



Jak definiuje się natężenie prądu elektrycznego?

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Jak definiuje się natężenie prądu elektrycznego?

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

## Czy to nie ciekawe?

Elektryczność jest jak ogień – jest bardzo pożyteczna, ale gdy jest źle użytkowana, może być bardzo niebezpieczna. Wszyscy słyszeliśmy o przypadkach śmiertelnych porażeń prądem lub pożarów wywołanych przez wadliwą instalację elektryczną. Jak to możliwe, że tak drastyczne skutki może powodować tak niepozorne i niewidoczne gołym okiem zjawisko, jak ruch z prędkością rzędu  $1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$  cząstek elementarnych, mniejszych niż atom, których łączna masa stanowi 0,0001% masy przewodu, w którym się poruszają?

### Twoje cele

- Rozróżnisz przepływ prądu i przepływ elektronów.
- Zrozumiesz definicję natężenia prądu.
- Wykorzystasz pojęcie natężenia prądu do obliczeń dotyczących ładunku i liczby elektronów przepływających przez przewód.
- Podasz rzędy wielkości natężeń prądu spotykanych w codziennych okolicznościach.

# Przeczytaj

---

## Warto przeczytać

Prąd elektryczny to uporządkowany ruch nośników ładunku. Średnią prędkość tego ruchu nazywamy prędkością dryfu. W przewodnikach nośnikami tymi są **swobodne elektrony**; w półprzewodnikach, swobodne elektrony i dziury; w elektrolitach – jony; a w zjonizowanych gazach – jony i elektrony. W urządzeniach elektronicznych najczęściej mamy do czynienia z przewodnikami i półprzewodnikami, a ponieważ te drugie są bardziej skomplikowane, zajmiemy się natężeniem prądu na przykładzie przewodników.

Gdy podłączamy drut wykonany z przewodnika do obu biegunów baterii, **swobodne elektrony** znajdujące się wewnątrz drutu, pod wpływem siły elektrostatycznej zaczynają dryfować od ujemnego bieguna, w stronę dodatniego. Wewnątrz ogniwa przepompowywane są one dalej, od dodatniego bieguna do ujemnego, i w ten sposób krążą w obwodzie. Podczas wyobrażania sobie tych zjawisk, pamiętaj jednak o jednym: kiedy jeszcze nie rozumiano mechanizmu przepływu prądu, przyjęto, że prąd wewnątrz drutu płynie od bieguna dodatniego do ujemnego, czyli odwrotnie niż elektrony. Można więc o nim myśleć, jako o przepływie ładunków dodatnich. Z powodów historycznych tak już zostało.

O tym, czy dany prąd może być dla człowieka niebezpieczny, czy jest wystarczający, żeby zaświeciła się żarówka, a może na tyle duży, żeby się spaliła, informuje nas wielkość, zwana natężeniem prądu. Potocznie mówi się na nią po prostu „prąd”. Wyobraź sobie kabel, przez który płynie prąd. Spójrz na pewien jego fragment i zacznij zliczać, ile kulombów na sekundę przepływa przez powierzchnię jego przekroju, w danym miejscu. To właśnie jest natężenie prądu.

**Natężenie prądu to ilość ładunku przepływającego przez daną powierzchnię w jednostce czasu. Czyli:**

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}.$$

**Natężenie prądu mierzymy w amperach:**  $[I] = 1 \text{ A}$ .

Prąd o natężeniu rzędu kilku amperów, to prąd dosyć duży. Dla porównania, bezpieczniki w domach powinny wyłączyć prąd przy natężeniu o wartości kilkunastu amperów. Większe natężenie mogłoby być niebezpieczne dla instalacji elektrycznej i mogłoby np. spowodować pożar. Pojedyncza żarówka 60-watowa pobiera z sieci prąd o natężeniu ok. 0,3 A, a czajnik elektryczny – urządzenie znane z „pożerania” dużej ilości energii elektrycznej – potrzebuje kilku amperów. Z kolei dioda świecąca, która jest włączona, nawet gdy Twój monitor jest

wyłączony, pobiera kilkadziesiąt miliamperów. Jeśli chodzi o prąd płynący przez serce, śmiertelne może być nawet natężenie rzędu 20 mA.

**Uwaga:** Mowa tu o **prądzie przemiennym** z gniazdka. Minimalne niebezpieczne wartości natężenia np. dla **prądu stałego** są na ogół wyższe. Bezpieczniejszy jest również prąd o wysokiej częstotliwości.

Podana we wprowadzeniu **prędkość dryfu** elektronów rzędu milimetrów na sekundę może wydawać się bardzo mała. Z drugiej strony samych elektronów swobodnych w drucie jest bardzo dużo, więc liczba przepływających elektronów na sekundę jest ogromna. Razem mogą one powodować potężny efekt. Dzięki tak wielkiej ich ilości, dochodzi do bardzo wielu zderzeń elektronów z drgającą siecią krystaliczną, z której zbudowany jest przewód. W wyniku tych zderzeń atomy i jony przewodu drgają coraz szybciej, co objawia się wzrostem temperatury przewodu i w konsekwencji może prowadzić np. do zapalenia się przewodu.

Rozumiejąc zjawisko przepływu prądu i kontrolując wartość jego natężenia, możemy jednak projektować nasze urządzenia elektryczne i elektroniczne tak, żeby były bezpieczne, a nawet pomagały ratować ludziom życie, jak na przykład defibrylatory.

## Słowniczek

### Prędkość dryfu

(*ang. drift velocity*) średnia prędkość nośników ładunku, w ruchu związanym z przepływem prądu, spowodowanym przez pole elektryczne.

### Elektrony swobodne

(*ang. free electrons*) w ciele stałym, elektrony które mogą swobodnie poruszać się po całej objętości materiału. Są nośnikami ładunku.

### Prąd stały

(*ang. direct current (DC)*) prąd, którego natężenie jest stałe w czasie.

### Prąd przemienny

(*ang. alternating current (AC)*) prąd, którego natężenie zmienia się okresowo i osiąga wartości dodatnie i ujemne. W sieci stosowany jest prąd przemienny, którego natężenie zmienia się w czasie sinusoidalnie.

### Gęstość ładunku

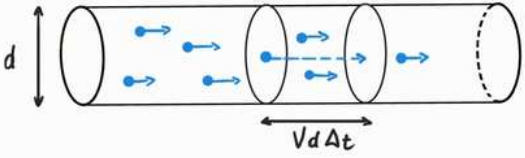
(*ang. charge density*) ilość ładunku na jednostkę objętości:  $\rho = \frac{q}{V}$ . Jednostką gęstości ładunku jest kulomb na metr sześcienny:  $\frac{C}{m^3}$ .

# Film samouczek

## Jak definiuje się natężenie prądu elektrycznego?

Obejrzyj film samouczek, który objaśnia, czym jest natężenie prądu na przykładzie miedzianego drutu, przez który płynie prąd. Następnie wykonaj polecenia.

### Wystąpił błąd



Dane:

$$d = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$
$$n = 8,5 \cdot 10^{28} \frac{1}{\text{m}^3}$$
$$v_d = 1 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$
$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$
$$\Delta q = n \cdot V \cdot e$$
$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot v_d \cdot \Delta t}{4}$$
$$\Rightarrow \Delta q = \frac{n \cdot e \cdot \pi \cdot d^2 \cdot v_d \cdot \Delta t}{4}$$

Szukane:

$$I = ?$$

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

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

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Polecenie 2

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



## Ćwiczenie 2



## Ćwiczenie 3



W drucie o promieniu 1,5 mm prędkość dryfu elektronów swobodnych wynosi  $1,2 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$  gdy natężenie prądu wynosi 3 A.

A) Jaka jest koncentracja elektronów swobodnych (tzn. liczba elektronów na jednostkę objętości) w tym drucie?

B) Jaka jest gęstość ładunku elektronów swobodnych (tj. ilość ładunku na jednostkę objętości przewodu, mierzona w kulombach na  $\text{m}^3$ ) w tym drucie?

## Ćwiczenie 4



Aby zagotować wodę, czajnik elektryczny pobiera prąd o natężeniu 8 A przez 1,5 min.

A) Oblicz, jaki całkowity ładunek przepływa w tym czasie przez czajnik.

B) Oblicz, ile elektronów przez ten czas przepływa przez czajnik.

## Ćwiczenie 5



Na początku XX wieku naukowcy sądzili, że atom składa się z elektronów, krążących wokół jądra atomowego

### Ważne!

*Dziś wiemy, że model ten jest niewłaściwy. Poprawnego opisu atomu dostarcza mechanika kwantowa, wg której elektron jest we wszystkich punktach „orbity” jednocześnie, a te „orbity” mają skomplikowane, trójwymiarowe kształty.*

Wg tzw. modelu atomu Bohra, pojedynczy elektron w atomie wodoru krąży po kołowej orbicie wokół jądra, będącego pojedynczym protonem. Najczęściej atomy są w stanie podstawowym, tzn. elektron krąży po orbicie o najmniejszej energii – i ta orbita ma też najmniejszy promień.

A) Wyszukaj w Internecie, ile wynosi promień tej orbity i oblicz prędkość elektronu. Zaczynij od faktu, że siła Coulomba jest siłą dośrodkową.

B) Oblicz natężenie prądu, odpowiadające ruchowi tego elektronu po orbicie.

## Ćwiczenie 6

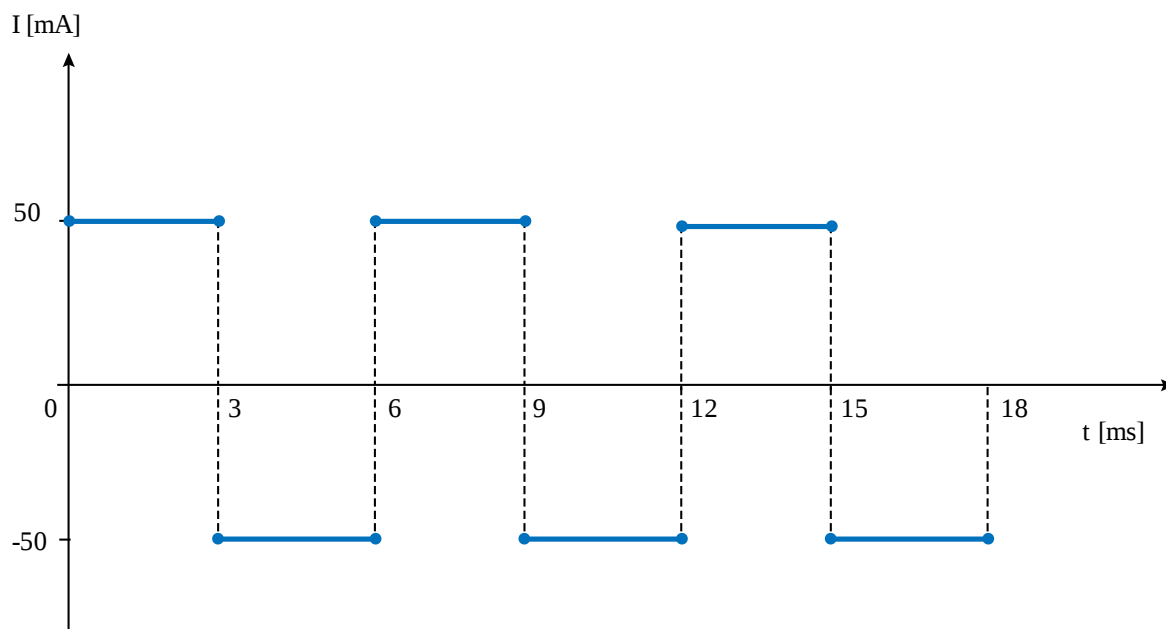


Prąd stały, to taki, który przez cały czas ma takie samo natężenie (stała jest i wartość i znak). Przykładowym urządzeniem, które powinno być zasilane prądem stałym, jest dioda świecąca. Nasza dioda świecąca pobiera prąd o natężeniu  $I = 20 \text{ mA}$ . Zapisz równanie wyrażające zależność ładunku od czasu  $q(t)$ . Ładunek  $q$ , to ładunek który przepłynie przez diodę i zostanie zliczony przez urządzenie do zliczania ładunku.

## Ćwiczenie 7



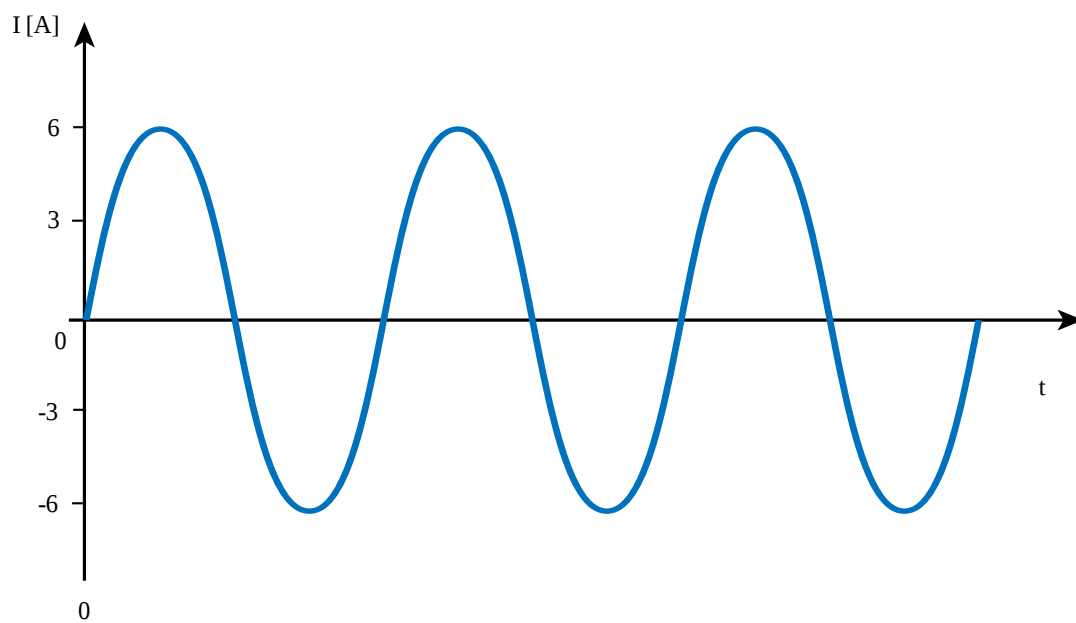
W elektronice w wielu sytuacjach generuje się prąd o zmiennym natężeniu. W różnych przypadkach potrzebne są sygnały okresowe o różnych przebiegach. Poniższy wykres przedstawia natężenie przykładowego sygnału prostokątnego płynącego przez przewód, w funkcji czasu. Przebieg jest okresowy, a więc powtarza się w czasie.



## Ćwiczenie 8



Gdy podłączymy jakieś urządzenie do gniazdka, w kablu płynie prąd przemienny, którego wykres natężenia od czasu to sinusoida. Poniższy wykres przedstawia natężenie prądu przemiennego płynącego przez kabel żelazka, po podłączeniu go do gniazdka w Europie, gdzie częstotliwość prądu to 50 Hz.



Podaj ogólny wzór na czasy, dla których nasze urządzenie zliczy 0 C.

# Dla nauczyciela

---

<b>Imię i nazwisko autora:</b>	Krzysztof Lorek
<b>Przedmiot:</b>	Fizyka
<b>Temat zajęć:</b>	<b>Jak definiuje się natężenie prądu elektrycznego?</b>
<b>Grupa docelowa:</b>	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy oraz rozszerzony
<b>Podstawa programowa:</b>	<p><b>Cele kształcenia – wymagania ogólne</b></p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p><b>Zakres podstawowy</b></p> <p><b>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;</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><b>Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe</b></p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>1) przedstawia jednostki wielkości fizycznych, opisuje ich związki z jednostkami podstawowymi; przelicza wielokrotności i podwielokrotności;</p> <p>VIII. Prąd elektryczny. Uczeń:</p> <p>2) posługuje się pojęciami natężenia prądu elektrycznego, napięcia elektrycznego oraz mocy wraz z ich jednostkami.</p>

<b>Kształtowane kompetencje kluczowe:</b>	<b>Zalecenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,</li> <li>• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,</li> <li>• kompetencje cyfrowe,</li> <li>• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.</li> </ul>
<b>Cele operacyjne:</b>	<b>Uczeń:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. rozróżnia przepływ prądu i przepływ elektronów.</li> <li>2. definiuje natężenie prądu.</li> <li>3. wykorzystuje pojęcie natężenia prądu do obliczeń dotyczących przepływu ładunków w przewodach.</li> <li>4. podaje rzędy wielkości natężeń prądu spotykanych w codziennych okolicznościach.</li> </ol>
<b>Strategie i metody nauczania:</b>	Blended-learning
<b>Formy zajęć:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- burza mózgów,</li> <li>- samodzielne rozwiązywanie zadań,</li> <li>- wykład.</li> </ul>
<b>Środki dydaktyczne:</b>	Film samouczek
<b>Materiały pomocnicze:</b>	-
<b>PRZEBIEG LEKCJI</b>	
<b>Faza wprowadzająca:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Na poprzedniej lekcji nauczyciel zadaje do domu obejrzenie filmu samouczka, oraz zadanie 3 do rozwiązania w oparciu o ten film.</li> <li>• Nauczyciel przypomina pojęcia prądu elektrycznego i nośników ładunku i dokonuje wprowadzenia, na podstawie części I tego e-materiału.</li> </ul>	
<b>Faza realizacyjna:</b>	

- Z pomocą uczniów i nawiązując do filmu samouczka, nauczyciel formułuje notatkę, dotyczącą definicji natężenia prądu.
- Nauczyciel rozwiązuje z uczniami przy tablicy lub zadaje im do samodzielnego rozwiązania na lekcji kolejno zadania: 1, 4, 6 i 7.
- W przypadku rozwiązywania przy tablicy, po każdym zadaniu, nauczyciel nawiązuje do treści zawartych w odpowiedziach i uzupełnieniach do zadań zawartych w tym e-materiale.
- W przypadku samodzielnego rozwiązywania zadań przez uczniów, nauczyciel wspólnie z uczniami omawia w razie potrzeby zadania z uwzględnieniem treści omawianych w uzupełnieniach.

**Faza podsumowująca:**

Nauczyciel przypomina definicję natężenia prądu i wspólnie z uczniami przypomina najważniejsze elementy uzupełnień i w razie potrzeby formułuje notatkę.

**Praca domowa:**

Zadanie 5 i 8 (w oparciu o zadanie 7).

**Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:**

Film może być przedstawiony na początku lekcji; zaleca się wtedy, by nauczyciel był przygotowany do skomentowania treści filmu.