

## Amper - co nowego?

Autor : Aleksandra Gadomska  
Opublikowane przez : Sebastian Margalski



Prąd elektryczny to dla większości z nas tajemniczy gość z gniazdka elektrycznego w ścianie, który ożywia wszelkie urządzenia elektryczne w naszym domu. Tak jak krew płynie w naszych żyłach, tak w przewodach instalacji elektrycznej w naszych mieszkaniach i dalej w naszym domowym sprzęcie AGD RTV i oświetleniu płynie prąd elektryczny. Bohater miesiąca stycznia – amper – to podstawowa w SI jednostka prądu elektrycznego, a rok 2019 będzie dla ampera z pewnością rokiem elektryzujących zmian.

## OKIENKO INFORMACYJNE

AUTOR GRAFIKI: AMBROISE TARDIEU



André Marie Ampère  
(1775 - 1836)

**Nazwa jednostki, amper, oznaczenie A, jest odimienna. Oznaczenia takich jednostek zawsze powinny rozpoczynać się wielką literą! Nazwa jednostki pochodzi od nazwiska wybitnego naukowca André Marie Ampère'a. Nazywając jednostkę w ten sposób, doceniono jego wielki wkład w rozwój elektryczności i magnetyzmu.**

W XXI wieku elektryczność jest zjawiskiem tak powszechnym, że wielu z nas w życiu codziennym przestaje postrzegać ją jako coś wyjątkowego, niezwykłego czy ciekawego. Gdyby jednak nagle tej elektryczności zabrakło, nasze życie stałoby się niezwykle trudne lub wręcz niemożliwe. Światło, telewizja, radio, telefon, pralka, zmywarka, lodówka - wymieniać można byłoby długo urządzenia, których działanie warunkowane jest zasilaniem prądem elektrycznym. Zastanów się, ile razy dzisiaj skorzystałeś z elektryczności - myślę, że przynajmniej trzy razy i to jeszcze przed śniadaniem!

Najstarsze historyczne wzmianki związane z elektrycznością pochodzą ze starożytnej Grecji, gdzie po raz pierwszy zaobserwowano zjawisko elektryzowania się przedmiotów. Zauważono, że bursztyn pocierany kawałkiem futra potrafi przyciągać małe przedmioty, takie jak włosy czy pyłki. Z języka greckiego wywodzi się również słowo elektryczność od greckiego słowa elektron - ηλεκτρον - które oznaczało właśnie bursztyn. „Bursztynowy prąd elektryczny” przez długie lata pozostawał jednak w ukryciu, stanowiąc co najwyżej ciekawostkę. Prawdziwy rozwój dziedziny zapoczątkowany został w XVII wieku, ale jednak dopiero wiek XIX przyniósł ogromne nasilenie prac nad elektrycznością i jej wykorzystaniem, co spowodowało gwałtowny rozwój naszej cywilizacji.

Rozwój elektryczności spowodował potrzebę mierzenia wielkości elektrycznych, np. napięcia i prądu elektrycznego, co wzmogło gwałtowny rozwój metrologii elektrycznej. Okazało się, iż pomiary różnych wielkości elektrycznych są stosunkowo łatwe do zrealizowania, szybkie, tanie i względnie dokładne. Niezwykła użyteczność prądu elektrycznego napędzała również badania, technikę i przemysł, przynosząc coraz lepsze rozwiązania techniczne i wynalazki, które zmieniły świat, np. oświetlenie elektryczne, które rozświetla nasze domy czy silniki elektryczne, które wykonują różne prace za człowieka. Szybko okazało się również, że pomiary elektryczne mają zastosowanie także w innych dziedzinach pomiarowych, ponieważ metodami

elektrycznymi można mierzyć niemal wszystkie wielkości nieelektryczne, używając do tego odpowiednich przetworników pomiarowych. Bardzo ułatwia to życie. Stosując wielkości elektryczne mierzymy np. temperaturę ciała, używając termometrów cyfrowych, czy też ważymy się na cyfrowej wadze łazienkowej.

Rozwój elektryczności możemy również obserwować w pracach metrologicznych nad pomiarami prądu. Pierwsza definicja ampera, która miała charakter międzynarodowy, pojawiła się w roku 1893 na Międzynarodowym Kongresie Elektrycznym w Chicago. Definicja ta została potwierdzona na międzynarodowej konferencji w Londynie w 1908 roku. „Międzynarodowy amper” była to realizacja jednostki miary zdefiniowana jako prąd, który w sekundę wytrąci 1,118 miligrama srebra z roztworu azotanu srebra. Obecnie dokładne pomiary pokazują, że ówczesny 1 „międzynarodowy amper” to dzisiejsze 0,999 85 A.

Powyzsza definicja miała jednak zasadniczą wadę - silnie wiązała jednostkę z jej praktyczną realizacją, a nieustający postęp w wytwarzaniu i pomiarze prądu elektrycznego pokazywał, że istnieją znacznie lepsze metody realizacji jednostki ampera. Z tego też powodu 9. Generalna Konferencja Miar (CGPM) w 1948 roku zatwierdziła nową definicję ampera, która obowiązuje po dzień dzisiejszy. Jej oficjalne brzmienie jest następujące:

amper – prąd elektryczny niezmienny się, który,  
płynąc w dwóch równoległych prostoliniowych,  
nieskończenie długich przewodach o przekroju kołowym  
znikomo małym, umieszczonych w próżni w odległości 1  
metra od siebie, wywołałby między tymi przewodami siłę  
 $2 \times 10^{-7}$  niutona na każdy metr długości

Rozwój metrologii, w tym metrologii elektrycznej wciąż przyspiesza. Potrafimy wykonywać coraz dokładniejsze wzorce i przyrządy pomiarowe. Badamy przeróżne zjawiska fizyczne. Niektóre z nich wykorzystujemy w metrologii do coraz dokładniejszych pomiarów i realizacji wzorców jednostek miar. Przykładem są tu zjawiska kwantowe, które wykorzystuje się w przypadku jednych z najdokładniejszych wzorców jednostek miar. Chodzi tu o wzorce napięcia elektrycznego i rezystancji. Pierwszy z nich jest oparty o zjawisko kwantowe Josephsona, a drugi o zjawisko kwantowe Halla. Dzięki nim można stacjonarnie (niezależnie od czasu i miejsca) odtwarzać jednostki miar tych wielkości z ogromną dokładnością, sięgającą ośmiu, dziewięciu miejsc po przecinku. Jeżeli chodzi natomiast o prąd elektryczny, to obecnie

realizacja praktyczna jednostki ampera znacznie odbiega od jej obowiązującej definicji. Współcześnie jednostkę prądu elektrycznego realizujemy poprzez wykorzystanie zależności z prawa Ohma, czyli stosunku napięcia do rezystancji:

$$I = U/R$$

gdzie:

$I$  – prąd elektryczny płynący przez wzorcową rezystancję,

$U$  – bardzo dokładnie zmierzony spadek napięcia na wzorcowej rezystancji,

$R$  – wzorcowa (bardzo dokładnie znana) rezystancja.

Wykorzystujemy kwantowy wzorec Josephsona do bardzo dokładnego wytwarzania i pomiaru napięcia elektrycznego oraz kwantowy wzorec Halla do wytwarzania wzorcowej rezystancji. W obu wzorcach wykorzystane w nich zjawiska fizyczne są scharakteryzowane stałymi fizycznymi, odpowiednio stałą Josephsona i stałą von Klitzinga (zarówno Brian David Josephson, jak i Klaus von Klitzing to laureaci nagrody Nobla). Obie stałe wyrażone są w odniesieniu do naturalnych stałych podstawowych, takich jak ładunek elementarny ( $e$ ) oraz stała Plancka ( $h$ ). Jaką korzyść mamy z tych stałych? Otóż stałe podstawowe są z natury rzeczy niezmiennie, a wykorzystanie ich do definicji jednostek miar czynią te miary zarówno uniwersalnymi w skali wszechświata (stała Plancka będzie taka sama w Kopenhadze, Radomiu i na Marsie) oraz zapewniają długoterminową stabilność wzorców jednostek miar zrealizowanych w odniesieniu do tych stałych.

Przed nami jednak kolejna rewolucja i kolejna zmiana definicji naszego bohatera - ampera, która od 20 maja 2019 uzyska następujące oficjalne brzmienie:

amper, oznaczenie A, jest to jednostka SI prądu elektrycznego. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej ładunku elementarnego  $e$ , wynoszącej

$1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ , wyrażonej w jednostce C, która jest równa  $A\ s$ , gdzie sekunda zdefiniowana jest za pomocą

$$\Delta\nu_{Cs}$$

Nowa definicja ampera opisuje dokładną relację  $e = 1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19} A\ s$ .

Przekształcenie tego równania daje wyrażenie na określenie ampera w odniesieniu do stałych definiujących  $e$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ :

$$1 \text{ A} = \left( \frac{e}{1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}} \right) \text{ s}^{-1}$$

co jest równe

$$1 \text{ A} = \frac{1}{(9\ 192\ 631\ 770)(1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19})} \Delta\nu_{\text{Cs}} e \approx 6,789\ 687 \times 10^{-8} \Delta\nu_{\text{Cs}} e$$

Jeden amper jest prądem elektrycznym odpowiadającym przepływowi  $1/(1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19})$  ładunków elementarnych na sekundę.

Jak widać, zmiana definicji jest radykalna, ale jest to milowy krok w dziedzinie jednostek miar. Po redefinicji niepraktyczna definicja ampera, która w swojej obecnej formie (poprzez niutona -  $N = \text{kg m s}^{-2}$ ) odnosiła się do jednostki masy (kilograma) wciąż zdefiniowanej, jako niestabilny wzorzec materialny (tzw. kilogram z Sèvres), zostanie zastąpiona definicją gotową przyjąć wyzwania nauki i techniki stawiane przez XXI wiek. Otworzy również drzwi do poszukiwania nowych metod praktycznych realizacji jednostki prądu elektrycznego. Po redefinicji bowiem, każda metoda wykorzystująca zjawiska fizyczne i odnosząca się do stałych definiujących będzie zgodna z nową definicją. Dzięki nowemu podejściu do definiowania jednostek miar odkrycia w dziedzinie chemii czy fizyki nie będą skutkowały potrzebą kolejnych redefinicji.

## Czy wiesz, że...

Również każdy z nas to taka „mała elektrownia”, a nasz układ nerwowy to „obwód elektryczny” przewodzący codziennie miliony bodźców wzrokowych, dotykowych czy słuchowych w postaci impulsów elektrycznych do naszej „jednostki centralnej” - mózgu. Dzięki przewodzeniu i odpowiedniemu przetwarzaniu w mózgu tych impulsów słyszymy, widzimy, odczuwamy ciepło, zimno czy ból. Również mózg, wysyłając odpowiednie impulsy elektryczne do różnych części naszego ciała, pozwala nam nad nim panować. Dzięki impulsom elektrycznym bije nasze serce. Potrafimy świadomie chodzić, biegać, malować, skakać, ale impulsy w naszym ciele również zapewniają nam bezpieczeństwo w odruchach bezwarunkowych, np. sprawiają, że automatycznie cofamy rękę w przypadku kontaktu z czymś gorącym. Czy tego chcemy czy nie, można powiedzieć, że nasz styczniowy bohater - amper - jest przy nas i w nas cały czas!



Fakt, iż każdy z nas jest „naładowany prądem”, jest wykorzystywany w medycynie, w szczególności w diagnostyce i ratowaniu życia. W ratowaniu życia stosujemy defibrylatory, którymi podczas reanimacji pobudza się serce impulsami elektrycznymi o dużej energii. W diagnostyce serca powszechnie stosujemy elektrokardiograf (EKG), który jest po prostu bardzo czułym galwanometrem (przyrządem do pomiaru bardzo małych wartości prądu). Z analizy zapisu EKG lekarz kardiolog potrafi bardzo dużo powiedzieć o kondycji naszego serca.



Zachodzisz pewnie w głowę, co wspólnego może mieć prąd elektryczny z owcami i dlaczego taki obrazek pojawia się w odniesieniu do ampera? Na pewno jednak kojarzysz liczenie owiec, które tradycyjnie pomaga Ci zasnąć. W zredefiniowanym SI jedna z praktycznych realizacji jednostki prądu elektrycznego oparta jest również na liczeniu! Choć oczywiście w takim przypadku nie liczymy owiec a elektrony! Taka metoda, w której przesyłamy ściśle określoną ilość elektronów w ściśle określonym przedziale czasu nosi nazwę SET. SET to z angielskiego Single Electron Transport, co w języku polskim można rozumieć jako Transport Pojedynczych Elektronów.

Mamy nadzieję, że liczenie elektronów nie będzie tak usypiające, jak liczenie owiec. W wypadku gdyby okazało się, że jednak jest, bierzemy pod uwagę większe zużycie kawy w laboratorium elektryczności i magnetyzmu!

