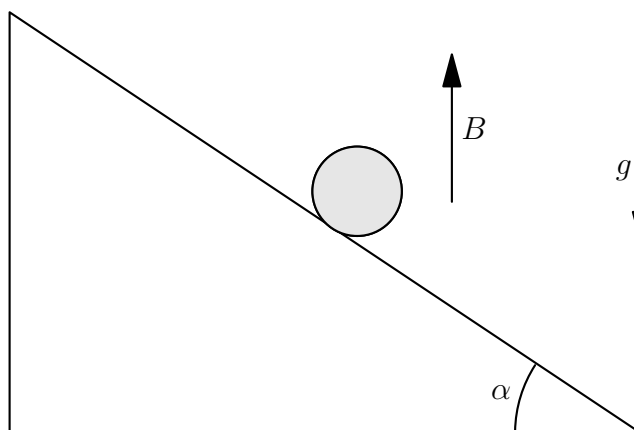
22 Zadanie – Pręt na szynach

Na dwóch równoległych szynach, leżących na poziomej podłodze w odległości 60 cm od siebie, leży jednorodny metalowy pręt o masie 2 kg. Pręt jest prostopadły do szyn. Po połączeniu szyn ze źródłem prądu, przez pręt płynie prąd 27 A. Pręt i szyny umieszczono w jednorodnym, pionowym polu magnetycznym. Współczynnik tarcia pręta o szyny jest równy 0,18. Oblicz indukcję pola magnetycznego, jeżeli pręt umieszczony w tym polu przesuwa się po szynach ze stałą prędkością równoległą do szyn. Pomijamy pole magnetyczne powstające w wyniku ruchu ładunków w obwodzie.



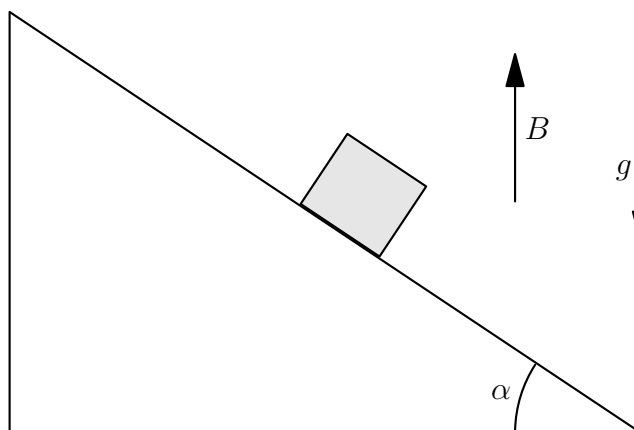
23 Zadanie – Pręt spoczywający na równi

Na równoległych metalowych szynach, ustawionych w odległości 2,5 m, pod kątem 35° do poziomu, położono poziomo, prostopadle do szyn, miedziany pręt o średnicy 34 mm i długości 3,2 m. Szyny znajdują się w jednorodnym pionowym polu magnetycznym o indukcji 1,7 T. Jaki prąd elektryczny i w którą stronę musi płynąć po podłączeniu źródła prądu do szyn, aby pręt pozostał w spoczynku? Gęstość miedzi wynosi 8933 kg/m^3 . Pomijamy pole magnetyczne powstające w wyniku ruchu ładunków w obwodzie, opór elektryczny szyn oraz tarcie pręta o szyny.



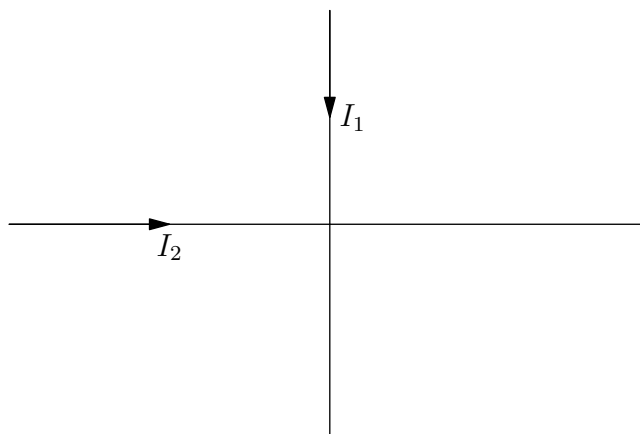
24 Zadanie – Pręt zsuwający się po równi

Pręt metalowy o masie 2,1 kg położono poziomo na dwóch równoległych szynach odległych od siebie o 1 m, nachylonych do poziomu pod kątem 45° . Pręt jest prostopadły do szyn. Szyny znajdują się w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji 7,2 T skierowanej pionowo. Szyny są połączone na jednym końcu opornikiem o oporze 35Ω . Współczynnik tarcia między prętem i szynami wynosi 0,2. Oblicz prędkość, z jaką będzie zsuwał się pręt, jeśli będzie poruszał się ruchem jednostajnym. Czy zwrot siły elektrodynamicznej w tym układzie zależy od zwrotu indukcji pola magnetycznego? Odpowiedź uzasadnij. Zaniedbaj opór elektryczny szyn i pręta. Pomiń pole magnetyczne powstające w wyniku ruchu ładunków w obwodzie.



25 Zadanie – Dwa prostopadłe przewodniki

Na płaszczyźnie umieszczono dwa długie, prostopadłe do siebie przewodniki prostoliniowe. Natężenie prądu płynącego w pierwszym przewodniku, I_1 , jest cztery razy mniejsze niż w drugim, I_2 . Znajdź zbiór punktów na płaszczyźnie, gdzie indukcja pola magnetycznego jest równa zero.



26 Zadanie – Rodzaje magnetyków

Zaobserwowano, że próbka materiału umieszczona w pobliżu cewki, przez którą płynął prąd elektryczny, była odpychana od 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.

27 Zadanie – Rozładowanie akumulatora

Przez 31 godzin rozładowywano akumulator, mierząc płynący prąd amperomierzem. Średnie natężenie prądu podczas rozładowania było równe 27 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez amperomierz. Wynik podaj w kulombach.

28 Zadanie – Alarm samochodowy

Przez pewien alarm samochodowy w trybie czuwania przepływa prąd o średnim natężeniu 25 mA. Oblicz ładunek, który przepłynął przez ten układ w trakcie 12 dób. Wynik podaj w kulombach i amperogodzinach.

29 Zadanie – Obwód z drutem oporowym

Obwód składa się ze źródła zasilania o napięciu 40 V oraz drutu oporowego w kształcie walca o promieniu podstawy 0,3 mm oraz wysokości 0,22 m. Źródło jest podłączone za pomocą przewodów do podstaw walca. Drut oporowy jest wykonany z Kantalu, którego opór właściwy wynosi $1,45 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Oblicz natężenie prądu płynącego w tym obwodzie.

30 Zadanie – Opornik

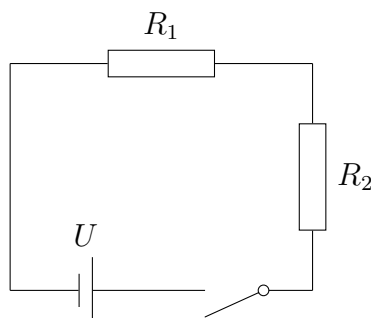
Gdy przez opornik płynął stały prąd o natężeniu 20 mA, napięcie mierzone między końcówkami opornika było równe 1,04 V.

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 8,32 V.

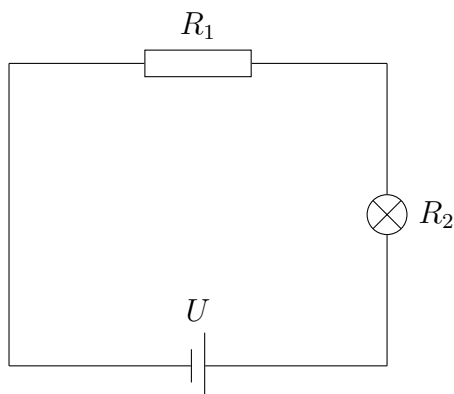
31 Zadanie – Natężenie prądu...

Oblicz natężenie prądu płynącego przez opornik R_1 , jeśli $R_1 = 15 \Omega$, $R_2 = 11 \Omega$, $U = 5 \text{ V}$.



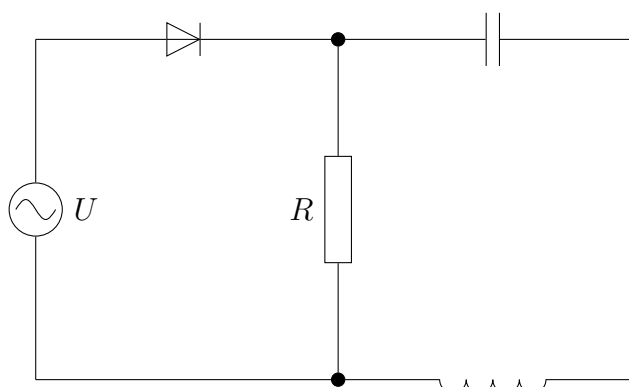
32 Zadanie – Gdzie podłączyć mierniki? I

Narysuj schemat przedstawiający jednocześnie podłączone do poniżej przedstawionego obwodu amperomierz i woltomierz tak, by wskazywały odpowiednio natężenie przepływającego przez opornik R_1 prądu oraz napięcie na tym oporniku. Przyjmij, że amperomierz ma bardzo mały, a woltomierz bardzo duży opór w porównaniu z R_1 .



33 Zadanie – Gdzie podłączyć mierniki? II

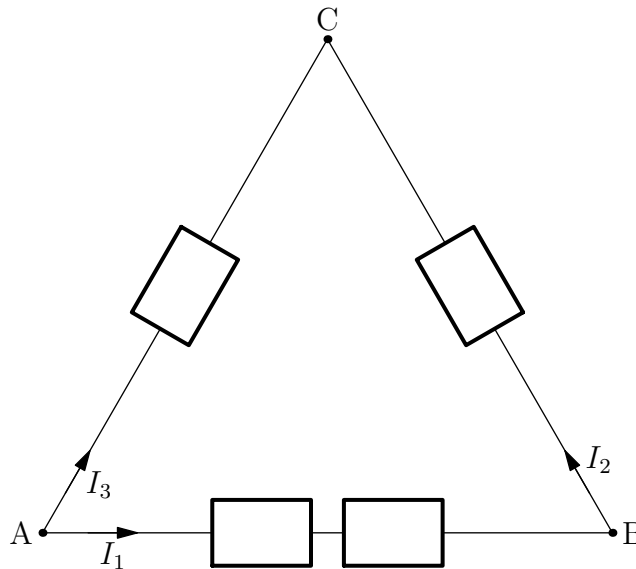
Narysuj schemat przedstawiający jednocześnie podłączone do poniżej przedstawionego obwodu amperomierz i woltomierz tak, by wskazywały odpowiednio natężenie przepływającego przez opornik R_1 prądu oraz napięcie na tym oporniku. Przyjmij, że amperomierz ma bardzo mały, a woltomierz bardzo duży opór w porównaniu z R .



34 Zadanie – Opór zastępczy

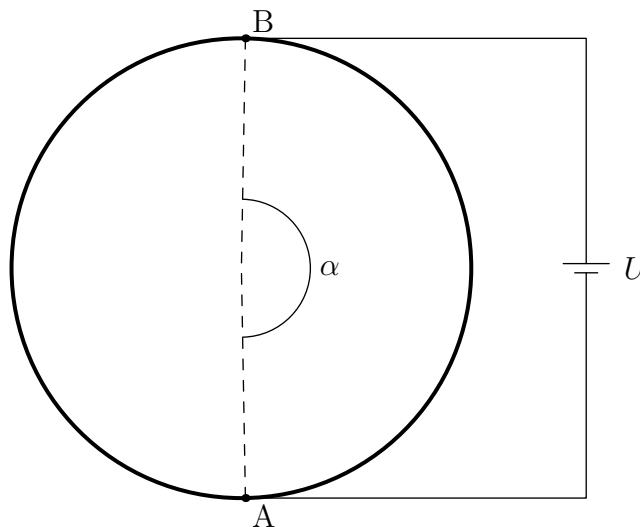
Cztery oporniki o takich samych oporach $R = 16 \Omega$ połączono w sposób przedstawiony na rysunku. Napięcie U między punktami A i C wynosi 4 V.

- 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.



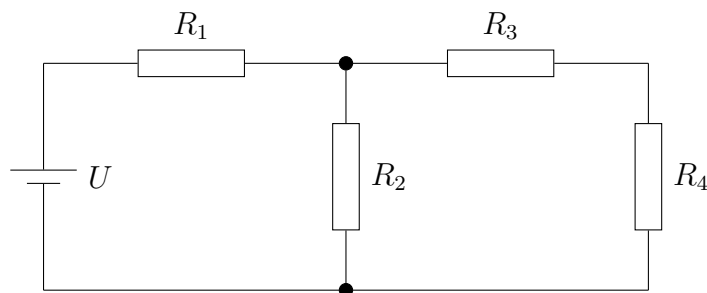
35 Zadanie – Obwód elektryczny w kształcie okręgu

Kawałek drutu o długości 13 cm wykonany z jednorodnego przewodnika wygięto w kształt okręgu. Pomiędzy punktami A i B włączono baterię. Położenie punktów A i B przedstawia rysunek, $\alpha = 178^\circ$. Napięcie U na baterii wynosi 1,3 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 $S = 18 \text{ mm}^2$. Pomiń opór elektryczny przewodów połączeniowych oraz opór wewnętrzny baterii.



36 Zadanie – Napięcie na oporniku – obwód 3

Oblicz spadek napięcia na oporniku R_4 w poniższym obwodzie, jeśli $R_1 = 11 \Omega$, $R_2 = 11 \Omega$, $R_3 = 9 \Omega$, $R_4 = 8 \Omega$, $U = 17 \text{ V}$.



37 Zadanie – Oscylujący ładunek

Dany jest układ składający się z dwóch kondensatorów o pojemności C , dwóch cewek o indukcji L oraz opornika o rezystancji R . Elementy zostały połączone ze sobą tak, jak przedstawia rysunek poniżej. Znajdź zależność ładunku gromadzącego się na kondensatorach od czasu. Przyjmij, że $L > R^2 C$

