

1. Prezentacja analityczna i graficzna równania ruchu oraz zależności czasowych prędkości i przyspieszenia w ruchu jednostajnie przyspieszonym jednowymiarowym.

Ruch – zmiana położenia jednych ciał względem innych, które nazywamy układem odniesienia.

Prędkość – zmiana odległości w jednostce czasu

Przyspieszenie – to tempo zmian prędkości

$$\frac{v-v_0}{t} \quad \frac{v-v_0}{t}$$

przyspieszenie jednostajne a =

2. Prezentacja analityczna i graficzna równania ruchu oraz zależności czasowych prędkości i przyspieszenia w ruchu jednostajnym jednowymiarowym.

Ruch – zmiana położenia jednych ciał względem innych, które nazywamy układem odniesienia.

Prędkość – zmiana odległości w jednostce czasu

Przyspieszenie – to tempo zmian prędkości

$$v = \frac{x-x_0}{t-t_0} \quad v = \frac{x-x_0}{t-t_0}$$

prędkość w ruchu jednostajnym -

3. Ruch ciała zuconego pod kątem do horyzontu: opis analityczny i graficzny.

Rzut ukośny to ruch ze stałym przyspieszeniem g [0, -g].

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2v_0 g t \sin \theta + g^2 t^2}$$
$$\sqrt{v_0^2 - 2v_0 g t \sin \theta + g^2 t^2}$$

$$y = v_0 \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

4. Podstawowe wielkości kinematyczne ruchu obrotowego.

Prędkość – zmiana odległości w jednostce czasu

Przyspieszenie kątowe - Występuje w ruchu obrotowym - jest wektorem leżącym na osi obrotu i skierowanym zgodnie z regułą śruby prawoskrętnej. Jeśli współrzędną kątową ciała określa kąt α, a wartość prędkości kątowej oznaczmy jako ω, to wartość przyspieszenia kątowego ε wynosi: Jednostka przyspieszenia kątowego w układzie SI to jeden radian przez sekundę do kwadratu.

$$\epsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad \epsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad \left[\epsilon \right] = \frac{1}{s^2} \quad \epsilon = \frac{1}{s^2}$$

5. Pierwsza, druga i trzecia zasady Newtona: formułowanie i przykłady zastosowania.

Pierwsza zasada Newtona – Ciała pozostaje w stanie spoczynku lub w stanie stałej prędkości (0 przyspieszenie) gdy jest pozostawione samo sobie (działająca na nie siła wypadkowa jest równa 0)

a = 0 gdy F_{wypadkowe} = 0

Druga zasada Newtona – Tempo zmiany pędu ciała jest równe sile wypadkowej działającej na to ciało

$$F_{wyp} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad F_{wyp} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad \text{czyli } F_{wyp} = ma$$

Zwróćmy uwagę, że w definicji F mówimy o pojedynczej sile, a tu mamy do czynienia z siłą wypadkową.

Trzecia zasada Newtona – gdy dwa ciała oddziałują wzajemnie, to siła wywierana przez ciało drugie na ciało pierwsze jest równa i przeciwnie skierowana do siły, jak ciało pierwsze działa na drugie

$$F_{A \rightarrow B} = -F_{B \rightarrow A}$$

6. Druga zasada Newtona. Siła tarcia. Współczynnik tarcia statycznego i kinetycznego.

Druga zasada Newtona – Tempo zmiany pędu ciała jest równe sile wypadkowej działającej na to ciało

$$F_{wyp} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad F_{wyp} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad \text{czyli } F_{wyp} = ma$$

Zwróćmy uwagę, że w definicji F mówimy o pojedynczej sile, a tu mamy do czynienia z siłą wypadkową.

Siła tarcia – Siły kontaktowe, o których mówiliśmy są normalne (prostopadłe) do powierzchni. Istnieje jednak składowa siły kontaktowej leżąca w płaszczyźnie powierzchni. Jeżeli ciało pchniemy wzdłuż stołu to po pewnym czasie ciało to zatrzyma się. Z drugiej zasady dynamiki wiemy, że jeżeli ciało porusza się z przyspieszeniem to musi działać siła. Taką siłę nazywamy siłą tarcia.

Stosunek siły Ts do nacisku Fn nazywamy współczynnikiem tarcia statycznego μ_s. μ_s = Ts/Fn

Współczynnik tarcia kinetycznego = μ_k = Tk/Fn

7. Trzecia zasada Newtona. Siły kontaktowe.

Trzecia zasada Newtona – gdy dwa ciała oddziałują wzajemnie, to siła wywierana przez ciało drugie na ciało pierwsze jest równa i przeciwnie skierowana do siły, jak ciało pierwsze działa na drugie

$$F_{A \rightarrow B} = -F_{B \rightarrow A}$$

Siły kontaktowe – Gdy dwa ciała są dociskane do siebie to występują między nimi siły kontaktowe. Źródłem tych sił jest odpychanie pomiędzy atomami. Przy dostatecznie małej odległości występuje przekrywanie chmur elektronowych i ich odpychanie rosnące wraz z malejącą odległością. To jest siła elektromagnetyczna i może być bardzo duża w porównaniu z siłami grawitacyjnymi.

8. Ciężnienie powszechnie. Doświadczenie Cavendisha.

Newton – 1665 spadanie ciał. Skoro istnieje siła przyciągania pomiędzy dowolnym ciałem i Ziemią, to musi istnieć siła między każdymi dwoma masami m1 i m2. Skoro siła jest proporcjonalna do masy ciała to musi być proporcjonalna do każdej z mas m1 i m2. Newton zastanawiał się również czy siła działająca na ciała będzie malała

$$\frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

wraz ze wzrostem odległości. F=G*

Doświadczenie Cavendisha - G = Fx²/m₁m₂ wyznaczenie stałej grawitacji G za pomocą wagi skręceń

9. Pole grawitacyjne wewnątrz kuli.

$$g(r) = \frac{4}{3} \pi \rho G r = \left(G \frac{M}{R^2} \right) \frac{r}{R}$$

10. Prawa Keplera. Wyznaczenie masy planet.

Pierwsze prawo Keplera:

Każda planeta krąży po orbicie eliptycznej, ze Słońcem w jednym z ognisk jej elipsy.

Drugie prawo Keplera:

Linia łącząca Słońce i planetę zakreśla równe pola w równych odstępach czasu.

Trzecie prawo Keplera:

Sześciąny połosi wielkich orbit dowolnych dwóch planet mają się do siebie jak kwadraty ich okresów obiegu.

$$M = \frac{4\pi^2 a^3}{\sigma r_1^3} \quad M = \frac{4\pi^2 a^3}{\sigma r_1^3}$$

Dla pierwszej planety:

$$M = \frac{4\pi^2 a^3}{\sigma r_1^3} \quad M = \frac{4\pi^2 a^3}{\sigma r_1^3}$$

Dla drugiej planety:

$$\frac{a_1^3}{r_1^3} = \frac{a_2^3}{r_2^3} \quad \text{czyli} \quad \frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$$

Porównując mamy:

$$\frac{a_1^3}{r_1^3} = \frac{a_2^3}{r_2^3} \quad \text{czyli} \quad \frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{r_1^3}{r_2^3}$$

11. Wyprowadzenie wzoru na okres wahadła prostego.

Wahadło proste jest to wyidealizowane ciało o masie punktowej, zawieszone na cienkiej, nieważkiej, nierozciągliwej nici. Kiedy ciało wytrącimy z równowagi to zaczyna się ono wahać w płaszczyźnie poziomej pod wpływem siły ciężkości. Jest to ruch okresowy. Znajdźmy okres tego ruchu. Na masę m działają: siła przyciągania grawitacyjnego mg i naprężenia nici N. Siłę mg rozkładamy na składową radialną i styczną. Składowa styczna jest siłą przywracającą równowagę układu i sprowadza masę m do położenia równowagi. Siła ta wynosi F=mgsinα. Podkreślmy, że siła jest proporcjonalna do sinθ, a nie do θ, więc nie jest to ruch prosty harmoniczny. Jeżeli jednak kąt θ jest mały (mniejszy niż 10°) to sinθ jest bardzo bliski θ (różnica mniejsza niż 0.5%). Przemieszczenie wzdłuż łuku (z miary łukowej kąta) wynosi x = lθ. Przyjmując zatem, że sinθ = θ otrzymujemy

F=-mga=-mg(x/l)=-{mg/l}*x, F jest więc proporcjonalna do przemieszczenia (ze znakiem "-"). Jest to kryterium ru-chu harmonicznego. Stała mg/l określa stałą k w równaniu F = - kx. Przy małej amplitudzie okres wahadła prostego wynosi więc.

12. Siły bezwładności.

Siła bezwładności (siła inercji) to wyimaginowana, pozorna siła nie pochodząca od żadnego ciała, będąca wynikiem przyspieszenia układu odniesienia (czyli układu nieinercyjnego). Siła bezwładności nie jest siłą, gdyż definicja tej wartości nie jest do końca zgodna z pierwotnym założeniem I zasady dynamiki Newtona. Nazwa wzięła się stąd iż siła ma swój efekt, w niektórych układach nieinercjalnych można zauważyć efekt typowy dla działania siły (np. przemieszczony), jednakże działając się bez działania tej siły. Siły bezwładności odpowiadają iloczynowi masy i odpowiedniego przyspieszenia, a skierowane przeciwnie niż siła wymuszająca ruch.

$$\vec{F}_b = -(m \cdot \vec{a})$$

13. Siła Coriolisa: definicja i przykłady.

Na ciało o masie m, poruszające się ruchem postępowym z prędkością v w obracającym się układzie odniesienia działa siła bezwładności zwana siłą Coriolisa

$$F_c = 2mv \times \omega$$

Siła Coriolisa powoduje odchylenie toru ruchu ciała w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu układu odniesienia (np. Ziemi lub płaskiej tarczy). Ponieważ Ziemia obraca się z zachodu na wschód, zatem siła Coriolisa powoduje odchylenie toru ciała poruszającego się ku równikowi w kierunku zachodnim na obu półkulach, lub w kierunku wschodnim, jeżeli ciało porusza się w stronę któregoś z biegunów, czyli ku osi obrotu. Trzeba dodać, że z punktu widzenia obserwatora zewnętrznego efekt Coriolisa nie występuje. Jeśli stojąc na środku obracającej się tarczy poturlamy metalową kulkę ku brzegowi tarczy, z naszego punktu widzenia będzie się ona poruszać po łuku, skręcając w stronę przeciwną do kierunku obrotu tarczy. Osoba, która będzie stała obok tarczy zobaczy, że kulka potoczyła się nie po łuku ale po linii prostej ruchem jednostajnym. Aby nastąpił ten efekt kulka musi przyspieszać w bok, gdyż poza ruchem jednostajnym w kierunku brzegu tarczy, aby zachować pozory ruchu prostoliniowego, musi ona pokonywać coraz dłuższe odcinki w poprzek tarczy w tych samych odstępach czasu, zatem jej prędkość musi wzrastać. To przyspieszenie powstaje wskutek działania siły Coriolisa i jest nazywane przyspieszeniem Coriolisa. Siła Coriolisa działa prostopadle do wektora prędkości nadanej kulce na początku jej ruchu. Ciało upuszczone ze szczytu wieży Eiffa (wysokość 273 m z najwyższego tarasu) spadnie przeciętnie o 6,505103512 cm na wschód (nie uwzględniając innych sił).

-W czasie II wojny światowej niemieckie rakiety V2, wystrzeliwane w kierunku Londynu z odległości około 300 km, lecąc z prędkością 1400 km/h, uderzały około 3,7 km na zachód od celu.

14. Definicja masy w fizyce.

Masa – w fizyce jedna z najważniejszych wielkości fizycznych określająca ich bezwładność (masa bezwładna) i oddziaływania grawitacyjne (masa grawitacyjna). Potocznie rozumiana jako ilość materii i energii zgromadzonej w ciele fizycznym.

15. Zasada zachowania pędu. Środek masy układu. Ruch środka masy.

Zasada zachowania pędu mówi, że dla dowolnego izolowanego układu punktów materialnych, bez względu na to, jakie jest oddziaływanie między nimi, suma wektorowa wszystkich pędów pozostaje stała. Przejawem działania tej zasady jest zjawisko odrzutu, polegające na tym, że przy rozpadzie ciała na dwie części obie otrzymują pędy jednakowe co do wartości bezwzględnej, lecz przeciwnie skierowane względem układu odniesienia, w którym ciało przed rozpadem pozostawało w spoczynku. Przykładem mogą być odrzuty przy strzelaniu z broni palnej, przy emisji cząsteczek z jądra atomowego itp. Na tej podstawie działają też samoloty odrzutowe oraz rakiety, gdzie pęd strumienia gazów wyrzucanych z dyszy nadaje samolotowi lub rakiecie pęd w kierunku przeciwnym. Matematycznie

$$\text{sformułowanie zasady zachowania pędu: } \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \text{const.}$$

16. Praca wykonana przez stałą siłę.....

$$W=F*s=Fs \cos \alpha$$

Wzór na pracę wykonywaną się przez siłę zmienną.

$$W = \sum_{i=1}^n F_i \Delta x \quad W = \sum_{i=1}^n F_i \Delta x$$
$$\frac{kx^2}{2} \quad \frac{kx^2}{2}$$

Przykład z sprężyną: W=

17. Energia kinetyczna. Twierdzenie o pracy i energii.

Gdy nie ma zmiany wartości prędkości to nie ma zmiany energii kinetycznej, tzn.

nie jest wykonywana praca (np. siła dośrodkowa). Z twierdzenia wynika, że

jednostki pracy i energii są takie same.

Moc=szybkość wykonywanej pracy.

$$\text{Moc średnia} = P_{\text{średnia}} = W/t$$

$$\text{Moc chwilowa} = P = dW/dt$$

Gdy moc jest stała w czasie to P_{średnia} = P.

$$\text{Jednostką mocy jest wat} = 1W=1J/1s.$$

$$1kM \text{ (koń mechaniczny)} = 3/4kW \text{ (kilowata).}$$

Połowe iloczynu masy ciała i kwadratu prędkości nazywamy energią kinetyczną.

Praca wykonywana przez wypadkową siłę F działającą na punkt materialny jest równa zmianie energii kinetycznej tego punktu. W=E_k-E_{k0}.

18. Praca i Energia. Zasada zachowania energii mechanicznej.

Dla ciała podlegającego działaniu siły zachowawczej, którego energia potencjalna jest równa E_p , suma energii kinetycznej i potencjalnej jest stała (o ile nie działają inne siły).

19. Zderzenie sprężyste: definicja i opis analityczny.

Jest to zderzenie, w którym w stanie końcowym mamy te same cząstki (obiekty) co w stanie początkowym i zachowana jest energia kinetyczna. Przykładami zderzeń sprężystych mogą być: przejście komety poruszającej się z prędkością hiperboliczną w okolicy słońca, z odchyleniem jej toru, czy rozproszenie niskoenergetycznej cząstki alfa na jądrze atomowym (eksperyment Rutherforda). Często stosowane jako przykład zderzenie sztywnych stalowych kul jest natomiast tylko w przybliżeniu zderzeniem sprężystym, niewielka część energii kinetycznej jest bowiem zawsze tracona w formie ciepła i fali akustycznej wywołanych w chwili zderzenia. W analizie zderzenia sprężystego możemy stosować zasady zachowania pędu i energii. Jeżeli rozpatrujemy zderzenie dwóch ciał, to pełnym opisem stanu końcowego jest podanie dwóch wektorów pędu. Jeżeli zderzenie analizujemy w układzie odniesienia, w którym jedna z cząstek przed zderzeniem spoczywa, lub w którym ich prędkości są do siebie równoległe, to z zasady zachowania pędu wynika, że wektory pędów po zderzeniu muszą leżeć w jednej płaszczyźnie z pędami przed zderzeniem. Możemy więc, dobierając odpowiednio układ współrzędnych, analizować ten proces na płaszczyźnie. Wektor na płaszczyźnie jest określony dwiema współzrędnymi. Mamy więc w stanie końcowym cztery parametry. Zasada zachowania pędu nakłada nam na nie dwa ograniczenia (sumy składowych pędów po zderzeniu muszą być równe tym sprzed zderzenia). Zachowanie energii kinetycznej daje trzecie ograniczenie. Oznacza to, że w zderzeniu sprężystym dwóch ciał wystarczy w zasadzie zmierzyć jeden parametr stanu końcowego (może to być na przykład kąt wylotu jednej z cząstek), by, z pomocą zasad zachowania, wyznaczyć cały stan końcowy. "W zasadzie", ponieważ zależność energii od pędu jest kwadratowa, w związku z czym równanie zachowania energii może czasem mieć dwa fizyczne rozwiązania. Przykładem użycia zasad zachowania energii i pędu do analizy zderzenia sprężystego może być wyprowadzenie wzoru na zmianę długości fali fotonu rozpraszanego na swobodnym elektronie, czyli efektu Comptona.

20. Ruch postępowo-obrotowy....

Jak ciało się toczy to wykonuje zarówno ruch obrotowy jak i postępowy. W ruchu postępowym(a) wszystkie punkty poruszają się z takimi samymi prędkościami, natomiast w ruchu obrotowym(b) przeciwnie punkty poruszają się z przeciwnymi prędkościami, a środek jest nieruchomy. Rysunek (c) to wynik zsumowania wektorów z rysunków (a) i (b).

21. Kinematyka i dynamika ruchu ciała po okręgu.

Jeśli chodzi o kinematykę tego ruchu, to sprawa jest bardzo prosta. Jakiś tam obiekt, który porusza się po okręgu ma w każdej chwili prędkość liniową. Może być ona stała (jednostajny ruch po okręgu) i jest tak najczęściej, ale może się ona zmieniać.

Prędkością kątową nazywamy stosunek kąta zakreślonego przez ciało poruszające się po okręgu w danym czasie do tego czasu. Oznacza się ją symbolem ω (mała omega).

$\omega = \Delta \alpha / \Delta t$ Dynamika II zasada dynamiki pokazuje nam zależność między siłą, masą i przyspieszeniem:

$F = ma$ $F = m(v^2/2r)$ $F = m\omega^2 r$

Siła dośrodkowa (jak sama nazwa wskazuje) jest skierowana do środka okręgu, po którym porusza się dane ciało.

22. Podstawowe wielkości dynamiczne i prawa ruchu obrotowego.

Prędkością kątową nazywamy stosunek kąta zakreślonego przez ciało poruszające się po okręgu w danym czasie do tego czasu. Oznacza się ją symbolem ω (mała omega). $\omega = \Delta \alpha / \Delta t$

Okres - Okresem nazywamy czas jednego pełnego obiegu.

Przyspieszenie kątowe - Analogicznie do zwykłego przyspieszenia jest to zmiana prędkości kątowej w czasie

Częstotliwość - Częstotliwością nazywamy stosunek liczby obrotów do czasu ich wykonania.

$f = n / t$

23. Wyprowadzenie wzoru na okres wahadła fizycznego.

P-punkt zawieszenia ciała, S-środek masy, l-odległość między P a S

T-moment siły działający na ciało $T = -mgl \sin \theta$

korzystając ze związku $T = I \alpha = I(d^2 \theta / dt^2)$

otrzymujemy $-mgl \sin \theta = I d^2 \theta / dt^2$

dla małych wychyleń, dla których $\sin \theta \approx \theta$ dostajemy równanie:

$(d^2 \theta / dt^2) = -(mg/l) \theta$

To równanie ma tą samą postać co dla ruchu harmonicznego, więc $\omega =$

$$\sqrt{(mgl/I)} \quad \sqrt{(mgl/I)}$$

$$\text{Lub } T = 2\pi \sqrt{(I/mgl)} \quad \sqrt{(I/mgl)}$$

Przypadek szczególny dla masy punktowej zawieszanej na nici o długości l to $I = ml^2$

$$\text{Wówczas } T = 2\pi \sqrt{(l/g)} \quad \sqrt{(l/g)}$$

24. Moment bezwładności ciała sztywnego. Twierdzenie Steinera.

Moment bezwładności I jest analogiczną wielkością do masy m w ruchu

postępowym. Chociaż masa ciała

nie zależy od jego położenia to moment bezwładności zależy od osi, wokół której obraca się ciało.

Twierdzenie Steinera - Wynika ono z wpływu przesunięcia osi na momenty bezwładności i zbroczenia (dewiacji, odśrodkowy), przy czym zakładamy że początek układu współrzędnych pokrywa się ze środkiem masy ciała, więc pomijamy moment statyczny.

25. Prawo gazów doskonałych w związku z kinetyczną teorią gazów. Definicja temperatury.

Gaz doskonały: objętość cząstek gazu jest o wiele mniejsza niż objętość zajmowana przez gaz, zasięg sił działających między dwoma cząstkami jest o wiele mniejszy niż średnia odległość między cząsteczkami.

Temperatura bezwzględna – wielkość wprost proporcjonalna do średniej energii kinetycznej cząstek. $T = (2/3k)mv^2/2$ k-stała Boltzmanna

Równanie stanu gazu doskonałego $pV = nRT$, p-pęd, V-prędkość, n-liczba moli

26. Ekwiipartycja energii. Pierwsza zasada termodynamiki.

Na podstawie mechaniki statystycznej można pokazać, że gdy liczba punktów materialnych jest bardzo duża i obowiązuje mechanika Newtonowska to dostępna energia rozkłada się w równych porcjach na wszystkie niezależne sposoby, w jakie cząsteczka może ją absorbować. Każdy z tych sposobów absorpcji energii nazywa się stopniem swobody (liczba niezależnych współrzędnych potrzebnych do określenia położenia ciała w przestrzeni). Średnia energia kinetyczna na każdy stopień swobody jest taka sama dla wszystkich cząstek to jest ekwiipartycja energii.

I zasada termodynamiki

Gdy dwa układy (ciała) o różnych temperaturach zetknijemy ze sobą to ciepło ΔQ przepływa z ciała cieplejszego do ciała chłodniejszego. Zgodnie z zasadą zachowania energii, ciepło pobrane przez układ musi być równe wzrostowi energii wewnętrznej układu plus pracy wykonanej przez układ nad otoczeniem zewnętrznym.

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta W$$

27. Ciepło właściwe przy stałej objętości. Ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu. Ciepło właściwe – energia termiczna potrzebna do podniesienia temperatury jednej jednostki masy ciała o jedną jednostkę temperatury. W układzie SI ciepło właściwe podaje się w dżulach na kilogram razy kelwin (J/(kg·K)). Ciepło właściwe jest to wielkość, która charakteryzuje każdą substancję pod względem energetycznym.

$$\Delta Q = \Delta U + p \Delta V$$

$$\Delta Q = \Delta U + p \Delta V \quad \Delta Q = c_v + \Delta T + p \Delta V$$

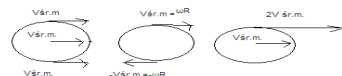
$$\Delta Q = c_v + \Delta T + p \Delta V \quad \Delta Q = c_v \Delta T + R \Delta T$$

$$\Delta Q = c_v \Delta T + R \Delta T \quad \Delta Q / \Delta T = c_v + R$$

$$\Delta Q / \Delta T = c_v + R \quad c_p = c_v + R \quad c_p = c_v + R$$

Ciepło przy stałej

objętości:



$$\Delta V = 0 \text{ więc } \Delta U = \Delta Q \quad \Delta V = 0 \text{ więc } \Delta U = \Delta Q$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U}{\Delta T} \quad \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{\Delta U}{\Delta T}$$

$c_v =$

28. Rozkład prędkości Maxwella opisuje między innymi ruch cząstek gazu znajdującego się w równowadze termodynamicznej bez działania pól zewnętrznych. Rozkład prędkości Maxwella stanowi, że liczba cząstek $dn(v)$ poruszających się z prędkościami leżącymi w zakresie od v do $v+dv$ jest opisana następującym równaniem:

gdzie k_B jest stałą Boltzmanna, m masą cząstek gazu, a T jest temperaturą gazu.

29. Równanie van der Waalsa jest równaniem stanu gazu wiążącym parametry stanu gazu (ciśnienie p , objętość V i temperaturę T). Najczęściej podawane jest dla objętości molowej gazu (dla 1 mola gazu, $V = V_m$). Gdzie:

a - stała charakterystyczna dla danego gazu, uwzględniająca oddziaływanie między cząsteczkami gazu

b - stała charakterystyczna dla danego gazu, uwzględniająca skończone rozmiary cząstek (cząsteczki zajmują jakąś objętość)

p - ciśnienie, $V_m = V/n$ - objętość molowa, gdzie: $V = \left(p + \frac{a}{V_m^2}\right)(V_m - b) = RT$

objętość, n - liczność (ilość gazu) w molach, T - Temperatura bezwzględna, R - uniwersalna stała gazowa

30. Cykl Carnota - obieg termodynamiczny, złożony z dwóch przemian izotermicznych i dwóch przemian adiabatycznych. Cykl Carnota jest obiegiem odwracalnym. Do realizacji cyklu potrzebny jest czynnik termodynamiczny, który może wykonywać pracę i nad którym można wykonać pracę. Cykl składa się z następujących procesów: - Sprężanie izotermiczne – czynnik roboczy styka się z chłodnicą, ma temperaturę chłodnicy i zostaje poddany procesowi sprężania w tej temperaturze (T_1). Czynnik roboczy oddaje ciepło do chłodnicy. - Sprężanie adiabatyczne – czynnik roboczy nie wymienia ciepła z otoczeniem, jest poddawany sprężaniu aż uzyska

temperaturę Źródła ciepła (T_2). - Rozprężanie izotermiczne – czynnik roboczy styka się ze źródłem ciepła, ma jego temperaturę i poddawany jest rozprężaniu izotermicznemu

w temperaturze T_2 , podczas tego cyklu ciepło jest pobierane ze źródła ciepła. Rozprężanie adiabatyczne – czynnik roboczy nie wymienia ciepła z otoczeniem i jest rozprężany aż czynnik roboczy uzyska temperaturę chłodnicy (T_1).

Dla układu tego definiuje się sprawność jako stosunek pracy wykonanej do ilości ciepła pobranego ze źródła ciepła.

Cykl Carnota jest odwracalny i może przebiegać w odwrotnym kierunku wówczas układ przekazuje energię cieplną do ciała o niższej temperaturze do ciała o wyższej temperaturze.

31. Druga zasada termodynamiki stwierdza, że ciepło nie może samorzutnie przepływać od ciała o temperaturze niższej do ciała o temperaturze wyższej.

Sprawność silnika cieplnego- urządzenie zamieniające ciepło na pracę. Idealny silnik, pracujący w cyklu przemian odwracalnych, ma sprawność η ograniczoną różnicą temperatur ciał, pomiędzy którymi przekazywane jest ciepło

32. Ładunek

$$\hat{I}_{ij} = \hat{I}_{ij}^{cm} + m(\delta_{ij} d^2 - d_i d_j),$$

elektrostatyczny gromadzi się zwykle na skutek tarcia. Gdy powierzchnia z ładunkiem elektrostatycznym zetknie się z przewodnikiem prądem, następuje rozładowanie ładunku zgromadzonego na tej powierzchni. Prawo Coulomba określa wartość siły elektrostatycznej działającej między dwoma ładunkami.

$$\vec{E}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{|r|^2} \hat{r} \quad F_C = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{R^2}$$

33. Gauss sfera

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

czyli

$$E=k \frac{Q}{r^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Dla $r > R$

Dla $r < R$, E

34. Gauss kula

$$E(4\pi r^2) = \pi r^2 \pi r^2 = 4\pi k(Q_{\text{środk}}^2) - \pi k(Q_{\text{zewnętrzna}}^2)$$

Czyli

$$E=k \frac{Q}{R^2} r^2 = \frac{Q}{R^2} r^2$$

35. Gauss zewnętrzny pręt

$$2\pi rLE = \pi rLE_{\text{środek}} - \pi k\lambda L - \pi k\lambda L$$

Czyli

$$E = \frac{2k\lambda}{r} - \frac{2k\lambda}{r} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r^2} - \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r^2}$$

36. Gauss wewnętrzny pręt

$$E(4\pi rL) = 4\pi k(\rho\pi r^2 L) - \pi rL = 4\pi k(\rho\pi r^2 L)$$

$$E=k \frac{\rho\pi r^2}{r} = \frac{\rho\pi r^2}{r}$$

Ponieważ

$$\lambda = \rho\pi R^2 = \rho\pi R^2$$

Wiec

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R^2} r = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 R^2} r$$

37. Gauss płaszczyzna

$$2ES = \sigma S/\epsilon_0 - \sigma S/\epsilon_0$$

38. Gauss 2 płaszczyzny. Pole wytwarzane przez płytę „po lewej stronie” jest równe:

$$E_{\text{lewa}} = \sigma/2\epsilon_0 - E_{\text{prawy}} = \sigma/2\epsilon_0$$

wytwarzane przez płytę po prawej

$$E_{\text{prawy}} - E_{\text{lewa}} = \sigma/\epsilon_0 - \sigma/2\epsilon_0$$

Zatem w obszarze I

$$E_I - E_I = \sigma/2\epsilon_0 - \sigma/2\epsilon_0 + (-\sigma/2\epsilon_0) = 0 - \sigma/2\epsilon_0 = 0$$

W obszarze II

$$E_{II} - E_{II} = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0} + (-\sigma/2\epsilon_0) = -\frac{\sigma}{2\epsilon_0} - \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

W obszarze III

$$E_{III} - E_{III} = (-\sigma/2\epsilon_0) - \sigma/2\epsilon_0 + \sigma/2\epsilon_0 - \sigma/2\epsilon_0 = 0$$

39. Energia potencjalna....

Różnica potencjałów czyli napięcie U pomiędzy dwoma punktami= praca na przeniesienie ładunku jednostkowego między tymi punktami

$$V_b - V_a = V_{ba} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

40. Potencjał, Natężenie, dipol...

Potencjał pola elektrycznego. Jest to energia potencjalna pola elektrycznego przypadająca na jednostkę ładunku: $V = Ep/q = k(Q/r) [V = J/C]$. **Oznaczenia:** V - potencjał; e_0 - energia potencjalna;

k - stała elektrostatyczna; Q - ładunek Źródłowy; q - ładunek elementarny; r - odległość punktu od Źródła;

Natężenie pola elektrostatycznego. Jest to siła Coulomba przypadająca na jednostkę ładunku: $E = F/q = k(Q/r^2) \cdot r$. Natężenie pochodzące od skończonej liczby ładunków jest równe wektorowej sumie natężeń pochodzących od poszczególnych ładunków. **Oznaczenia:** E - natężenie pola;

F_c - siła Coulomba; k - stała elektrostatyczna; Q - ładunek Źródłowy; q - ładunek elementarny; r - odległość Źródła od danego punktu; wersor (stosunek wektora do jego długości - pokazuje kierunek siły);

41. Pojemność elektryczną kondensatora. Energia pola elektrycznego. Pojemnością elektryczną kondensatora nazywamy stosunek ładunku zgromadzonego na jego okładce do różnicy potencjałów między okładkami: $C = Q/\Delta V$. Jednostką pojemności elektrycznej jest farad - 1F. Pojemność 1F jest olbrzymią pojemnością dlatego w praktyce używa się jednostek mniejszych: 1 $\mu F = 10^{-6} F$, 1 nF = $10^{-9} F$, 1 pF = $10^{-12} F$.

Pojemność kondensatora jest stała, zatem ładunek i różnica potencjałów są do siebie wprost proporcjonalne.

Jak łatwo zauważyć pomiędzy okładkami naładowanego kondensatora powstaje jednorodne pole elektryczne, którego natężenie zależy od różnicy potencjałów i odległości między okładkami: $E = \Delta V / d$, E - natężenie pola elektrycznego

ΔV - różnica potencjałów, d - odległość między okładkamiNależy się jeszcze zastanowić, dlaczego pomiędzy okładkami kondensatorów znajdują się dielektryki.

Otóż mają one specyficzną właściwość, obecność dielektryka osłabia pole elektrostatyczne pomiędzy okładkami kondensatora. Wielkością, która charakteryzuje poszczególne materiały jest *względna przenikalność elektryczna*

Energia pola elektrycznego. Energia potencjalna pola elektrycznego: $Ep = (kQq)/R$. **Oznaczenia:** e_0 - energia potencjalna; k - stała elektrostatyczna; Q - pierwszy ładunek; q - drugi ładunek; r - odległość ładunków od siebie;

42. Definicja prądu elektrycznego. Zależność prądu...

Prąd elektryczny – każdy uporządkowany (skierowany) ruch ładunków elektrycznych. Wielkością opisującą prąd elektryczny jest natężenie prądu elektrycznego I, które definiuje się jako pochodną ładunku elektrycznego q, który przepływa przez poprzeczny przekrój przewodnika, po czasie t przepływu tego ładunku: $I = q/t$. Jednostką natężenia prądu elektrycznego w układzie SI jest amper [A]. Natężenie prądu I można wyrazić też przez liczbę ładunków przepływających przez powierzchnię S, mających prędkość v, $I = qnvS$, gdzie: n - koncentracja nośników prądu wyrażona przez ich liczbę na jednostkę objętości, q - ładunek

każdego z nośników, v - składowe prędkości nośników w kierunku prostoliniowym do powierzchni S, przez którą płynie prąd o natężeniu I. Bardzo często określenie prąd elektryczny używa się zamiennie z natężeniem prądu elektrycznego. W ośrodkach ciągłych prąd elektryczny opisuje się podając gęstość prądu opisujący przepływ ładunku przez jednostkową powierzchnię. W odróżnieniu od natężenia prądu,

które jest skalarem i nie jest przypisana do punktu przestrzeni, gęstość prądu jest wektorem, a rozkład przestrzenny gęstości prądu nazywa się polem gęstości prądu. Ruch ładunku jest wywołany ruchem cząstek obdarzonych ładunkiem, zwanych nośnikami prądu. Nośnikami prądu elektrycznego mogą być elektrony, jony bądź dziury, czyli puste miejsca po elektronach.

43. Prawo Ohma....

Prawo Ohma mówi, że natężenie prądu stałego I jest proporcjonalne do całkowitej siły elektromotorycznej w obwodzie zamkniętym lub do różnicy potencjałów (napięcia elektrycznego) między końcami części obwodu nie zawierającej źródeł siły elektromotorycznej. Prawdopodobnie tę odkrył w 1827 roku niemiecki fizyk,

profesor politechniki w Norymberdze i uniwersytetu w Monachium Georg Simon Ohm. Można ją opisać jako: $I \sim U$. Współczynnik proporcjonalności w tej relacji nazywany jest konduktancją, oznaczaną przez G. $I = GU$ lub w ujęciu tradycyjnym: $I = U/R$

Odwrotność konduktancji nazywa się oporem elektrycznym przewodnika: $1/G = R$. Prawo Ohma określa opór elektryczny przewodnika: $R = U/I$. Prawo to jest prawem doświadczalnym i jest dość dokładnie spełnione dla ustalonych warunków przepływu prądu, szczególnie temperatury przewodnika. Materiały, które się do niego stosują, nazywamy przewodnikami omowymi lub "przewodnikami liniowymi" - w odróżnieniu od przewodników nieliniowych, w których opór jest funkcją natężenia płynącego przez nie prądu. Prawo to także nie jest spełnione gdy zmieniają się parametry przewodnika, szczególnie temperatura. Ze wszystkich materiałów przewodzących prawo Ohma najdokładniej jest spełnione w przypadku metali.

44. Straty mocy elektrycznej... Straty mocy elektrycznej Gdy elektron zderza się z atomem traci nadwyżkę energii, którą uzyskał w polu elektrycznym. Ponieważ energia kinetyczna nie wzrasta, cała energia stracona przez elektrony daje $dE_{\text{elektron}} = Udq$ gdzie dq jest ładunkiem przepływającym(elektronów przewodnictwa).

Dzieląc obie strony przez dt otrzymujemy $dE_{\text{elektron}}/dt = U \cdot (dq/dt) = UI$, $P = UI$. Siła elektromotoryczna (SEM) – czynnik powodujący przepływ prądu w obwodzie elektrycznym równy energii elektrycznej uzyskanej przez jednostkowy ładunek przemieszczany w urządzeniu (źródle) prądu elektrycznego w przeciwnym kierunku do sił pola elektrycznego oddziałującego na ten ładunek.Siła elektromotoryczna jest najważniejszym parametrem charakteryzującym źródła energii elektrycznej zwane też źródłami siły elektromotorycznej, są nimi generatory elektryczne (prądu stałego i zmiennego), baterie, termopary, fotogoniwa. Aby utrzymać prąd potrzeba źródła energii elektrycznej. No. baterie, generatory. Nazywamy je źródłami siły elektromotorycznej SEM. W takich źródłach jeden rodzaj energii jest zamieniany na drugi. SEM oznaczamy ϵ i definiujemy $\epsilon = W/q$, gdzie W jest energią elektryczną przekazywaną ładunkowi q, gdy przechodzi on przez Źródło SEM.

45 Opis działania pola magnetycznego na obwód z prądem. Działanie pola magnetycznego na obwód z prądem. Rozważymy teraz działanie pola magnetycznego na zamknięty obwód z prądem. Prostokątną ramkę o bokach a i b umieszczamy w jednorodnym polu magnetycznym o indukcji B. Przez ramkę płynie prąd o natężeniu I, a normalna do płaszczyzny ramki tworzy kąt θ z polem B. Rozpatrujemy siłę działającą na każdy z boków. Siły Fb działające na odcinki b zno-szą się wzajemnie. Siły Fa działające na odcinki a też się zno-szą ale tworzą parę sił da-jącą wypadkowy moment siły Siła Fa wynosi Fa=IaB więc $\tau = IabB\sin\alpha = ISB\sin\alpha$, Wielkość $I \cdot S$ nazywamy magnetycznym momentem dipolowym. Pole magnetyczne działa więc na ramkę z prądem (dipol magnetyczny) momentem skręcającym obracając ją. Położenie równowagi ramki (dipola magnetycznego) występuje dla $\theta = 0$ tj. gdy ramka jest usta-wiona prostopadle do pola B. Przykładem dipola magnetycznego jest igła kompasu, któ-ra umieszczona w polu magnetycznym obraca się ustawiając zgodnie z polem.

46. Opis działania pola magnetycznego na poruszający się ładunek elektryczny punktowy. Doświadczalnie stwierdzamy, że występuje oddziaływanie: magnesów naturalnych (Fe,Os), oddziaływanie przewodników z prądem na ładunki w ruchu (kineskop)

oddziaływanie przewodników z prądem na siebie. Magnesem jest sama Ziemia. Jej działanie na igłę kompasu jest znane od Starożytności. Te oddziaływania opisujemy wprowadzając pojęcie *pola magnetycznego*.

47. Pole magnetyczne. Źródła pola magnetycznego. Prawo Ampera. Chcemy teraz znaleźć pole magnetyczne wytwarzane przez powszechnie występujące rozkłady prądów, takich jak przewodniki prostoliniowe, cewki itd. Pole magnetyczne prezentujemy graficznie rysując tzw. *linie pola magnetycznego* czyli linie wektora indukcji magnetycznej. Na rysunku pokazane są linie pola magnetycznego wokół prostoliniowego przewodnika z prądem. Wektor B jest styczny do tych linii pola w każdym punkcie.

Linie pola B wytwarzanego przez przewodnik są *zamkniętymi* współśrodkowymi okręgami w płaszczyźnie prostopadłej do przewodnika. *To, że linie pola B są zamknięte stanowi fundamentalną różnicę między polem magnetycznym i elektrycznym, którego linie zaczynają się i kończą na ładunkach.*

Zwrot wektora indukcji B wokół przewodnika wyznaczamy stosując następującą zasadę: *Jeśli kciuk prawej ręki wskazuje kierunek prądu I, to zgięte palce wskazują kierunek B (linie pola B krążą wokół prądu).*

Żeby obliczyć pole B potrzeba nam "magnetycznego" odpowiednika prawa Gaussa. Związek między prądem i polem B jest wyrażony poprzez *prawo Ampera*. Zamiast sumowania (całki) E po zamkniętej powierzchni, w prawie Ampera sumujemy (całkujemy) po zamkniętym konturze (całkę krzywoliniową). Taka całka dla pola E równała się wypadkowemu ładunkowi wewnątrz powierzchni, a w przypadku pola B jest równa całkowitemu prądowi otoczonemu przez kontur, co zapisujemy

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

gdzie $\mu_0 =$

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_{\text{grav}}}{m}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\text{elekt}}}{q}$$

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}_{\text{magn}}}{q\vec{v}}$$

(Sila działa na ładunki w ruchu i jest proporcjonalna do qv).

Jednostką B jest *tesla*; 1T = N/(Am) Powyższy wzór jest prawdziwy dla ruchu ładunku prostopadle do B ale siła $F_{\text{magn}} = (Ia \text{ Lorentza})$ zależy od kierunku v. Ta zależność od kierunku jest zapisana poprzez równanie wektorowe

$$\vec{F}_{\text{magn}} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

47. Pole magnetyczne. Źródła pola magnetycznego. Prawo Ampera. Chcemy teraz znaleźć pole magnetyczne wytwarzane przez powszechnie występujące rozkłady prądów, takich jak przewodniki prostoliniowe, cewki itd. Pole magnetyczne prezentujemy graficznie rysując tzw. *linie pola magnetycznego* czyli linie wektora indukcji magnetycznej. Na rysunku pokazane są linie pola magnetycznego wokół prostoliniowego przewodnika z prądem. Wektor B jest styczny do tych linii pola w każdym punkcie.

Linie pola B wytwarzanego przez przewodnik są *zamkniętymi* współśrodkowymi okręgami w płaszczyźnie prostopadłej do przewodnika. *To, że linie pola B są zamknięte stanowi fundamentalną różnicę między polem magnetycznym i elektrycznym, którego linie zaczynają się i kończą na ładunkach.*

Zwrot wektora indukcji B wokół przewodnika wyznaczamy stosując następującą zasadę: *Jeśli kciuk prawej ręki wskazuje kierunek prądu I, to zgięte palce wskazują kierunek B (linie pola B krążą wokół prądu).*

Żeby obliczyć pole B potrzeba nam "magnetycznego" odpowiednika prawa Gaussa. Związek między prądem i polem B jest wyrażony poprzez *prawo Ampera*. Zamiast sumowania (całki) E po zamkniętej powierzchni, w prawie Ampera sumujemy (całkujemy) po zamkniętym konturze (całkę krzywoliniową). Taka całka dla pola E równała się wypadkowemu ładunkowi wewnątrz powierzchni, a w przypadku pola B jest równa całkowitemu prądowi otoczonemu przez kontur, co zapisujemy

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$

gdzie $\mu_0 =$

$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$, jest *przenikalnością magnetyczną próżni*. Tak jak w przypadku prawa Gaussa wynik był prawdziwy dla dowolnej powierzchni zamkniętej tak dla prawa Ampera wynik nie zależy od kształtu konturu zamkniętego.

48. Obliczenie indukcji pola magnetycznego na zewnątrz nieskończonego przewodnika z prądem. Obliczmy pole wokół nieskończonego długiego prostoliniowego przewodnika w odległości r od niego. Z prawa Ampera wynika, że dla konturu kołowego (rysunek obok)

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad B 2\pi r = \mu_0 I \quad 49.$$

Obliczenie indukcji pola magnetycznego wewnątrz nieskończonego przewodnika z prądem.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

Na zewnątrz pręta ($r > R$) znamy już pole B .

Pole to jest takie jakby cały prąd płynął przez środek pręta (analogie do rozkładu ładunków).

Jeżeli chcemy obliczyć pole wewnątrz pręta to wybieramy kontur kołowy o $r < R$. Wewnątrz konturu przepływa prąd i będący tylko częścią całkowitego prądu I

$$i = I \frac{\pi r^2}{\pi R^2}$$

$$B 2\pi r = \mu_0 i \quad B 2\pi r = \mu_0 I \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \quad B = \frac{\mu_0 I r}{2\pi R^2}$$

50. Wyprowadzenie wzoru na siłę oddziaływania między dwoma równoległymi przewodnikami z prądem.

Dwa przewodniki równolegle umieszczone w odległości d . Płyną w nich prądy I_a i I_b odpowiednio. Przewodnik a wytwarza w swoim

$$\text{otoczeniu pole } B_a = \frac{\mu_0 I_a}{2\pi d}$$

W tym polu znajduje się przewodnik b , w którym przepływa prąd I_b . Na odcinek l

$$F'_b = I_b l B_a = \frac{\mu_0 I_a I_b l}{2\pi d}$$

tego przewodnika działa siła

To rozumowanie można "odwrócić" zaczynając od przewodnika b . Wynik jest ten sam. Fakt oddziaływania przewodników równoległych wykorzystano przy definicji ampera. Załóżmy, że $d = 1 \text{ m}$ oraz, że $I_a = I_b = I$. Jeżeli dobraćmy tak prąd aby siła przyciągania przewodników, na 1 m ich długości, wynosiła $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$ to mówimy, że natężenie prądu jest równe 1 amperowi .

51. Prawo Biota-Savarta. Obliczenie indukcji pola magnetycznego na osi kołowego przewodnika z prądem. Istnieje inne równanie, zwane

prawem Biota-Savarta, które pozwala obliczyć B z rozkładu prądu. Oczywiście to prawo i prawo Ampera muszą być matematycznie równoważne. Prawo Ampera jest jednak "łatwie" w stosowaniu tylko gdy rozkłady prądów są na tyle symetryczne, że obliczenie odpowiedniej całki nie jest trudne. Gdy rozkład prądów jest skomplikowany (nie znamy jego symetrii) to dzielimy prądy na nieskończenie małe elementy (rysunek) i stosując prawo Biota-Savarta obliczamy pole od takich elementów, a następnie sumujemy je (całkujemy) żeby uzyskać wypadkowy wektor B .

Wartość liczbową dB zgodnie z prawem Biota-Savarta wynosi

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \times r}{r^3} \quad dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \theta}{r^2}$$

$$B = \int dB_{||} = \frac{\mu_0 IR}{4\pi(R^2 + x^2)^{3/2}} \int dl = \frac{\mu_0 IR}{4\pi(R^2 + x^2)^{3/2}} (2\pi R) = \frac{\mu_0 IR^2}{2(R^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2x^3}$$

Dla $x \gg R$ dostajemy

52. Zjawisko indukcji elektromagnetycznej. Prawo Faradaya. Reguła Lenza.

Zjawisko *indukcji elektromagnetycznej* polega na powstawaniu prądów elektrycznych w zamkniętym obwodzie podczas przemieszczania się względem siebie źródła pola magnetycznego i tego zamkniętego obwodu. Mówimy, że w obwodzie jest *indukowana siła elektromotoryczna (SEM indukcji)*, która wywołuje przepływ *prądu indukcyjnego*.

Prawo indukcji Faradaya stosuje się do trzech różnych sytuacji fizycznych: Nieruchoma pętla, względem której porusza się źródło pola magnetycznego (mamy tzw. elektryczną SEM). Przewód w kształcie pętli porusza się w obszarze pola magnetycznego (magnetyczna SEM). Nieruchoma pętla i nieruchome źródło pola magnetycznego lecz zmienia się prąd, który jest źródłem pola magnetycznego (także elektryczna SEM).

Na podstawie obserwacji Faraday doszedł do wniosku, że czynnikiem decydującym jest *szybkość zmian* strumienia magnetycznego Φ_B . Ilościowy związek przedstawia

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$

prawo Faradaya

Jeżeli mamy obwód złożony z N zwojów

to $\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$ Prąd indukowany ma taki kierunek, że przeciwstawia się zmianie, która go wywołała. Kierunek prądu indukowanego

w pętli (rysunek obok) zależy od tego czy strumień rośnie czy maleje (zbliżamy czy oddalamy magnes). Ta reguła dotyczy prądów indukowanych.

53. Siła elektromotoryczna samoindukcji. Indukcyjność przewodnika.

Gdy natężenie prądu przepływającego przez cewkę zmienia się to zmienia się też strumień przez każdy zwoj tej cewki więc zgodnie z prawem indukcji Faradaya indukuje się SEM. Tę siłę elektromotoryczną nazywamy *siłą elektromotoryczną samoindukcji*.

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Wielkość $N\Phi$ jest całkowitym strumieniem zawartym w obwodzie i nosi nazwę *strumienia skojarzonego*. Strumień skojarzony jest proporcjonalny do prądu płynącego przez cewkę. $N\Phi = LI$

Stała proporcjonalności $L = N\Phi/I$ nazywana jest *indukcyjnością*.

$$N \frac{d\Phi}{dt} = L \frac{dI}{dt}$$

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

Stąd

54. Drgania elektromagnetyczne. Opis ilościowy drgań w obwodach LC i RLC.

Rozpatrzmy obwód złożony z szeregowo połączonych indukcyjności L i pojemności C . Opór omowy jest równy zeru ($R = 0$). Załóżmy, że w chwili początkowej na kondensatorze C jest nagromadzony ładunek q_m , a prąd przez cewkę jest równy zeru. Energia zawarta w kondensatorze $W_C = q_m^2/(2C)$

jest maksymalna, a energia w cewce $W_L = LI^2/2$ jest równa zeru.

Po zamknięciu obwodu, kondensator rozładowuje się przez cewkę. W obwodzie płynie prąd $I = dq/dt$. W miarę jak maleje ładunek na kondensatorze maleje też energia zawarta w polu elektrycznym kondensatora, a rośnie energia pola magnetycznego, które pojawia się w cewce w miarę narastania w niej prądu. Wreszcie gdy ładunek spadnie do zera cała energia jest przekazana do pola magnetycznego cewki. Prąd w cewce indukcyjnej ma maksymalną wartość. Ten prąd ładuje kondensator (przeciwnie) więc energia jest ponownie przekazywana do kondensatora. Stan końcowy jest taki jak początkowy tylko kondensator jest naładowany odwrotnie. Sytuacja powtarza się. Mamy więc do czynienia z oscylacjami ładunku (prądu).

55. Prąd zmienny. Impedancja obwodu. Reakcja pojemnościowa i reakcja indukcyjna. Przesunięcie fazowe prąd-napięcie.

Impedancja obwodu. Reakcja pojemnościowa i reakcja indukcyjna.

Przesunięcie fazowe prąd-napięcie. – odpowiedź w pytaniu 54. Prąd zmienny. – odpowiedź w pytaniu 56.

56. Moc w obwodzie prądu zmiennego.

W obwodzie prądu przemiennego moc dana analogicznym wyrażeniem jak dla

prądu stałego $P(t) = U(t)I(t)$ ale wartość jej zmienia się bo zmiennie jest napięcie i natężenie prądu. Dlatego też w przypadku prądu zmiennego posługujemy się *wartościami średnimi*. Zgodnie z naszymi obliczeniami moc w obwodzie RLC w dowolnej chwili t wynosi

$$P(t) = U(t)I(t) = U_0 I_0 \sin \omega t \sin(\omega t - \phi)$$