

Plyny: Ideál plyn: mezi molekulami žádné silové působení/ objem molekul zanedbatelný/ popsán stavovou rci: $pV=nRT$ (p -tlak, V -objem, n -látkové množství, R - plynová konst(8,3E3), T -teplota termodyn)// **Molární m plynu:** $M_m=m \cdot N_A$ (m - hmotnost molekuly, N_A - avogadrova konst(6E23))// **Tlak plynu:** $\Delta p_{\alpha}=-2mv_{x\alpha}$ // **Hybnost přenes na stěnu:** $\Delta p_{\alpha}' = -\Delta p_{\alpha}$ // **Tlak na stěnu:** $p=\{[(n \cdot M_m)/V] \cdot [v_{ef}^2/3]\}$ // **Rozdělení rychlosti molekul:** $dP(v_x)=A \cdot e^{-E/(k \cdot T)} \cdot dv_x=A \cdot e^{-\alpha \cdot v_x^2} \cdot dv_x$ %% $\alpha=[m/(2 \cdot k \cdot T)]$ //

Termodynamika: sudiom o obecných vlastnostech makroskopických systémů a obecných procesů, při nichž dochází k transformaci různých forem energie// **Tepelná kapacita:** $C^*=(\delta Q/\delta T)$; (δQ - změna tepla, δT - změna teploty tělesa)// **Práce plynu:** $\delta A=p \cdot dV$ // **1 zákon termodynamiky:** $\delta Q=(\delta U+\delta A)$ (δA - soustavou vykonaná práce, δU - vnitřní energie)// **Ekvipartiční teorém:** $W_k=(f/2) \cdot k \cdot T$ (f - stupeň volnosti, T - teplo, k - boltz konst)// **Vnitřní energie id plynu:** $U=(n \cdot R \cdot f \cdot (T/2))$ % odvoz: $U=N \cdot W_k=n \cdot N_A \cdot W_k=n \cdot N_A \cdot f \cdot ((k \cdot T)/2)=vysl$ // **Molární tepelné kapacity id plynu:** $C_v=R \cdot (f/2)$ // **1 věta termodyn pro id plyn:** $\delta Q=(n \cdot C_v \cdot dT+p \cdot dV)$ % odvoz: $dU=(\delta U/\delta T)_V \cdot dT$ % ($\delta U/\delta T)=n \cdot C_v$ – dosadíme do $dU=n \cdot C_v \cdot dT$ % výsl// **Molární tepelné kapacity pro id plyn:** $C_p=(C_v+R)$ (Mayerův vztah pro id plyn)//

Entropie: vždy roste; neplatí zákon zachování// **Makroskopická def:** $dS=(\delta Q/T)$; (δQ - teplo přijaté soustavou)/ ent je stavová veličina; závisí na výměnném teple a na teplotě; závisí na konkrétním stavu systému// **Změna ent v id plynu:** $\Delta S=n \cdot C_v \cdot \ln(T_2/T_1)+n \cdot R \cdot \ln(V_2/V_1)$ // **Mikroskopická (statická) def ent:** $W=[N!/(n! \cdot (N-n)!)]$; uspořádání konkrétních molekul; každému makrostavu přísluší různý počet mikrostavů- makrostavy proto nejsou stejně pravděpodobné// **Boltznamaova konst:** $S=k \cdot \ln W[J/K]$ // **2 zákon termodynamiky:** ent uzavřeného system roste při nevratném ději a zůstává při vratném/ pro všechny vratné I nevratné procesy platí: $\Delta S \geq 0$ // **Tepelné stroje:** vyměňují se svým okolím teplo a práci/ s přímým cyklem: přijímají teplo z teplejší lázně, dodávají práci, část tepla odevzdají chladnější lázni(tepelné motory)// s inverzním cyklem: dodáváme práci k odběru tepla chladnější lázni a předáním tepla teplejší lázni(lednička)// **Cartonův motor:** ideální motor(nelze sestrojít); všechny děje jsou vratné bez strátového přenosu; práce v jednom cyklu: $\Delta Q=\Delta U+\Delta A$; $\Delta A=|Q_h|-|Q_s|$ %% změna entropie v 1 cyklu: $\Delta S=\Delta S_h+\Delta S_s=(|Q_h|/T)-(|Q_s|/T)=0$; $(|Q_h|/|Q_s|)=(T_h/T_s)$ %% účinnost cartonova motoru: $n=1-(T_s/T_h)$ //

Kmity: netlumené: pohybová rce: $m\ddot{y}=-ky$; ($y=x$; y - výchylka, m - hmotnost, k - konst(>0), ω_0 - frek vlastních kmitů)// oř: $y(t)=A \cdot \sin(\omega_0 t+f_{i0})$; $v(t)=\dot{y}(t)=A \cdot \omega_0 \cdot \cos(\omega_0 t+f_{i0})$ // **Tlumené:** pohyb rce: $m\ddot{y}=-ky-b\dot{y}$; (b - součinitel linear odporu($b=2m\delta$; (δ - součinitel tlumení)));; a) malý útlum $\omega_0 > \delta$: $y(t)=A \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(\omega t+f_{i0})$; $\omega=\sqrt{\omega_0^2-\delta^2}$ // b) kritický útlum $\omega_0=\delta$: $y(t)=(C_1+C_2 t) \cdot e^{-\delta t}$ // c) silný útlum: $y(t)=A \cdot e^{-\delta t} \cdot \sin(D \cdot t+f_{i0})$; $D=\sqrt{\delta^2-\omega_0^2}$ // **Vynucené kmity:** na oscilátor navíc působí vnější budící síla F_b / pohyb rce: $m\ddot{y}=-ky-2m\delta\dot{y}+F_0 \cdot \cos(\Omega t)$; $F_b=F_0 \cdot \cos(\Omega t)$; $B=(F_0/m)$; výchylka: $y(t)=A \cdot \sin(\Omega t+f_{i0})$; rychlost: $\dot{y}(t)=A \cdot \Omega \cdot \cos(\Omega t+f_{i0})$; zrychlení: $a(t)=\ddot{y}(t)=A \cdot \Omega^2 \cdot \sin(\Omega t+f_{i0})$; $A=\{B/\sqrt{[(\omega_0^2-\Omega^2)^2+4\delta^2\Omega^2]}\}$; $\text{tg}(f_{i0})=[(\omega_0-\Omega)/(2\delta\Omega)]$; ($A(\Omega)$ - rezonanční křivka)// Rez útlumová frek: $\Omega_R=\sqrt{\omega_0^2-2\delta^2}$ % odvoz: $(dA/d\Omega)=0$ % $(d/d\Omega^2) \cdot [(\omega_0^2-\Omega^2)^2+4\delta^2\Omega^2]=0$ % $2 \cdot (\omega_0^2-\Omega^2) \cdot (-1)+4\delta^2=0 \rightarrow \Omega_R$ % Max hodnota $A(\Omega_R)$: $A_{max}=\{B/[2\delta \cdot \sqrt{\omega_0^2-\delta^2}]\}$ // **Energie oscilátoru:** $E=0,5 \cdot m \cdot \Omega^2 \cdot A^2$; dosadíme A z výše// k rezonanci energie při: $\Omega=\omega_0$ // $E_{max}=[(n \cdot B^2)/(8 \cdot \delta^2)]$ // **Disipovaný výkon:** $P_d=-2m\delta\Omega^2 \cdot A^2 \cdot \cos(\Omega t+f_{i0})$ // **Energie disponovaná během 1 periody:** $E_{dt}=(-$

$2 \cdot m \cdot \delta \cdot \Omega^2 \cdot \pi \cdot A^2 / \Omega$; $T = (2\pi / \Omega)$; // **Činitel jakosti:** $Q = 2 \cdot \pi \cdot (E_T / |E_{dt}|)$; (E_T - stř energie v průběhu jednoho kmitu); // $Q = (\Omega / 2\delta) = (\omega_0 / 2\delta)$; (pro rezonanci energie)///

Vlny: částice: objekt velmi malého objemu// vlna: přenáší energii// vlnění: šíření určitého rozruchu// rozruch: lokální změna stavu// postupná vlna: v jednom směru// **Rozdělení:**

1) mechanické vlny: pouze v látkovém prostředí (zvukové vlny)// 2) elmag vlny: nepotřebují látkové prostředí, všechny se šíří stejnou rychlostí ve vakuu (světlo, UV, radio)// 3) vlny hmoty: atomy, molekuly a element částice se mohou projevovat jako vlny// **Rozdělení podle směru kmitání:** pro všechny typy vln// Příčné vlnění: transversální; výchylka kmitů kolmá ke směru šíření (elmag)// Podélné vlnění: longitudinální; rovnoběžná se směr šíření (zvuk vlny)//

Lovení štíra ve tmě: brouk vytváří podélné a příčné vlny; $v_l = 150 \text{ (m/s)}$, $v_p = 50 \text{ (m/s)}$ % $\Delta t = (d/v_p) - (d/v_l)$; d - vzdálenost brouka od štíra// **Vlnová rce:** bez útlumu:

$\Delta y = (1/c^2) \cdot (\partial^2 y / \partial t^2) = 0$; (Δ - laplaceův operátor, c - rychlost šíření vlny)// šíří se ve směru x : $(\partial^2 y / \partial x^2) - (1/c^2) \cdot (\partial^2 y / \partial t^2) = 0$; / oř: $y(x,t) = f_1(x+ct) + f_2(x-ct)$; (f_1, f_2 - jakékoli fce)// **Postupné vlny:** $y(x,t) = y_m \cdot \sin(kx - \omega t)$; (y_m - amplituda, k - úhlový vlnčet); $k = (2\pi / \lambda)$ // **Rychlost postupné vlny:** $v = (\Delta x / \Delta t) = k \cdot x - \omega \cdot t = \text{konst} = k \cdot (dx/dt) - \omega \cdot (dt/dt) = 0 \Rightarrow$

$v = (\omega / k) = [(2\pi / T) / (2\pi / \lambda)] = (\lambda / T) = \lambda \cdot f$ // **Perioda:** dosadíme $x=0$ do post vlny; $\omega = (2\pi / T)$;// **superpozice:** v lineárním případě/ $y(x,t) = \sum_{i=1, N} (y_i(x,t))$;// **Stojaté vlny:** 2 postupné sin vlny postupují proti sobě/ Výchylka stojaté vlny: $y(x,t) = 2 \cdot y_m \cdot \sin(kx) \cdot \cos(\omega t)$ % odvoz: $y(x,t) = y_m \cdot \sin(k \cdot x - \omega \cdot t) + y_m \cdot \sin(k \cdot x + \omega \cdot t) = 2 \cdot y_m \cdot \sin[(k \cdot x - \omega \cdot t + k \cdot x + \omega \cdot t) / 2] \cdot \cos[(k \cdot x - \omega \cdot t - k \cdot x - \omega \cdot t) / 2] = \text{výsl}$ % stojatá vlna se nikam nepohybuje// Poloha uzlů: $x = n \cdot (\lambda / 2)$; (podm: $\sin kx = 0$)// Poloha kmiten: $x = (n + 0,5) \cdot (\lambda / 2)$; (podm: $|\sin kx| = 1$)// **Vlny s disperzí:** disp zaostává když je v závislosti na f vlny// a) bezdisperzní případ: $\omega = k \cdot c$; / b) slabá disp: $\omega = k \cdot c - d \cdot k^3$;//

Rychlost vlny: Fázová rychlost v_f : $v_f = (\omega / k)$;/ rychlost přesouvání bodů stejné fáze/ může být větší než v světla ve vakuu// Grupová rychlost v_g : $v_g = [d\omega(k) / dk]$;/ rychlost šíření amplitudy výsledné vlny/ odpovídá v šíření energie/ nemůže být větší než c_0 // **Rozdělení disp jevů:**

$v_g = \{v_f / [1 - k \cdot (dv_f / d\omega)]\}$;/ normální disp: v_f klesá, $v_f > v_g$ // anomální disp: v_f roste, $v_f < v_g$ // **Huygensova vlnová teorie:** všechny body na vlnoploše se chovají jako bodové zdroje sekundárních kulových vlnoploch/ časem vlnoplocha dána plochou tečnou k těmto vlnoplochám// **Dopplerův jev:** zdroj vysílá frek f a přijímač přijímá jinou frek f' / pohyblivý zdroj: $f' = [c / (c - v)] \cdot f$ % / pohyblivý pozorovatel: $f' = f \cdot [(c + u) / c]$; u - rychlost pozorovatele// zdroj nadzvukovou rychlostí: vlnoplochy se hromadí ve tvaru kužele (Machův kužel), povrch kužele vytváří rázovou vlnu/ $\sin \theta = (c / v)$ % $M = (v / c)$ - machovo číslo//

Zvukové vlny: Zvuk: tvořen mechanickými vlnami (šíří se jen v látkovém prostředí); v kapalinách a plynech vlny podélné; v pevných látkách příčné i podélné// **Frekvenční oblasti:** $f < 20 \text{ Hz}$ - infrazvuk; $f = 20 \text{ Hz} - 20 \text{ kHz}$ - slyšitelná oblast; $f > 20 \text{ kHz}$ - ultrazvuk// **Akustická výchylka:** $s(x,t) = s_m \cdot \cos(kx - \omega t)$ % **Akustická rychlost:** $v(x,t) = (\delta s / \delta t) = s_m \cdot \omega \cdot \sin(kx - \omega t)$ % **Akust tlak,**

impedanční vztah: $\Delta p = \rho \cdot c \cdot v$; (pro odvoz do tohoto dosadíme ak rychlost a vyjde nám->); (ρ - hustota, c - rych šíř zvuku) / $\Delta p = \rho \cdot c \cdot s_m \cdot \omega \cdot \sin(kx - \omega t)$; ($\rho \cdot c \cdot s_m \cdot \omega = \Delta p_m$)// **Hladinové vyjádření akustických veličin:** vychází z logaritmu dané veličiny, vztažené k referenční hodnotě/ Důvody pro zavedení: 1) rozsah akust veličin: pro popis zvukového pole, hodnoty v rozsahu několika řádů (nejnižší slyš zvuk 10^{-5} Pa , hovor setiny Pa, koncert jednotky Pa, raketa 63 kPa) / 2) Webwrův-Fechnerův zákon: vyplývá z něj logaritmická závislost mezi vjemem a fyzikální veličinou; přibližuje se k fyziologickým vlastnostem sluchu// **Hladina akust tlaku:** $L_p = 20 \cdot \log(\Delta p / p_0)$ [dB]% $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ - ještě slyšitelná/ měření mikrofonom// **Hladina akust intenzity L_I :** $L_I = 10 \cdot \log(I / I_0)$; I - intenzita měř vlny, $I_0 = 10^{-12} \text{ [W/m}^2\text{]}$ % měření pomocí akustické sondy///

Elektromag vlny: Elmag spektrum: neboli Maxwellova duha/ zákl vlastnosti: λ spektra nemají dolní ani horní hranici; má otevřené konce; nejsou žádné mezery; imag vlny z libovolné části spektra se šíří vakuem stejnou rychlostí// Integrální tvar Maxwellových rcí: 1) $\oint (\mathbf{H} \cdot d\mathbf{l}) = \iint (S) (j + (\partial D / \partial t) \cdot dS)$ %% druhá: $\oint (\mathbf{S}) \Theta (D \cdot dS) = \iiint (V) (\rho \cdot dV)$ %% třetí: $\oint (\mathbf{l}) \Theta (E \cdot d\mathbf{l}) = - (d/dt) \cdot \iint (S) (B \cdot dS)$ %% čtvrtá: $\iint (S) \Theta (B \cdot dS) = 0$ %%/ $D = \epsilon_0 \cdot E + P$; $H = (1/\mu_0) \cdot B - M$ %%/

Operátory: divergence- hustota zdrojů (div)/ rotace- úhlová rychlost (rot)// Gaussova věta: $\iiint (V) (\text{div} A \cdot dV) = \iint (S) \Theta (A \cdot dS)$ %% Stokesova věta: $\oint (\mathbf{l}) \Theta (A \cdot dt) = \iint (S) \Theta (\text{rot} A \cdot dS)$ %%/ **Převod Maxwell rcí z int na dif tvar:** 1) Ampérův-Maxwellův zákon: $\text{rot} H = j + (\partial D / \partial t)$ %% odvoz: první rce% $\iint (S) [\text{rot} H \cdot dS] = \iint (S) \{ [j + (\partial D / \partial t)] \cdot dS \}$ %%/ 2) Gaussův zákon pro imag pole: $\text{div} D = \rho$ %% odvoz: druhá rce% $\iiint (V) [\text{div} D \cdot dV] = \iiint (V) [\rho \cdot dV]$ %%/ 3) Faradayův zákon imag indukce: $\text{rot} E = - (\partial B / \partial t)$ %% odvoz: třetí rce% $\iint (S) [\text{rot} E \cdot dS] = - (d/dt) \cdot \iint (S) [B \cdot dS]$ %%/ 4) Gaussův zákon pro mag pole: $\text{div} B = 0$ %% odvoz: čtvrtá rce% $\iiint (V) [\text{div} B \cdot dV] = 0$ %%/ Obecně: $D = \epsilon_0 \cdot E + P$ %% $H = (1/\mu_0) \cdot B - M$ %%/ **Dif tvar Maxwell rce pro vakuum:** $j = 0$; $\rho = 0$; $P = 0$; $M = 0$ %% 1') $\text{rot} B = \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot (\delta E / dt)$ %% 2') $\text{div} E = 0$ %% 3' a 4' se nezmění// **Vlnová rce pro E:** $\Delta E - \mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot (\delta^2 E / dt^2) = 0$ %% odvoz: $\text{rot} \text{rot} E = - (\partial / \partial t) \cdot \text{rot} B$ %% $\text{grad} \cdot \text{div} E - \Delta E = - (\partial / \partial t) \cdot [\mu_0 \cdot \epsilon_0 \cdot (\partial E / dt)]$ %% pozn: $\mu_0 \cdot \epsilon_0 = (1/c^2)$;; $C = 1/\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}$ %%/ **Postupná elmag vlna:** elektrická složka: $E = E_m \cdot \sin(kx - \omega t) = (E_m x, E_m y, E_m z) \cdot \sin(kx - \omega t)$;; $B = B_m \cdot \sin(kx - \omega t) = (B_m x, B_m y, B_m z) \cdot \sin(kx - \omega t)$ %%// směr kmitů: vlny jsou příčné $E_m x = 0$, $B_m x = 0$ %% $E = (0, E_y, E_z) \sin(kx - \omega t)$ %% $B = (0, B_y, B_z) \sin(kx - \omega t)$ %%/ Rotace v kartézských souřadnicích: 1) $(\text{rot} A)_x = [(\delta A_z / \delta y) - (\delta A_y / \delta z)]$ %% 2) $(\text{rot} A)_y = [(\delta A_x / \delta z) - (\delta A_z / \delta x)]$ %% 3) $(\text{rot} A)_z = [(\delta A_y / \delta x) - (\delta A_x / \delta y)]$ %% vlnový odpor vakuu: $\sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$ %%/ **Přenos energie elmag vlnou:** plošná hustota přenášeného výkonu popsána Poyntingovým vektorem: $S = E \times H = (1/\mu_0) E \times B$ %% velikost: $|S| = (1/\mu_0 \cdot c) \cdot E^2$;; (S-udává směr šíření vlny a energie)%% časová stř hodnota S: $S = (1/\mu_0 \cdot c) \cdot [(1/T) \cdot \int (0, T) (E \cdot dt)]$ %%// **Vlastnosti elmag vlny:** E je kolmá na B; imag vlna je příčná; vektor součin $E \times B$ udává směr šíření vlny; je-li vlna harmonická mají E i B stejnou frekvenci a jsou ve fázi///

Kvantová fyzika: předpokládá existenci stavů u kterých je výsledek měření relativní; již vytvořeny modely dýchání kondenzovaných soustav (pevné látky a kapaliny)// **Vlastnosti světla:** světlo jako vlnění: lze popsat λ a f ; pomocí maxwell lze popsat světlo jako imag vlnu; světlo je součástí imag spektra// světlo jako proud částic: nepředává svou energii spojitě, ale diskrétně po kvantech; tato kvanta nazýváme fotony; neplyne z maxwell// **Fotony:** nejmenší možný díl imag pole; pohybuje se c; má jen relativistickou m// **Vlnově-částicový dualismus fotonu:** může se projevovat jako vlna nebo jako částice// **Energie fotonu:** $E = h \cdot f$; (h-plankova konst)// redukovaná plankova konst: $\hbar = (h/2\pi)$ %%// **Velikost hynosti fotonu p:** $p = (h/\lambda)$ %% odvoz: $p = m \cdot v$ %% $E = m \cdot c^2 \rightarrow m = (E/c^2) \Rightarrow p = (E/c) = [(h \cdot f)/c] = (h/\lambda)$ %%// **Dualita částic a vln:** projevuje se zejména u objektů s malou hmotností// **Vlny hmoty:** také de Broghlieho vlny; grupová rychlost vlny hmoty odpovídá rychlosti pohybu příslušné částice ($\lambda = h/p$);/ kvantová elektrodynamika: všechny dráhy sečteme pomocí Feynmanova dráhového integrálu// světlo fotonu se pohybuje po dvou vzdálených drahách a interaguje samo se sebou na detektor D// **Vlnová fce Ψ :** popisuje de Broghlieho vlnu; komplexní číslo; pravděpodobnost nalezení částice v objemu V: $P = \int (V) (|\Psi|^2 dV)$ %% normalizační podmínka: $\int (V) (|\Psi|^2 dV) = 1$ %%// **Schrodingerova rovnice Ψ (S1):** centrální rce kvantové fyziky; nerelativistický tvar $[- (\hbar^2/2m) \Delta \Psi + V \cdot \Psi] = j \cdot \hbar \cdot (\partial \Psi / \partial t)$; (V- potenciální energie, E- celková energie, \hbar - redukovaná plank konst, Ψ -popisuje hustotu pravděpodobnosti polohy částice)// kartézská soustava, směr x: $[- (\hbar^2/2m) \cdot (\partial^2 \Psi / \partial x^2) + V \cdot \Psi] = j \cdot \hbar \cdot (\partial \Psi / \partial t)$ %% časově nezávislý tvar: $[- (\hbar^2/2m) \cdot (d^2 \Psi / dx^2) + V \cdot \Psi] = E \cdot \Psi$ %%/ **Heizebergův princip neurčitosti:** nelze současně určit přesně polohu a hybnost částice//

Relativita: Klasická Newtonova mechanika: základní rysy: new rce popisují mechanické děje; elegantní matema podoba(Lagrangeův, Hamiltonův princip); výsledky knm experimentálně dobře potvrzeny// **Absolutní čas**: matematický čas/ plyne sám od sebe rovnoměrně/ žádný vztah k vnějšímu předmětu/ nezávislý parameter// **Absolutní prostor**: stále stejný a nehybný/ žádný vztah k vnějšímu předmětu/ (pro fyz děj jeviště bez kulis)// **Galileův princip relativity**: v různých inerciálních soustavách máme stejná čas i prostor měřítka(abs čas a prostor)/ mech děje probíhají ve všech inerc soust stejně/ pomocí mech experim nelze soust odlišit/ při přechodu mezi 2 inerc soust se v New mech transformují souřadnice podle Galileovy trans(new rce jsou invariantní vůči galil trans)// **Maxwellky**: popisují elmag děje// invariance maxwel rcí: maxw rce se nemění při galil trans/ nejsou invariantní vůči galil trans/ jsou invariantní vůči Lorentzovým trans// Lorentzovy trans: v různých inerc soust máme různá měřítka času a prostoru/ čas zde není nezávislím param, ale jedna ze souřadnic/ při přechodu mezi 2 inerc soust se max rce trans podle Lorenz trans/ pro $v \ll c$ limitně přecházejí na gal trans// **Spec teorie rel**: 1)einsteinův pricip rel: všechny fyz zák mají stejný tvar ve všech inerc vztaž soust// 2)princip stálosti rychlosti světla: světlo se šíří ve vakuu stejnou rychlostí ve všech inerc vztaž soust// **Lorentz trans prostorových souř**: (subs $x=y$); $y' = \frac{y - vt}{\sqrt{1-\beta^2}}$ // **Lorenz trans čas souř**: (subs $x=y$); $t' = \frac{t - (v/c^2)y}{\sqrt{1-\beta^2}}$ // **Důsledky Lorenz trans**: $\Delta y' = \frac{\Delta y - v \Delta t}{\sqrt{1-\beta^2}}$ // Dilatace času: $\Delta t' = \Delta t \sqrt{1 - (v^2/c^2)}$ // Kontrakce délek: $\lambda = \frac{\Delta y}{\sqrt{1-\beta^2}}$; λ -vln délka// **Relativistická hybnost**: $(p^\wedge) = m \cdot (v^\wedge)$; m-relativistická hmotnost%% $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$ // **Kinetická energie**: $W_k = m \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2$; (celk relat energie-klidová energie)// **Obecná relativ**: princip ekvivalence: každá hmota má gravitační hmotnost a setrvační hmotnost a obě se rovnají// zákl postuláty: obec princip rel: všechny fyz zákony mají stejný tvar ve vztažných soust// einsteinův princip ekvivalence: všechny fyz děje probíhají stejně v inerciální soust, v níž působí homog grav pole intensity (g^\wedge) a v neinerc soust, pohybující se zrych ($-g^\wedge$)// **Důsledky obecné teorie rel**: stáčení drah planet; ohyb světelných paprsků v blízkosti slunce; gravitační čočky; gravit červený posun; černé díry; gravit vlny; rozpínání vesmíru