

# Fizyka - notatki

16 stycznia 2018

## 1 Termodynamika

### 1.1 Zerowa zasada termodynamiki

Jeśli układy A i B mogące ze sobą wymieniać ciepło są ze sobą w równowadze termicznej, i to samo jest prawdą dla układów B i C, to układy A i C również są ze sobą w równowadze termicznej.

### 1.2 Pierwsza zasada termodynamiki

Różnica pomiędzy ciepłem dostarczonym do układu, a pracą wykonaną przez ten układ jest równa zmianie energii wewnętrznej układu.

$$\Delta E_w = Q - W \quad (1)$$

**Szczególne przypadki:**

- adiabatyczne

$$Q = 0 \quad (2)$$

- stała objętość

$$W = 0 \quad (3)$$

- cykl zamknięty

$$\Delta E_w = 0 \quad (4)$$

- rozprężenie swobodne

$$Q = W = 0 \quad (5)$$

### 1.3 Przewodnictwo cieplne

$$P = \frac{Q}{t} = k \cdot S \cdot \frac{\Delta T}{L} \quad (6)$$

Gdzie:

- P - strumień ciepła
- Q - ciepło
- t - czas
- k - współczynnik przewodnictwa cieplnego
- S - pole powierzchni styku
- $\Delta T$  - zmiana temperatury
- L - długość przewodnika

## 2 Elektrostatyka, elektrodynamika

**Pole** to obszar w przestrzeni, w którym w każdym punkcie można opisać jakieś oddziaływanie. Skalarne (temperatura), Wektorowe (grawitacja).

**Przewodnik** to ciało umożliwiające ruch ładunków w całej objętości.

**Izolator** to ciało nieposiadające wolnych ładunków.

*Wyróżniamy dodatkowo nadprzewodniki (przewodzą ładunki bezstratnie) i półprzewodniki (przewodzą tylko w jednym kierunku).*

### 2.1 Prawo Coulomba

Jeżeli dwa ładunki punktowe  $q_1$  i  $q_2$  znajdują się w odległości  $r$  to siła elektrostatyczna pomiędzy nimi jest dana wzorem:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad (7)$$

Siła przyciąga ładunki różnoimienne, a odpycha jednoimienne

**Gdzie:**

- $k = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} = 8,99 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$  - stała Coulomba
- $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$  - przenikalność elektryczna próżni

**Ładunek elementarny**  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

**Kulomb**  $C = 6,24 \cdot 10^{18} e$

**Pole elektryczne** to pole wektorowe występujące wokół każdego ładunku

Natężenie pola:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = k \cdot \frac{q}{r^2} \quad (8)$$

### 2.2 Prawo Gaussa

Prawo Gaussa określa związek między natężeniem pola elektrycznego w punktach na zamkniętej powierzchni Gaussa i całkowitym ładunkiem objętym tą przestrzenią.

Strumień elektryczny  $\Phi$  przenikający przez powierzchnię Gaussa jest proporcjonalny do całkowitej liczby linii pola elektrycznego przechodzących przez tę powierzchnię.

Definicja strumienia:  $\Phi = v \cdot S \cdot \cos \theta = \vec{v} \cdot \vec{S}$

Strumień przenikający przez powierzchnię Gaussa:  $\Phi = \sum \vec{E} \cdot \Delta S$

Strumień natężenia pola elektrycznego przenikający przez dowolną powierzchnię zamkniętą w jednorodnym środowisku o bezwzględnej przenikalności elektrycznej  $\epsilon$ , jest równy stosunkowi całkowitego ładunku znajdującego się wewnątrz tej powierzchni do wartości tejże przenikalności

$$\Phi = \oint \vec{E} \cdot \Delta S \quad (9)$$

*definicja użyteczna obliczeniowo*

### Prawo Gaussa i prawo Coulomba

W przypadku ładunku punktowego zamkniętego w sferycznej powierzchni Gaussa wektor pola jest prostopadły do powierzchni.

$$\epsilon_0 \cdot \oint \vec{E} d\vec{S} = \epsilon_0 \cdot \oint E \cdot dS = q_{wewnetrzne} \quad (10)$$

Po obliczeniu całki po powierzchni sferycznej:

$$\epsilon_0 \cdot E \cdot 4\pi \cdot r^2 = q \implies E = \frac{q}{\epsilon_0 \cdot 4\pi r^2} \quad (11)$$

**Potencjałem elektrycznym** w dowolnym punkcie pola elektrycznego  $E$  nazywa się stosunek pracy  $W$  wykonanej przez siłę elektryczną przy przenoszeniu ładunku  $q$  z tego punktu do nieskończoności, do wartości tego ładunku.

$$V = -\frac{W}{q} \quad (12)$$

Pracę oblicza się całkując pole elektryczne po przesunięciu

$$W = q_0 \cdot \int_{pocz}^{konc} \vec{E} d\vec{S} \implies V = - \oint \vec{E} d\vec{S} \quad (13)$$

Przy założeniu pola jednorodnego:

$$E = -\frac{\Delta V}{\Delta s} \quad (14)$$

Bezwzględna wartość różnicy potencjałów oznaczana jest jako  $U$ .

Różnica potencjałów na okładkach kondensatora jest proporcjonalna do ładunku i dana jest wzorem:

$$q = C \cdot U \quad (15)$$

C - pojemność kondensatora

Jednostką pojemności jest **Farad**

$$[F] = [\frac{C}{V}]$$

Pojemność kondensatora płaskiego:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \cdot S}{d} \quad (16)$$

#### Łączenie kondensatorów:

- równolegle - na każdym kondensatorze występuje taka sama różnica potencjałów.

$$C_{calc} = \frac{q_c}{U} = \sum_{i=1}^n C_i \quad (17)$$

- szeregowo - na każdym z kondensatorów odkłada się część różnicy potencjałów.

$$\frac{1}{C_{calc}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i} \quad (18)$$

## 2.3 Prąd elektryczny

**Prąd elektryczny** to uporządkowany ruch ładunków elektrycznych

**Natężenie** to wielkość charakteryzująca przepływ prądu zdefiniowana jako stosunek wartości ładunku elektrycznego przepływającego przez wyznaczoną powierzchnię do czasu przepływu ładunku.

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (19)$$

Natężenie prądu elektrycznego oznaczamy literą I w przypadku prądu stałego, a literą i gdy dotyczy prądu zmiennego.

Umowny kierunek prądu: od bieguna dodatniego do ujemnego.

Prąd w pojedynczym obwodzie ma jedno natężenie na całej długości.

**Rzeczywiście poruszające się ładunki elektryczne** mogą posiadać kierunek ruchu niezgodny z umownym kierunkiem prądu.

### Przypadki:

- W metalach nośnikami prądu są elektrony, a więc kierunek ich dryfu jest dokładnie przeciwny do umownego kierunku prądu
- W elektrolitach nośnikami prądu są jony - zarówno dodatnie, jak i ujemne. Jony poruszają się w przeciwnych kierunkach, jednak prądy jakie są z nimi związane dodają się, bo prąd jonów ujemnych jest traktowany jako przeciwny do ich ruchu.
- W półprzewodnikach nośnikami mogą być zarówno elektrony ujemne jak i dodatnie dziury (braki elektronów). Występuje sytuacja podobna do ruchu jonów - dziury tworzą prąd zgodny z ich kierunkiem ruchu, prąd elektronowy jest przeciwny do ruchu ładunków go tworzących.
- Ładunki poruszające się w próżni też tworzą prąd elektryczny na zasadzie strumienia np. wiązka elektronów w lampie kineskopowej biegnie od działa elektronowego do ekranu. Tutaj też, z racji, że elektrony są ujemne, prąd tej wiązki płynie od ekranu do działa elektronowego.

### I. Prawo Kirchhoffa

Suma natężeń prądów wpływających do węzła jest równa sumie natężeń prądów wypływających z tego węzła.

*Pierwsze prawo Kirchhoffa jest nazywane również prawem węzła*

**Opór elektryczny przewodnika** jest to spadek energii nośników prądu na skutek kolizji zachodzących w strukturze przewodnika. Tworzona energia zamienia się w ciepło, ale nie następuje zmiana ilości nośników.

### Prawo Ohma

Stosunek napięcia na końcach przewodnika do natężenia prądu przezeń płynącego jest określany mianem oporu elektrycznego.

$$R = \frac{U}{I} \quad (20)$$

Jednostką oporu elektrycznego jest Om -  $[\Omega]$

### Przewodnictwo elektryczne

Stosunek prądu płynącego przez przewodnik do napięcia pomiędzy jego końcami jest stały. Wartość tego stosunku to przewodnictwo elektryczne.

$$G = \frac{I}{U} \quad (21)$$

Jednostką przewodnictwa elektrycznego jest Simens -  $[S]$

### Łączenie oporników:

- szeregowo

$$R_z = \sum_{i=1}^n R_i \quad (22)$$

- szeregowo

$$\frac{1}{R_z} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (23)$$

## II. Prawo Kirchoffa

W obwodzie zamkniętym suma spadków napięć na wszystkich odbiornikach prądu musi być równa sumie napięć na źródłach napięcia.

### Praca prądu elektrycznego:

$$W = U \cdot I \cdot t \quad (24)$$

### Moc prądu elektrycznego:

$$P = U \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R} \quad (25)$$

**Półprzewodnik** jest to materiał wykazujący w określonych warunkach własności izolatora, a w innych właściwości przewodnika prądu. Pod względem cennym półprzewodniki w zasadzie nie posiadają wolnych elektronów ostatniej powłoki (dlatego są izolatorami), ale w warunkach odmiennych, przy dostarczeniu ich atomom dużej energii przez podgrzanie lub oświetlenie, pojawiają się wolne elektrony, opór ciała spada i w rezultacie prąd elektryczny może płynąć.

**Dziura elektronowa** to brak elektronu w pełnym paśmie walencyjnym. Pochodzi stąd, iż gdy w paśmie walencyjnym brakuje pojedynczego elektronu, występująca „dziura” zachowuje się jako dodatni nośnik ładunku elektrycznego.

**Wiązanie kowalencyjne** to rodzaj wiązania chemicznego. Istotą tego wiązania jest istnienie par elektronów, które są współdzielone w porównywalnym stopniu przez oba atomy tworzące to wiązanie.

**Półprzewodnik samoistny** to półprzewodnik, którego materiał jest idealnie czysty. Koncentracja wolnych elektronów w półprzewodnikach jest równa koncentracji dziur. Półprzewodniki samoistne mają mało par dziura-elektron i dlatego ich opór właściwy jest duży.

**Półprzewodnik domieszkowany** Domieszkowanie polega na wprowadzeniu i aktywowaniu atomów domieszek do struktury kryształu. Domieszki są atomami pierwiastków niewchodzących w skład półprzewodnika samoistnego, ponieważ w wiązaniach kowalencyjnych bierze udział ustalona liczba elektronów, zamiana któregoś z atomów struktury na odpowiedni atom domieszki powoduje wystąpienie nadmiaru lub niedoboru elektronów.

#### **Domieszkowanie:**

- donorowe - Wprowadzenie domieszki dającej nadmiar elektronów (w stosunku do półprzewodnika samoistnego) powoduje powstanie półprzewodnika typu n, domieszka taka zaś nazywana jest donorową (oddaje elektron). W takim półprzewodniku powstaje dodatkowy poziom energetyczny (poziom donorowy) położony w obszarze pasma wzbronionego niewiele poniżej poziomu przewodnictwa, lub na takim samym paśmie przewodnictwa. Nadmiar elektronów jest uwalniany do pasma przewodnictwa (prawie pustego w przypadku półprzewodnika samoistnego) w postaci elektronów swobodnych zdolnych do przewodzenia prądu. Mówimy wtedy o przewodnictwie elektronowym lub przewodnictwie typu n.
- akceptorowe - Wprowadzenie domieszki dającej niedobór elektronów (w stosunku do półprzewodnika samoistnego) powoduje powstanie półprzewodnika typu p, domieszka taka zaś nazywa się domieszką akceptorową (przyjmuje elektron). W takim półprzewodniku powstaje dodatkowy poziom energetyczny (poziom akceptorowy). Poziomy takie wiążą elektrony znajdujące się na pasmie walencyjnym (prawie zapełnionym w przypadku półprzewodników samoistnych), powodując powstanie w nim wolnych miejsc (dziur elektronowych). Zachowują się one jak swobodne cząstki o ładunku dodatnim i są zdolne do przewodzenia prądu. Mówimy o przewodnictwie dziurowym, lub przewodnictwie typu p.

Dziury ze względu na swoją masę efektywną, zwykle większą od masy efektywnej elektronów, mają mniejszą ruchliwość, przez co rezystywność materiałów typu p jest z reguły większa niż materiałów typu n mających ten sam poziom domieszkowania.

**Masa efektywna** to odpowiednik masy dla ciał (cząstek) znajdujących się w środowisku materialnym, z którym oddziałują. Stosując masę efektywną w równaniach ruchu, automatycznie uwzględnia się obecność otaczających pól bez potrzeby ich dokładnej analizy. Masa efektywna może być zarówno mniejsza, jak i większa od masy spoczynkowej tego samego ciała w próżni. Może być ujemna.

#### **Diody**

Istotą działania większości diod jest przewodzenie prądu w jednym kierunku i znaczne blokowanie jego przepływu w drugim. Właściwości te wykorzystujemy do prostowania napięcia przemiennego oraz demodulacji sygnałów w odbiornikach radiowych. Wadą diod jest tzw. prąd wsteczny, prąd upływu.



**Tranzystor bipolarny** półprzewodnikowy element elektroniczny, mający zdolność wzmacniania sygnału. Zbudowany jest z trzech warstw półprzewodnika o różnym typie przewodnictwa. Charakteryzuje się tym, że niewielki prąd płynący pomiędzy dwoma jego elektrodami (nazywanymi *bazą* i *emiterem*) steruje większym prądem płynącym między emiterem, a trzecią elektrodą (nazywaną *kolektorem*). Tranzystor bipolarny składa się z trzech warstw półprzewodnika o różnym typie przewodnictwa (**p-n-p** lub **n-p-n**).

Poszczególne warstwy noszą nazwy:

- emiter(E) - warstwa silnie domieszkowana
- baza(B) - warstwa cienka i słabo domieszkowana
- kolektor(C)

Tranzystor bipolarny składa się z dwóch złączy p-n:

- baza-emiter(złącze emitera)
- baza-kolektor(złącze kolektora)

**Tranzystor polowy** Sterowanie prądu tranzystora polowego odbywa się za pomocą pola elektrycznego. Zasadniczą częścią tranzystora polowego jest krzystal odpowiednio domieszkowanego półprzewodnika z dwiema elektrodami:

- źródłem(S - odpowiednik emitera)
- drenem(D - odpowiednik kolektora)

Pomiędzy źródłem i drenem tworzy się tzw. kanał, którym płynie prąd. Wzdłuż kanału zmieniona jest trzecia elektroda, zwana bramką(G - odpowiednik bazy). Przyłożone do bramki napięcie wywołuje w krysztale dodatkowe pole elektryczne, które wpływa na rozkład nośników prądu w kanale. Skutkiem tego jest zmiana efektywnego przekroju kanału, co objawia się jako zmiana oporu pomiędzy drenem i źródłem.

**Siła Lorentza** to siła jaka działa na cząstkę obdarzoną ładunkiem elektrycznym, poruszającą się w polu elektromagnetycznym.

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (26)$$

- $\vec{E}$  - wektor natężenia
- $\vec{B}$  - wektor pola magnetycznego

**Prawo Ampère’a** Całka krzywoliniowa wektora indukcji magnetycznej, wytworzonego przez stały prąd elektryczny w przewodniku wzdłuż linii zamkniętej otaczającej prąd, jest równa sumie algebraicznej natężeń prądów przepływających (strumień gęstości prądu) przez dowolną powierzchnię objętą przez tę linię.

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \cdot I \quad (27)$$

*Dla próżni*

$$\oint_C \vec{H} d\vec{l} = \int \vec{J} d\vec{a} = I \quad (28)$$

*Dla dowolnego ośrodka*

Gdzie:

- C - linia zamknięta
- $\vec{H}$  - natężenie pola magnetycznego
- $\vec{J}$  - gęstość prądu przepływającego przez element  $d\vec{a}$  powierzchni S, zamkniętej przez krzywą C

Równoważną formą prawa w postaci różniczkowej jest:

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} \quad (29)$$

Natężenie pola magnetycznego H może być wyrażone jako indukcja magnetyczna B:

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H} \quad (30)$$

Indukcja magnetyczna dana jest wzorem:

$$\oint_C H dl = I \quad (31)$$

Gdzie:

- H - natężenie pola magnetycznego
- I - prąd przepływający przez dowolną powierzchnię rozpiętą na zamkniętym konturze C

**Prawo Faradaya** W zamkniętym obwodzie znajdującym się w **zmiennym** polu magnetycznym pojawia się siła elektromotoryczna indukcji równa szybkości zmian strumienia indukcji pola magnetycznego przechodzącego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie.

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (32)$$

Gdzie:

- $\Phi_B$  - strumień indukcji magnetycznej

Jeżeli w miejscu pętli umieści się zamknięty przewód o oporze  $R$ , wówczas w obwodzie tego przewodu popłynie prąd o natężeniu:

$$I = \frac{U}{R} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow I = \frac{\frac{d\Phi_B}{dt}}{R} \quad (33)$$

**Reguła Lenza** Prąd indukcyjny (nazywany też prądem wtórnym) wzbudzony w przewodniku pod wpływem zmiennego pola magnetycznego ma zawsze taki kierunek, że wytworzone wtórne pole magnetyczne przeciwdziała przyczynie (czyli zmianie pierwotnego pola magnetycznego), która go wywoła.

Wnioski:

- Jeżeli zamknięta zwojnica porusza się względem magnesu to wokół zwojnicy powstaje takie pole magnetyczne, które przeciwdziała temu ruchowi
- Jeżeli natężenie pola magnetycznego pośrodku zwojnicy wzrasta, indukuje to w niej pole i prąd elektryczny o takim kierunku, że wytwarzane przez ten wtórne pole magnetyczne przeciwdziałać będzie dalszemu wzrostowi pierwotnemu pola.
- Jeżeli natężenie pola magnetycznego pośrodku zwojnicy słabnie, indukuje to w niej pole i prąd elektryczny o takim kierunku, że wytwarzane przez ten wtórne pole magnetyczne podtrzymać będzie słabnące pole pierwotne
- Jeżeli cząstka obdarzona ładunkiem elektrycznym porusza się w polu magnetycznym o wzrastającym natężeniu, to ruch tej cząstki wywołuje wzrost natężenia pola magnetycznego przed cząstką, a osłabienie za cząstką (przeciwdziałanie zmianie pola w miejscu, gdzie jest cząstka), a przy polu w ruchu słabnącym odwrotnie. Np. deformacja pola magnetycznego Ziemi przez wiatr słoneczny.
- Jeżeli cząstka obdarzona ładunkiem porusza się wzdłuż zakrzywionej linii pola magnetycznego, to indukowane pole zmniejsza krzywiznę tej linii