



Jak definiuje się prąd elektryczny?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Jak definiuje się prąd elektryczny?

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Czy to nie ciekawe?

Siedzisz teraz zapewne w fotelu z kubkiem herbaty, wpatrując się w ekran komputera lub telefonu, by zgłębiać tajniki wiedzy o elektryczności. Nie byłoby to możliwe bez prądu elektrycznego, który płynie właśnie przez układy scalone znajdujące się w Twoim komputerze lub komórce. Woda na herbatę została prawdopodobnie zagotowana w czajniku elektrycznym. Mam nadzieję, że nie psujesz sobie wzroku i masz włączoną choćby lampkę, również podłączoną do prądu. Wszędzie ten prąd! Nie sposób wyobrazić sobie naszego codziennego życia bez prądu. Czy nie byłoby ciekawe dowiedzieć się dokładnie, co to jest prąd elektryczny, na czym polega jego działanie i jak go wykorzystać? Tak? A zatem do dzieła!

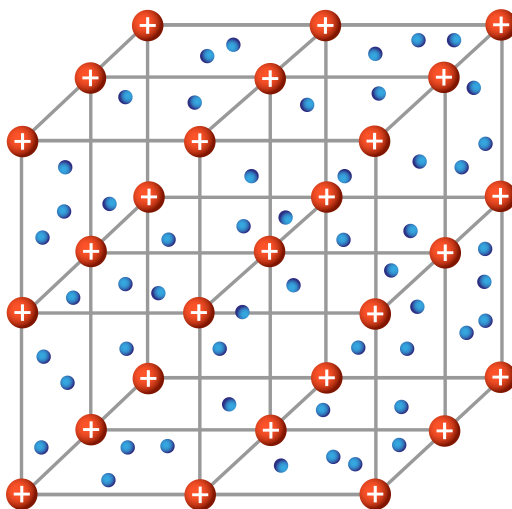
Twoje cele

- Opiszysz, jak poruszają się nośniki ładunku w kablu podłączonym i niepodłączonym do prądu.
- Wyodrębnisz ruch termiczny elektronów oraz ich ruch dryfowy.
- Określisz, który z tych ruchów odpowiada prądowi elektrycznemu.
- Obliczysz i porównasz wartości prędkości tych ruchów.
- Rozstrzygniesz i uzasadnisz, czy we wskazanych sytuacjach występuje przepływ prądu elektrycznego.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Wiesz już, że w różnych materiałach znajdują się nośniki ładunku. Są to cząstki lub jony posiadające ładunek elektryczny, mogące swobodnie poruszać się w obrębie tego materiału. Np. mamy kawałek metalowego drutu (czyli przewodnika), który jest zbudowany z atomów połączonych w sieć krystaliczną (Rys. 1.). Część elektronów tworzących te atomy nazywamy elektronami swobodnymi, bo mogą one swobodnie poruszać się wzdłuż całego drutu. Elektrony te mają ujemny ładunek, ale cały materiał jest obojętny elektrycznie, bo posiada w sumie tyle samo swobodnych elektronów, co jonów.



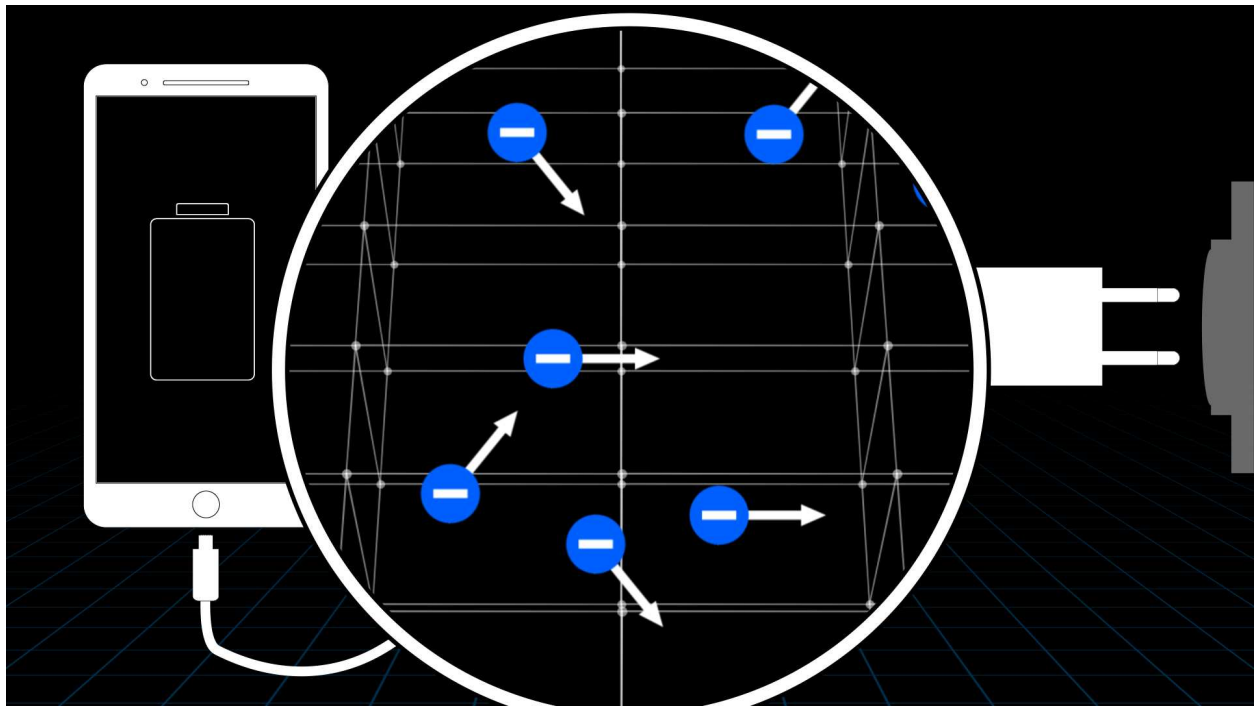
Rys. 1. Fragment sieci krystalicznej metalu

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Powiedzieliśmy, że elektrony swobodne mogą się poruszać. Prąd elektryczny w przewodniku jest uporządkowanym ruchem tych elektronów swobodnych. W ogólności mówimy, że

prąd elektryczny to uporządkowany ruch ładunków elektrycznych

W przewodnikach jest to ruch elektronów swobodnych, w półprzewodnikach – elektronów i tzw. dziur, w elektrolitach – jonów, a w zjonizowanych gazach – jonów i elektronów. A co oznacza słowo „uporządkowany”? Nośniki mogą ruszać się zarówno w sposób chaotyczny, jak i uporządkowany. Przyjrzyjmy się obu wymienionym rodzajom ruchu.



Rys. 2. Elektrony swobodne poruszają się chaotycznie zderzając się z drgającymi atomami sieci krystalicznej metalu.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Spójrzmy na kawałek drutu w kablu Twojej ładowarki do telefonu (Rys. 2.). Zapewne kabel ten znajduje się w temperaturze pokojowej, około 20°C . Wiesz już, że to oznacza, że cała sieć krystaliczna tego drutu drga z dużą częstotliwością. Elektrony swobodne zderzają się z tymi rozedrganymi atomami. Ponieważ są bardzo lekkie, w wyniku zderzeń nabierają ogromnych prędkości, których kierunki są praktycznie losowe i bardzo często się zmieniają. Przypomnijmy sobie związek między temperaturą w skali Kelvina, a średnią prędkością cząstek i obliczmy średnią prędkość elektronu w takim drucie.

Jakkolwiek to dziwne, elektrony swobodne w metalu zachowują się z dobrym przybliżeniem jak gaz doskonały. W związku z tym średnia energia kinetyczna elektronu jest powiązana z temperaturą następująco:

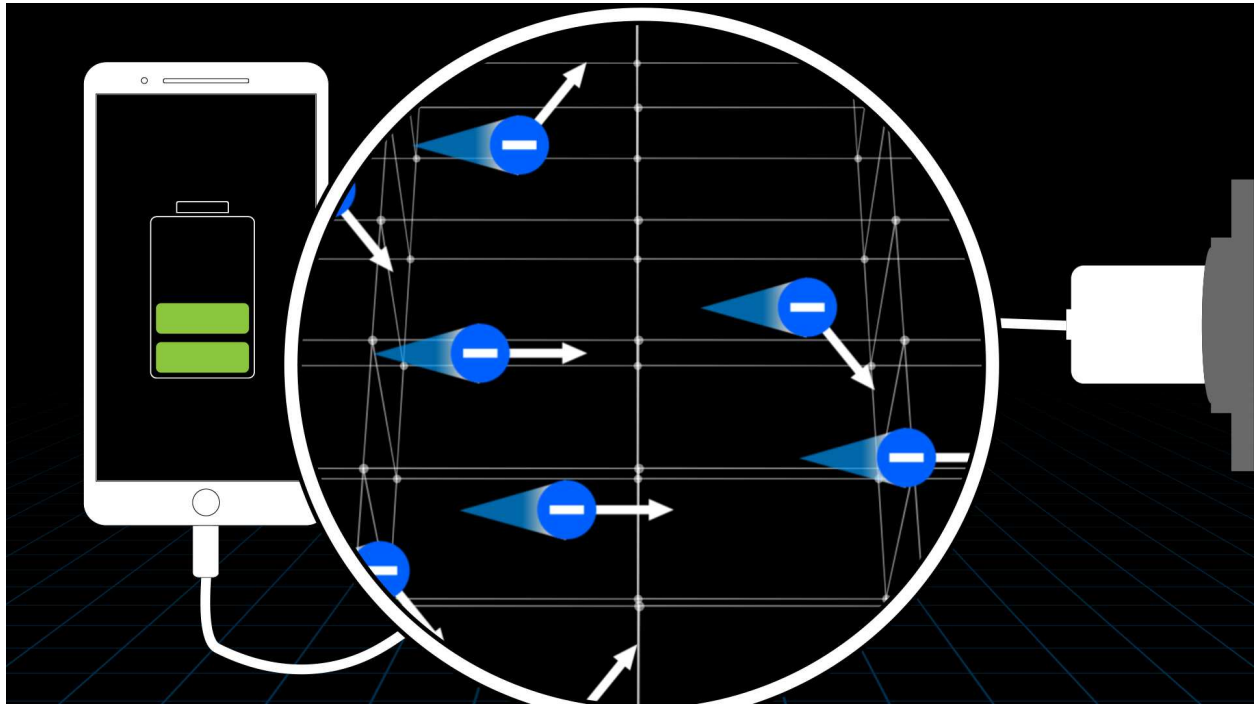
$$\frac{1}{2}m\langle v^2 \rangle = \frac{3}{2}k_B T,$$

gdzie k_B to stała Boltzmanna. Stąd średnia prędkość kwadratowa wynosi

$$\sqrt{\langle v^2 \rangle} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 293 \text{ K}}{9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}}} \approx 1,15 \cdot 10^5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 115 \frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

Uzyskana wartość prędkości, $115 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, jest zawrotna. Dla porównania: prędkość wylotowa pocisku z karabinu M134 wynosi ok. $0,9 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Jednak pojedynczy elektron nie jest w stanie

przesunąć się na dużą odległość wzdłuż drutu - zderza się z drgającymi jonami, a więc nieustannie zmienia kierunek ruchu. Ten ruch elektronów, zwany **ruchem termicznym**, jest chaotyczny i nie ma związku z prądem elektrycznym.



Rys. 3. Podczas ładowania telefonu elektrony, oprócz wykonywania ruchu termicznego, powoli przesuwiają się w kablu, w jedną stronę.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Inny charakter ruchu elektronów uzyskasz, kiedy podłączysz swoją ładowarkę do gniazdka i zaczniesz ładować telefon (Rys. 3.). W tej sytuacji elektrony, oprócz wykonywania ruchu termicznego, zaczną się powoli przesuwać w kablu, w jedną stronę. Stanie się tak, ponieważ - wskutek pojawienia się napięcia - na elektrony zacznie działać stała siła elektrostatyczna skierowana wzdłuż kabla. Pod wpływem tej siły elektrony zaczynają przyspieszać wzdłuż drutu, ale co chwilę uderzają w kolejne atomy sieci krystalicznej i zwalniają. Mają one jednak pewną średnią prędkość, zwaną **prędkością dryfu**, o wartości rzędu $1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$, skierowaną zgodnie ze zwrotem siły elektrostatycznej. Ten ruch elektronów jest uporządkowany i to właśnie ten ruch nazywamy **prądem elektrycznym**. Więcej szczegółów na ten temat znajdziesz w e-materiałach „W jaki sposób metal przewodzi prąd elektryczny?” oraz „Szybkość poruszania się elektronów swobodnych w metalu podczas przepływu prądu”.

Słowniczek

Prąd elektryczny (ang. electric current)

uporządkowany ruch ładunku elektrycznego, np. w metalach względem sieci krystalicznej.

Prędkość dryfu (ang. drift velocity)

średnia prędkość nośników ładunku, w ruchu związanym z przepływem prądu, spowodowanym przez pole elektryczne.

Ruch termiczny (ang. thermal motion)

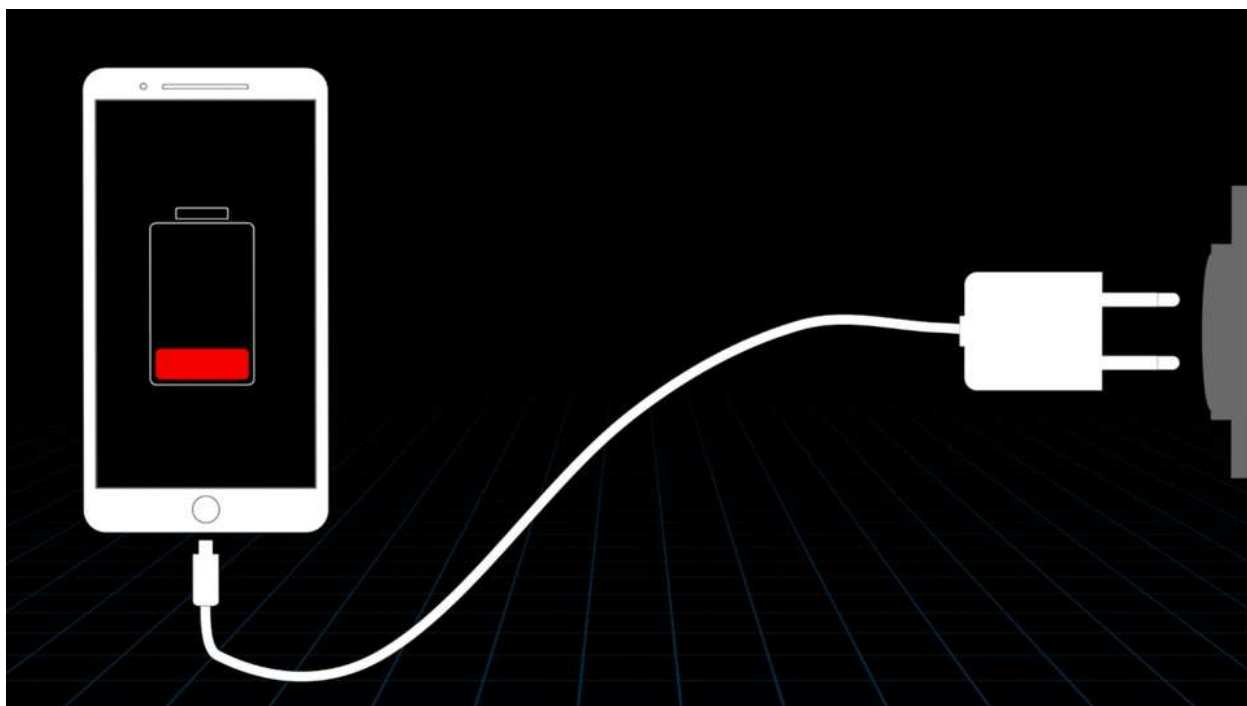
chaotyczny ruch dużej liczby cząstek (np. gazu w ilościach makroskopowych) rozpatrywany w układzie odniesienia, w którym suma ich pędów jest zerowa. Ich średnia energia kinetyczna jest proporcjonalna do temperatury wyrażonej w kelwinach.

Animacja

Ruch termiczny i dryf elektronów

Obejrzyj animację, w której zilustrowane są dwa rodzaje ruchu elektronów w przewodniku:

- ruch termiczny, w którym elektrony poruszają się chaotycznie w obrębie sieci krystalicznej, na podobieństwo drobin gazu zamkniętych w naczyniu;
- dryf, w którym elektrony poruszają się w sposób skoordynowany, pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego.



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RnAj8Rz2aBcuS>

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Zapoznaj się z audiodeskrypcją animacji.

Polecenie 1

Ostatnie zdanie wypowiedziane przez lektora jest prawdziwe, jeśli chodzi o *naturę* prądu elektrycznego, ale - niestety - niezgodne z przyjętą *konwencją* jego opisu. Zapoznaj się z tą konwencją i wskaż przyczynę niezgodności.

Polecenie 2

Na podstawie swoich obserwacji, opisz ruch elektronów, gdy prąd jest włączony oraz gdy jest wyłączony. Jakie różnice w ruchu elektronów daje się zaobserwować przy różnych wartościach prędkości dryfu?

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Wyjaśnij, dlaczego podana definicja prądu elektrycznego jest niepełna: Prąd elektryczny to ruch ładunków elektrycznych.

Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Czy jeśli naelektryzujemy grzebień i zaczniemy nim machać, poruszające się w ten sposób ładunki będą stanowiły prąd? Uzasadnij odpowiedź.

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ruch elektronów często porównuje się do ruchu roju pszczół. Każda pszczoła jest pojedynczym elektronem. Pszczoły szybko poruszają się we wszystkie strony, co odpowiada ruchowi termicznemu; ale cały rój powoli przesuwa się w jedną stronę – to jest prąd elektryczny. Wyobraź sobie taki rój pszczół, który w minutę przemierza łąkę o długości 30 m. Z jaką prędkością musiałyby lecieć pojedyncza pszczoła w tym roju, żeby zostały zachowane proporcje między „prędkością dryfu” a „prędkością ruchu termicznego”? Wynik podaj jako ułamek prędkości światła.

Ćwiczenie 8



Podaj przykład prądu elektrycznego z istotnie większą prędkością przepływu ładunku niż typowo ma to miejsce w przewodniku, np. w metalu.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krzysztof Lorek
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak definiuje się prąd elektryczny?
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia - wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>Zakres podstawowy</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VII. Prąd elektryczny. Uczeń:</p> <p>1) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego oraz mocy wraz z ich jednostkami;</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe . Uczeń:</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VIII. Prąd elektryczny. Uczeń: 2) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego oraz mocy wraz z ich jednostkami.</p>

Kształowane kompetencje kluczowe:	Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r: <ul style="list-style-type: none"> • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. opíše, jak poruszają się elektrony w kablu podłączonym i niepodłączonym do prądu. 2. wyodrębni ruch termiczny oraz dryf elektronów. 3. porówna prędkości termiczną i dryfu elektronów. 4. a także określi, który z tych ruchów odpowiada prądowi elektrycznemu.
Strategie i metody nauczania:	IBSE
Formy zajęć:	Pokaz animacji, dyskusja, samodzielne rozwiązywanie zadań, wykład podsumowujący.
Środki dydaktyczne:	Animacja / model 3D
Materiały pomocnicze:	-
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
Zaciekawienie uczniów i umotywowanie tematu, podobne jak w pierwszym akapicie e-materiału.	
Faza realizacyjna:	

- Pokaz animacji, wyjaśnienie czym jest prąd elektryczny i dyskusja na temat charakteru ruchu nośników ładunku. Nauczyciel powinien zwrócić uwagę na fakt, że cały drut ma wypadkowy ładunek równy zero i na aspekty animacji, które odbiegają od rzeczywistości: fakt, że proporcje prędkości ruchu termicznego i prędkości dryfu w rzeczywistości są zupełnie inne i fakt, że nie można łatwo zmienić prędkości dryfu w materiale.
- Uczniowie samodzielnie wykonują zadanie 7, w formie notatki z tego, co było zaprezentowane podczas pokazu animacji. Nauczyciel później krótko sprawdza i omawia.
- Uczniowie samodzielnie rozwiązują zadania 2, 3 i 8. Nauczyciel dyskutuje z nimi na temat odpowiedzi i jeśli potrzeba, rozwiązuje je na tablicy.
- W przypadku zdolnej klasy, burza mózgów z uczniami na temat problemu przedstawionego w zadaniu 5. Można pokazać podany film z Youtube lub powtórzyć w rzeczywistości to doświadczenie, które jest w nim pokazane.

Faza podsumowująca:

Nauczyciel przypomina definicję prądu i krótko podsumowuje lekcję.

Praca domowa:

Zadanie 1 i 6

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:

Animacja powinna być pokazana w trakcie lekcji, lub zadana uczniom do obejrzenia w domu przed lekcją, wraz z zadaniem 7, jako notatką z poczynionych obserwacji.