DYNAMIKA: __**Zasady dynamiki Newtona**__

1. Ciała odosobnione pozostają w spoczynku lub poruszają się ze stałą prędkością po linii prostej, (zasada bezwładności, za Galileuszem).

2. Szybkość zmiany pędu ciała równa jest sile zewnętrznej działającej na to ciało. d**p**/dt= **F** (równanie wektorowe!; **p**= m **v**), postać skalar:

$$\frac{dp_x}{dt}=F_x, \frac{dp_y}{dt}=F_y, \frac{dp_z}{dt}=F_z$$

m = const, m*a =F, można stosować w układach nieinercjalnych : ma' = F+Fb , Fb =-(ma)

3. Każde działanie wywołuje równe przeciwdziałanie; Siły, którymi ciała działają na siebie, są równe co do wartości i kierunku, lecz przeciwne co do zwrotu

__**Siły:**__ **Siły rzeczywiste:** oddziaływania między ciałami grawitacyjne, elektromagnetyczne, tarcia, sprężystości, jądrowe silne , słabe.

Siły fikcyjne: (określone własnościami nieinercjalnych układów odniesienia; pozorne, bezwładności)

KINEMATYKA : TOR : linia, po której porusza się (zbiór geometrycznych punktów w których znajduję się w kolejnych czasach) punkt materialny.

RÓWNANIE TORU : w układzie odniesienia (Oxyz): wzajemny związek współrzędnych przestrzennych niezależny od czasu f(x, y ,z) = cot (t) | **RÓWNANIE RUCHU:** zależność czasowa położenia ciała, np. promień wodzący jako funkcja czasu - r(t) w układzie Oxyz- $r(t)= r_x(t)e_x + r_y(t)e_y + r_z(t)e_z$, lub parametrycznie: $x_p=x(t)$. | **DROGA** s_{12} - odległość między punktami 1,2 wzdłuż toru | **PRZEMIESZCZENIE** : r_{12} wektor o początku w punkcie 1 i końcu w punkcie 2.

PARAMETRY RUCHU: __**prędkość**__ $\vec{v}=d\vec{r}(t)/dt$,

__**przyśpieszenie:**__ $\vec{a}=\frac{d\vec{v}(t)}{dt}=\frac{dr^2}{dt}$,

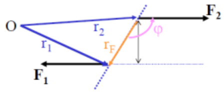
RELACJE ODWROTNE: $\Delta\overrightarrow{r_{12}}=\int_{t_1}^{t_2}\vec{v}(t)dt, \Delta s_{12}=\int_{t_1}^{t_2}v(t)dt$

Średnia: $\Delta v_{śr}=\frac{s_{12}}{t_{12}}=\frac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2}v(t)dt,$

TRANS. GALILEUSZA(Oxyz -> Ox'y'z'): $x=x'+v_{Nx}t, y=y'z=z',$ $v=v'+v_u=const.$

PRAWA ZACHOWANIA; 1. Układem mechanicznym zamkniętym (izolowanym) nazywamy zbiór ciał wydzielonych z otoczenia na które me działają siły pochodzące od ciał nie należących do układu (tzw. sil zewnętrznych) | **2.** Całka ruchu układu mechanicznego jest taka funkcja stanu układu (tj. funkcja współrzędnych i prędkości ciał), która zachowuje stałą wartość podczas ruchów układu | **Tw:** W układzie mechanicznym zamkniętym istnieją trzy addytywne całki ruchu: 1.energia, 2. pęd, 3. moment pędu | **3.** Wielkość $E_k=mv^2/2$ nazywamy energia kinetyczną ciała.| **4.** W=Fds - praca wykonywana przez siłę F na drodze s.|**5.** __**Pole sił**__ nazywamy zachowawczym lub potencjalnym, jeśli praca tych sił nad ciałem nie zależy od drogi, po której ciało się porusza, a tylko od punktu początkowego i końcowego ruchu: siły takiego pola nazywamy siłami zachowawczymi.| **6.** Pole sił w którym kierunek siły działającej w każdym punkcie przechodzi przez wspólne nieruchome centrum, a wartość siły zależy tylko od odległości punktu od tego centrum, nazywamy **polem centralnym.** | **7.** Pole sił w którym w każdym punkcie siły są takie same - **jednorodne** | **8.** Pole sił, które nie zmienia się w czasie - **pole stacjonarne**. | **Tw.** Centralne jest zachowawcze. | Jednorodne jest polem zachowawczym| W polu zachowawczym istnieje jednoznaczna funkcja U dla każdego punktu tego pola. | **9. Funkcje** U =U(xyz), nazywamy energią potencjalną ciała w zewnętrznym polu zachowawczym. $\Delta E_k=W_{12}=U_1-U_2$| **10.** Wielkość $E_c=E_k+E_p$ energia mechaniczna całkowita. |Całkowita energia mechaniczna ciała w polu zachowawczym jest stała| W polu zachowawczym przyrost energii kinetycznej ciała jest równy ubytkowi jego energii potencjalnej $\Delta E_k=-\Delta U=U_1-U_2$| **Całkowita energia mechaniczna ciał w polu zachowawczym jest stała. | Gradient -** polu skalarnemu przyporządkowuje pole wektorowe. Owo pole wektorowe ma kierunek i zwrot wektora największego wzrostu funkcji w danym punkcie, a wartość jest proporcjonalna do szybkości wzrostu (wzrost na jednostkę długości) funkcji. $\operatorname{grad} f=\nabla f=\left[\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}\right]$

MOMENT PĘDU: M = rxp, $M_u=\Sigma M_i$ | **SIŁY:** N=rxF, Moment siły charakteryzuje zdolność siły do obracania ciała względem ustalonego punktu (osi) | **Parą sił** nazywamy dwie równoległe, niekolinearne siły, równe co do wartości i przeciwnie skierowane. N = r_1xF_1+ r_2xF_2= $(r_1-r_2)x_F$ = r_Fx F= F $r_F cos\varphi$=F r_{FF}



Moment pędu układu ciał jest stały jeśli wypadkowy moment sił zewnętrznych = 0

MECHANIKA BRYŁY SZTYWNEJ: Środek masy r_c sztywnego układu ciał porusza się pod wpływem sił zewnętrznych tak, jakby poruszał się punkt materialny o takiej samiej masie pod wpływem tych sił.| $\Sigma m_1r_1= m_ir_c$

RUCH OBROTOWY BRYŁY WOKÓŁ NIERUCHOMEJ OSI: Wielkość $\Sigma m_iR_i^2$ ($\int R_i^2dm$) jest momentem bezwładności I_z układu(bryły) względem ustalonej osi(z)|

$M_z= I_z\omega$ (analog p = m v)

II PRAWO DYNAMIKI W RUCHU OBROTOWYM BRYŁY dM/dt= ΣN_{zew},| Równania dynamiki bryły sztywnej łącznie $dp_c/dt= F_{zew\ wyp}$(r. postępowy),dM/dt= $N_{zew\ wyp}$(r. obrotowy)

ENERGIA KIN - E_k**= ½I**ω^2 **, PRACA** - dW= ωNdt.|

Energia kinetyczna bryły w ruchu płaskim łącznie

Ek= $½I_c\omega^2$+ ½m v_c^2| Moment bezwładności jest wielkością addytywną(z definicji) | Moment bezwładności zależy od masy bryły i jej rozkładu(Ri2);

przy zmianie rozkładu masy i momentu bezwładności od I1do I2 w układzie izolowanym ulega zmianie prędkość kątowa.| **TWIERDZENIE STEINERA** Moment bezwładności bryły I względem dowolnej osi jest równy sumie momentu bezwładności I_c względem osi równoległej i przechodzącej przez środek masy bryły oraz iloczynu masy bryły m i kwadratu odległości obu osi l: $I = I_c + m\, l^2$|

ŻYROSKOPY/ŻYROKOMPAS: moment sił żyroskopowych (wywierany przez oś żyroskopu)$N_ż$= M xω'. |**Żyrokompas** wskazuje północ geograficzną, przy dużych prędkościach trzeba wprowadzać poprawki. Nie stosowane w lotnictwie (ze względu na prędkość samolotu i wynikające stąd konieczne korekcje, dyskwalifikujące pomiar) a wyłącznie, jak dotąd, na statkach. Stosowane są także (właśnie w lotnictwie) urządzenia zwane tylko żyrokompasami, ale bez elementu szukającego "z zasady" północy geograficznej, lecz naprowadzane na kierunek północy magnetycznej, lub wcale nie korygowane, lecz pamiętające przez pewien ograniczony czas wprowadzony jako wielkość początkową kierunek. Nie są to jednak ściśle mówiąc kompasy, lecz żyroskopowe wskaźniki kursu.

GRAWITACJA : __**I prawo Keplera**__: Każda z planet porusza się po torze eliptycznym dookoła Słońca, które jest w jednym z ognisk elipsy | __**II Prawo Keplera**__: Promień wodzący od Słońca do planety zakreśla w równych odstępach czasu równe pola | __**III prawo Keplera**__ $\frac{T^2}{r^3}=const=C$ | $F=Gm\frac{M}{r^2}$ |

$\vec{F}_{12}=\frac{Gm_1m_2}{r^2}\vec{e}_{12}$ | G= (6,673 ±0,003) 10^{-11} Nm^2kg^2 |

Natężeniem pola grawitacyjnego jest stosunek siły grawitacyjnej działającej w pewnym miejscu przestrzeni na dowolną masę punktową *m* do tej masy | $\gamma=\frac{\vec{F}(m)}{m}$ |

Energia potencjalna pola grawitacyjnego $U(r)=\int_\infty^\gamma F(r)dr=\frac{-GmM}{r}$ **|def)** Potencjałem pola grawitacyjnego wytwarzanego przez masę M w pewnym punkcie pola nazywamy stosunek energii potencjalnej dowolnej masy punktowej do tej masy | $V(r)=\frac{U(r)}{m}=\frac{-GM}{r}$ |

$W_{12}=U_2-U_1=mV_2-mV_1$ | **Wn:** Sfera (ogólnie: warstwa kulisto-symetryczna) wytwarza **na zewnątrz** oddziaływanie grawitacyjne takie, jakie wytwarzałaby masa punktowa umieszczona w jej środku o tej samej masie, zaś **wewnątrz** siła grawitacji znika. | $\frac{M_Sm_p}{M_S+m_p}=\mu$ - masa zredukowana | $\frac{1}{2}\mu v_p^2-\frac{GmM_s}{r_p}=C$ jeśli : C<0, tor planety jest elipsą ; C>0, tor planety jest hiperbolą; C=0, tor planety jest parabolą |

PRĘDKOŚCI KOSMICZNE: 1) $\frac{m_sv^2}{R_Z}=m_sg$

$v_I=8\,km/s$ 2) $\frac{mv^2}{2}=\frac{mGM}{R_Z}$

$v_{II}=11{,}2\,km/s$ 3) $v_{IIImin}=17\,km/s$

$v_{IIImax}=73\,km/s$ Wartość v_{III} zależy od kierunku ruchu ciała względem Ziemi

PRAWO POWSZECHNEGO CIĄŻENIA: F = G m_KM_Z/r^2

Pole grawitacyjne masy kulisto-symetrycznej jest polem centralnym F= f(r) er, gdzie f(r)= G m M/r2, jest więc polem zachowawczym |Intuicyjne, słuszne, ale formalnie nieuzasadnione założenie Newtona -odległość r liczona jest od środka Ziemi.

SYMETRIA: Symetria (względem pewnej operacji) występuje, gdy prawo fizyki (obiekt) pozostaje niezmienione w "operacji symetrii"| przesunięcie w przestrzeni, obrót o ustalony kąt, odbicie przestrzenne, przesunięcie w czasie, odwrócenie czasu, jednostajna prędkość(układy inercjalne), wymiana jednakowych atomów, faza kwantowo-mechaniczna, materia-antymateria|**Brak symetrii** np. zmiana skali|

TEORIA WZGLEDNOSCI: Postulaty Alberta Eisteina

1. Zasada względności A. EinsteinaWszystkie prawa przyrody sątakie same we wszystkich inercjalnychukładach odniesienia (IUO)(równania opisujące je sąniezmiennicze[symetryczne]względem transformacji między inercjalnymi układami odniesienia IUO;transformację ruchu opisuje podstawienie Lorentza TL)Zasada względności ruchu sformułowana została po raz pierwszy przez Galileusza (⇒Transformacja GalileuszaTG), przyjęta następnie przez Newtona⇒wynikała bezpośrednio z niezmienniczości równańdynamiki Newtona w IUO względem T.G.| 2. Zasada stałości prędkości światłaPrędkośćświatła w próżni jest taka sama we wszystkich IUO(tj. nie zależy od ruchu źródełi odbiorników prędkośćgraniczna)| **TRANSFORMACJA LORENTZA:**

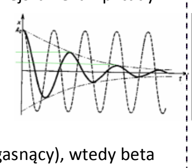
$\Delta t'=\gamma\left(\Delta t-\frac{v\Delta x}{c^2}\right)=\gamma\Delta t$, $\gamma=\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$,

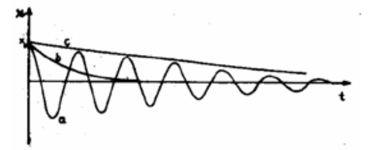
$x'=\gamma(x-vt)$, $y'=y$ $z'=z$, $t'=\gamma\left(t-\frac{v\cdot x}{c^2}\right)$

POPRAWKA EINSTEINA DO NEWTONA: $m=\frac{m_o}{\sqrt{1-\beta^2}}$

DRGANIA: OSCYLATOR HARMONICZNY: x''+2βx'+ω_0^2x=f(t), 2β = ε/m, ω_0^2= k/m, f(t) = F(t)/m | **OSCYLATOR SWOBODNY:** x''+ ω_0^2x=0 => x(t)=$x_m$cos(ω_0t + φ), x_m – amplituda, (ω_0t + φ)- faza, φ- faza początkowa, ω_0- kołowa częstość własna oscylatora.| ω_0T=2Π, ν=1/T | v= x'(t)=(-) $x_m\omega_0$ sin(ω_0t + φ) = (+)$x_m\omega_0$ cos(ω_0t + φ+ Π/2)| a = x''(t) = - $x_m\omega_0^2$ cos(ω_0t + φ)| v_{max}=x_m ω_0| **TW** Całkowita energia mechaniczna ruchu harmonicznego swobodnego jest stała. $E_{c\ osc}$=U(X) +E_{kin} = const| F=-kx|U(t)=1/2 kx^2(t)|E_{kin}=1/2mv^2

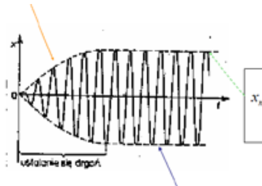
| E_c(t)= U(t) + E=kin(t)=1/2kx_m^2=1/2(m ω_0^2) x_m^2=const| mω_0^2=k| **OSCYLATOR TŁUMIONY:** x(t)=x_m exp(-βt)-cos(ωt + φ)| ω<ω_0|T= 2Π/ω| **Wnioski:** zmniejszanie amplitudy drgań, wydłużenie okresu drgań, dysypacja energii. Całkowita energia mechaniczna oscylatora tłumionego nie jest zachowana (opór!). | Gdy β<< ω_0 – małe tłumienie, dysypacja energii. E_c/-ΔE_{cT}=Q/2Π| β= ω_0 – ruch przestaje być okresowy(aperiodyczny gasnący), wtedy beta jest tłumieniem krytycznym.| β>ω_0 - aperiodyczny, gasnący tym wolniej im wieksza wartość β.





a) okresowy gasnący, b) aperiodyczny krytyczny, c) aperiodyczny

OSCYLATOR WYMUSZONY Z TŁUMIENIEM:



$$tg\varphi=\frac{2\beta\omega'}{(\omega_o^2-\omega'^2)}$$

$$x_m=\frac{f_o}{\sqrt{(\omega_o^2-\omega'^2)^2+4\beta^2\omega'^2}}$$

dla t→∞ , x(t) → $\boxed{x_m \cos(\omega' t - \varphi)}$ ⇒ rozwiązanie ustalone

Wnioski: oscylator drga z częst. siły wymuszającej (ω')|amplituda drgań wymuszonych jest proporcjonalna do amplitudy sił wymuszenia| drgania wymuszone są opóźnione w fazie w stosunku do siły wymuszające| amplituda drgań wymuszonych zalezy od czest. siły wymuszającej -> rezonans.|

Masa *m* na sprężyn

ma = F

F= -k x, a = x''

⇩

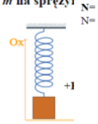
m x'' = - k x

x'' + (k/m) x = 0

(k/m) = ω_o^2

$\boxed{x'' + \omega_o^2 x = 0}$

x(t) = x_m cos (ω_o t + φ)



$$\omega_o=\sqrt{\frac{k}{m}} \qquad T=\frac{2\pi}{\omega_o}=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

Wahadło matematyczne

N= Iε ,

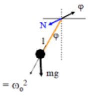
N= - mgl sinφ, I= ml²

ml² φ'' = -mgl sin φ

φ'' + (g/l) sin φ =0,

małe drgania: sin φ≅ φ, g/l = ω_o^2

φ'' + ω_o^2 φ =0,



φ = φ_o cos (ω_o t + α), ω_o = 2π /T, T = 2π $\sqrt{l/g}$

dokladnie

T = 2π $\sqrt{l/g}$ [1+(½)² sin²φ_o + (½ ¾)² sin⁴φ_o + …..]

Wahadło fizyczne

N= Iε

N= -mgl sinφ

ε= φ''

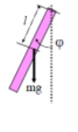
- mgl sin φ = I φ''

φ'' = -(mgl/I) sin φ

mgl/I = ω_o^2, *małe drgania,*

φ'' + ω_o^2 φ =0,

T = 2π / ω_o = 2π $\sqrt{I/mgl}$



I/ml = l_{zr} (*dl. zredukowana*) , ⇨ T= 2π $\sqrt{l_{zr}/g}$

FALE: równanie fali: $\varsigma(x,t) = a\cos[\omega t - kx + \varphi]$ |

$$\frac{\partial^2\varsigma}{\partial t^2} = -\omega^2 a\cos(\omega t - \mathbf{kr} + \alpha) = -\omega^2\varsigma,$$

$$\boxed{\varsigma(r,t) = a\cos[\omega t - \mathbf{kr} + \varphi],}$$

$$\frac{\partial^2\varsigma}{\partial x^2} = -k_x^2 a\cos(\omega t - \mathbf{kr} + \alpha) = -k_x^2\varsigma,$$

$$\frac{\partial^2\varsigma}{\partial y^2} = -k_y a\cos(\omega t - \mathbf{kr} + \alpha) = -k_y^2\varsigma,$$

$$\frac{\partial^2\varsigma}{\partial z^2} = -k_z a\cos(\omega t - \mathbf{kr} + \alpha) = -k_z^2\varsigma,$$

$$\frac{\partial^2\varsigma}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varsigma}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varsigma}{\partial z^2} = -(k_x^2\varsigma + k_y^2\varsigma + k_z^2\varsigma) = -k^2\varsigma = -\frac{1}{v^2}\omega^2\varsigma,$$

$$\left(\frac{\partial^2\varsigma}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varsigma}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varsigma}{\partial z^2}\right) = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\varsigma}{\partial t^2} \quad - \omega^2\varsigma,$$

$$\boxed{\Delta\varsigma = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2\varsigma}{\partial t^2}} \qquad \Delta \text{ - operator Laplace'a (laplasjan)}$$

Równanie odczytujemy następująco: funkcja F może reprezentować falę tylko wtedy, gdy suma jej drugich pochodnych po współrzędnych przestrzennych jest równa jej drugiej pochodnej po czasie, podzielonej przez kwadrat prędkości v rozchodzenia się fali w ośrodku.|_RÓWNANIE **FALI PŁASKIEJ** ma postać: s = Asin(ωt - kx + ϕ0) gdzie λ - długość fali (w metrach), ϕ0 - faza początkowa (wielkość niemianowana), A - amplituda fali (jednostka tej wielkości zależy od rodzaju fali i od sposobu jej opisu - np. dla fal dźwiękowych może to być ciśnienie akustyczne, i wtedy wyraża się w paskalach), ω - częstość kołowa (1/s), k - liczba falowa (1/m). Równanie fali łączy w jedno dwa wymiary związane z ruchem falowym: zmienność w czasie (w sinusie człon ωt) oraz zmienność w przestrzeni (w sinusie człon kx).| **FALA STOJĄCA** to fala, której pozycja w przestrzeni pozostaje niezmienna. Fala stojąca może zostać wytworzona w ośrodku poruszającym się względem obserwatora lub w przypadku interferencji dwóch fal poruszających się w takim samym kierunku, ale mających przeciwne zwroty. Fala stojąca to w istocie drgania ośrodka nazywane też drganiami normalnymi. Idealna fala stojąca nie jest więc falą - drgania się nie propagują. Miejsca gdzie amplituda fali osiąga maksima nazywane są strzałkami, zaś te, w których amplituda jest zawsze zerowa węzłami fali stojącej.| **EFEKT DOPPLERA** – zjawisko obserwowane dla fal, polegające na powstawaniu różnicy częstotliwości, a tym samym i długości fali, wysyłanej przez źródło fali oraz zarejestrowanej przez obserwatora, który porusza się względem źródła fali. Dla fal rozprzestrzeniających się w ośrodku, takich jak na przykład fale dźwiękowe, efekt zależy od prędkości obserwatora oraz źródła względem ośrodka, w którym te fale się rozchodzą. W przypadku fal propagujących się bez udziału ośrodka materialnego, jak na przykład światło w próżni (w ogólności fale elektromagnetyczne), znaczenie ma jedynie różnica prędkości źródła oraz obserwatora. Wzór na częstotliwość fali odbieranej: $f = f_0\frac{v}{v - v_{zr}}$ v - prędkość fali, f - częstotliwość fali odbieranej przez obserwatora, f0 - częstotliwość fali generowanej przez źródło, vzr - składowa prędkości źródła względem obserwatora, równoległa do kierunku łączącego te dwa punkty.

RÓWNANIA MAXWELLA:

	Postać różniczkowa	Postać całkowa	opis
1	$div\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$	$\oint\!\!\!\oint_{S_c}\vec{E}d\vec{S} = \frac{Q}{\varepsilon_0}$	Prawo Gaussa dla pola elektrycznego
2	$rot\vec{E} = \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$	$\oint_{l_c}\vec{E}d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\iint_S\vec{B}d\vec{S}$	Prawo Faraday'a
3	$div\vec{B} = 0$	$\oint\!\!\!\oint\vec{B}d\vec{S} = 0$	Prawo Gaussa dla pola magnetycznego
4	$rot\vec{B} = \mu_0\vec{j} + \varepsilon_0\mu_0\frac{\partial\vec{E}}{\partial t}$	$\oint_{l_c}\vec{B}d\vec{l} = \mu_0\int_S\vec{j}d\vec{S} + \varepsilon_0\mu_0\frac{d}{dt}\int_S\vec{E}d\vec{S}$	Prawo Ampere'a

Symbol	Wielkość fizyczna	Jednostka SI	Oznaczenie
E	Natężenie pola elektrycznego	Volt na metr	V/m
D	Indukcja elektryczna	Culomb na metr kwadrat	C/m^2
H	Natężenie pola magnetycznego	Amper na metr	A/m
B	Indukcja magnetyczna	Tesla	T
j	Gęstość prądu	Amper na metr kwadratowy	A/m^2
ρ	Gęstość ładunku elektrycznego	Culomb na metr sześcienny	C/m^3

Symbol	Wielkość fizyczna	Wartość
c	*Szybkość światła w próżni*	$2.998\times10^8\,m/s$
μ_0	*Przenikalność magnetyczna próżni*	$4\pi\times10^{-7}\,H/m$
ε_0	*Przenikalność elektryczna próżni*	$8.854\times10^{-12}\,F/m$

ELEKTROSTATYKA: Definicja postulatywna 1. Ładunek elektryczny jest cechą własną niektórych cząstek elementarnych (elektron, pozyton) |**2.** Obecność ładunku przejawia się oddziaływaniem między naładowanymi cząstkami (ciałami), |**3**. ładunek elektryczny tych cząstek elementarnych ma stałą wartość,| **4**. Istnieją dwa rodzaje ładunku elektrycznego, |**Definicja** 1 Ładunek cząstki elementarnej jest ładunkiem elementarnym oznaczanym (+e) lub (-e); taką–a także i inne naładowane cząstki nazywamy nośnikami ładunku Jednostki ładunku (SI):1 C , e = 1,60 10-19C,| **PRAWO COULOMBA:** $\vec{F}_{12} = -k\frac{q_1q_2}{r^2}\vec{e}_{12}$
|POTENCJAŁ Różnicą potencjałów ΔVAB w punktach A i B pola elektrycznego nazywa się pracę
przesunięcia jednostkowego ładunku elektrycznego między tymi punktami: $\Delta V_{AB} = V_B - V_A = Wq(A\rightarrow B)/q$
=> $W_q(_A\rightarrow_B) = q(V_B - V_A)$, $V_B = W_q(A\rightarrow B)/q + V_A$. Potencjał jest wielkością skalarną, addytywną i zachowawcza. Jednostką jest 1V = 1J/1C = 1eV/1e. Jeśli wszystkie punkty na powierzchni mają ten sam potencjał, to jest to powierzchnia ekwipotencjalna.| **TWIERDZENIE GAUSSA** Strumień wektora natężenia pola elektrycznego przez dowolną powierzchnię zamkniętą jest równy - z dokładnością do stałej dielektrycznej - ładunkowi elektrycznemu zamkniętemu przez tę powierzchnię:
∯S E ds=q/ ε0 . |**DIPOL** elektryczny to układ dwóch punktowych ładunków elektrycznych, równych co do wartości, ale przeciwnego znaku, umieszczonych w odległości l. Prosta na której leżą nazywa się osią dipola. Wektor μ dla dipola elektrycznego (+q,-q, l) o wartości μ= ql oraz kierunku i zwrocie od ładunku
ujemnego do dodatniego nazywa się momentem dipola μ. **POLARYZACJA** elektryczna polega na pojawieniu się na powierzchni dielektryka ładunków o przeciwnych znakach, gdy dielektryk zostanie umieszczony w polu elektrycznym. Wewnątrz dielektryka powstaje podczas polaryzacji pole elektryczne skierowane przeciwnie do pola zewnętrznego. Wektor polaryzacji elektrycznej: P=Q/ S*^S gdzie Q - ładunek związany;s - powierzchnia dielektryka; S^ - wersor (stosunek wektora do jego długości). **POJEMNOŚĆ ELEKTRYCZNA** odosobnionego przewodnika to wielkość fizyczną C równa stosunkowi ładunku q zgromadzonego na przewodniku do potencjału ϕ tego przewodnika. Odosobniony przewodnik to ciało znajdujące się w tak dużej odległości od innych ciał, że wpływ ich pola elektrycznego jest pomijalny. Jednostką pojemności elektrycznej jest farad. **PRAWO OHMA** mówi, że oczywiste natężenie prądu stałego I jest
proporcjonalne do całkowitej siły elektromotorycznej w obwodzie zamkniętym lub do różnicy potencjałów (napięcia
elektrycznego U) między końcami części obwodu nie zawierającej źródeł siły elektromotorycznej: R = U/I. Różniczkowe prawo Ohma: dI = dU/R

SIŁA CORIOLISA Dla obserwatora pozostającego w obracającym się układzie odniesienia objawia się pewne zakrzywieniem toru ciał poruszających się w takim układzie, które jest wywoływane siłą Coriolisa. Siła Coriolisa jest siłą pozorną, występującą jedynie w nieinercjalnych układach obracających się. Dla zewnętrznego obserwatora siła ta nie
istnieje. Dla niego to układ zmienia położenie a poruszające się ciało zachowuje swój stan ruchu zgodnie z I zasadą dynamiki. Siła ta wyrażona jest wzorem: $-2m(\vec{w}\times\vec{v})$
Z siłą tą wiąże się przyspieszenie Coriolisa: $\vec{a}_C = -2(\vec{w}\times\vec{v})$
Oznaczenia: m – masa ciała, v – jego prędkość, ω – prędkość kątowa układu, natomiast x – iloczyn wektorowy. Siła Coriolisa powoduje odchylenie od linii prostej toru ruchu ciała poruszającego się w układzie obracającym się (np. Ziemi lub płaskiej tarczy).

WAHADŁO FOUCAULTA to wahadło, które ma możliwość wahań w dowolnej płaszczyźnie pionowej. Powolna zmiana płaszczyzny ruchu wahadła dowodzi obrotu Ziemi wokół własnej osi. Ze względów praktycznych wahadło Foucaulta musi być odpowiednio długie i ciężkie - pozwala to na ruch bez wyraźnego wpływu tłumienia, ułatwia obserwację niewielkich zmian płaszczyzny ruchu, a także ogranicza wpływ prądów powietrznych. Nazwa wahadła upamiętnia jego wynalazcę, Jeana Bernarda Léona Foucaulta, który zademonstrował je w lutym 1851 roku w Paryskim Obserwatorium Astronomicznym. Kilka tygodni później eksperyment powtórzono w Panteonie w Paryżu. W działaniu wahadła ujawnia się efekt Coriolisa. Jeżeli wahadło wprawić w ruch, to po pewnym czasie obserwator na Ziemi zauważy, że płaszczyzna wahań zmieniła się.

OPTYKA: Wektorem świetlnym (optycznym) nazywamy wektor pola elektrycznego **E** fali EM z zakresu widzialnego.
E = Emcos(ωt –k r + α) |Światło jest spolaryzowane, jeśli drgania wektora świetlnego (*nat. pola elektr.* **E**) są uporządkowane. |Opis polaryzacji za pomocą prostopadłych składowych Ex, Ey wektora świetlnego E. Ex= Emxcos(ωt), Ey= Emycos(ωt +ζ) |Ey/ Ex = tgθ = Emy/ Emx[cos(ωt +ζ)/ cos(ωt)] |**Polaryzacja liniowa**: ζ= 0, π tgθ=±Emy/ Emx= const(t) |Płaszczyzną polaryzacji(liniowej) nazywa się płaszczyzna prostopadła do kierunku drgań wektora E, zaś płaszczyznę wyznaczoną przez sam wektor i wektor falowy k(kierunek propagacji fali) nazywa się płaszczyzną drgań.| polaryzacja kołowa:ζ= ±π/2 oraz Ey= Ex
θ(t)= ±ωt -prawo-i lewoskrętna |polaryzacja eliptyczna: ζdowolne; Ey≠Ex |Prędkość światła: w próżni $1/\sqrt{\varepsilon_o\mu_o} = c$, ośrodku $1/\sqrt{\varepsilon_o\mu_o\varepsilon\mu} = v$| $\frac{c}{v} = n$- bezwzględny współczynnik załamania ośrodka|
Długość fali światła w próżni λo= cT= c/f, w ośrodku λ= vT= v/f = λo/n| gęstość energii. w = √μ0ε0 EH lub EH=wc
|Wektor S = ExH nazywa się wektorem Poyntinga
(S ma kierunek rozchodzenia się fali EM i długość: S=|ExH|= E H) S = w_c |Przenoszona energia w czasie dt przez powierzchnię P_{ow}:
$\Delta W = w_V = w_c\,dtP_{ow}$ .Natężenie przepływu energii:
$\Delta W/P_{ow}dt = w_c = S$| Wektor Poyntinga o długości S = wc jest wektorem powierzchniowej gęstości strumienia energii przenoszonej przez fale elektromagnetyczną(t.j. natężeniem przepływu lub natężeniem fali I = wc=S)
>> Natężenie przepływu(w ośrodku o wsp. n):Ipr=w c= (w n) v= Iośr= w'v| Natężenie światła Natężenie światła jest proporcjonalne do kwadratu amplitudy fali świetlnej; amplituda ta jest nieciągła na granicy ośrodków. $I \sim n\,E_m^2$
|Linie wzdłuż których płynie energia fali EM(styczne do wektora Poyntinga S) nazywa się promieniami.|
ODBICIE I ZAŁAMANIE $\frac{\sin\vartheta}{\sin\vartheta''} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$ $n_{21} = \frac{c/v_2}{c/v_1} = \frac{v_1}{v_2}$
Prawo Sneliusa 1.
2. kąt padania jest równy kątowi odbicia ;wszystkie kąty leżą w tej samej płaszczyźnie – płaszczyźnie padania
Całkowite wewnętrzne odbicie. **Kąt graniczny**
αgr= arcsin (n2/n1) |Polaryzacja światła w zjawisku odbicia..wzory Fresnela
$\frac{E_{2\pi}}{E_{1\pi}} = \frac{tg(\upsilon - \upsilon'')}{tg(\upsilon + \upsilon'')} = R_\pi$ $\frac{E_{2\sigma}}{E_{1\sigma}} = -\frac{\sin(\upsilon - \upsilon'')}{\sin(\upsilon + \upsilon'')} = R_\sigma$
Interferencja światła. Nałożenie 2 fal harmonicznych i monochromatycznych (ω1=ω2)w ustalonym punkcie r0 przestrzeni. Zasada superpozycji daje natężenie wypadkowe: I = I1+I2+ 2√I1I2 cosδ, [2√I1I2 cosδ] -człon interferencyjny,δ= [k(r2-r1)+(ϕ2-ϕ1)]| **Iloczyn drogi** fali EM i współczynnika załamania ośrodka n nazywamy drogą optyczną światła Δr= (n Δ0r) | **Interferencja** światła powoduje redystrybucję średniej gęstości energii w przestrzeni |**interferencja->redystrybucja** natężenia światła w wyniku superpozycji skończonej liczby źródeł dyskretnych(np. szereg wąskich szczelin) |dyfrakcja- redystrybucja natężenia światła w wyniku superpozycji fal ze źródła ciągłego (np. 1 szersza szczelina)| Zasada **Huygensa–Fresnela**: Każdy element dS powierzchni falowej S stanowi źródło fali kulistej wtórnej o amplitudzie dE proporcjonalnej do wielkości tego elementu: Warunki interferencji konstruktywnej i destruktywnej dla źródła ciągłego (tj. dla dyfrakcji) są odwrotne niż dla zespołu źródeł dyskretnych |dyfrakcja Fraunhofera (w świetle równoległym): lub t.zw.dyfrakcja w polu dalekim parametr (b2/ lλ)<<1 (szczelina wąska, odległóści dł. fali duża), dyfrakcja Fresnela: lub dyfrakcja w polu bliskim parametr (b2/ lλ)~1, optyka geometryczna: (bezdyfrakcyjna)parametr (b2/ lλ) >>1 (szczelina szeroka, odległóści dł. fali mała)
>>Dyfrakcja na szczelinie: Fresnela-prążek zerowy jasny lub ciemny, gęstość prążków rosnąca, zależna od pierwiastka kwadratowego odległości od ekranu (√l),Fraunhofera-prążek zerowy jasny, gęstość prążków stała, zależna od odległości od ekranu (l/d) | **Czasem spójności** fali świetlnej nazywamy czas, w którym przypadkowa zmiana fazy (t)(różnicy faz)osiąga wielkość równą π **drogą(zasięgiem)** spójności ls nazywamy odległość, którą przebywa fala świetlna w czasie spójności, w próżni : ls= c ts |Dla niespójnego światła (t.j. o krótkim czasie spójności) efekt interferencji jest nieobserwowalny; Iw= I1+I2
Interferencja dwóch fal o różnych, ale stałych w czasie częstotliwościach ω i α(t) (tj. różnych fal sp niemonochromarycznych): $E_w = 2E_m\cos\delta(t)\cos(\omega_{śr}t + \alpha'')$
$I_w = 4I_o < \cos^2\delta(t) >$ **Interferometr gwiazdowy Michelsona** interferencję widać dla d<λ/ϕ znika, gdy d >λ/ϕ | **Pomiary prędkości światła**: Szacowania prędkości światła (od najstarszych): 1. „natychmiast” , 2. 227000km/s, 3. 303000, 4.313000 ,5. 298000 6. 299 728 km/s → próżnia: 299 796 km/s , 7. c = 299 792,5 ±0,1 km/s