

# 1. D. Harmonická / Energy

Proces posunu vzhledem k ose

Průběh  $F \sim x$

2. Úroveň měření

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$$

$$x = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}$$

$$F_c = \frac{kA^2}{2}$$

$$= U + F = U + \frac{kA^2 \cos^2 \alpha}{2}$$

Průměrná rychlost vzhledem k ose

## 2. VAHADLO MAT.

Podmínky vzhledem k ose

$$M = mg \sin \alpha \approx mg|x|$$

$$m l^2 \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -mg|x| \quad || : 2D$$

$$m l^2 \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + mg|x| = 0$$

$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \frac{g}{l} \alpha = 0 \quad - \text{obvyklá harmonická}$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

## 3. TEUKAIONĚ LOG DEKREMENTŮ

### DOBROČ

období síla + tlumení

$$F_3 \sim V \rightarrow$$

$$F_V = -\gamma V \quad \frac{dx}{dt}$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - \gamma V$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x + \frac{\gamma}{m} \frac{dx}{dt} = 0$$

$\omega_0^2$   $\beta$ -úsp tlumení

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad - \text{vlastní úhybní + tlumivost}$$

$$x = A e^{-\beta t} \cos(\omega t + \phi)$$

polyma úhybní vzhledem ke tlumení

jestli  $\beta^2 > \omega_0^2$  to

posun + vzhledem k ose

$$x = A_1 e^{-\beta_1 t} + A_2 e^{-\beta_2 t}$$

$$E \sim A^2 \quad A_1 = A_2 = A e^{-\beta t}$$

$$E = \frac{1}{2} k A e^{-2\beta t} \quad E_0$$

• Dekrement:

$$\frac{A_n}{A_{n+1}} = \frac{A_0}{A_0 e^{-\beta T}} = e^{\beta T}$$

$$N_A = \ln \frac{A_n}{A_{n+1}} = \beta T$$

log dekrement to ln dekrementu

• čas relaxace

čas kdy A umale e nový

$$\frac{A e^{-\beta T}}{e} = A e^{-\beta T} \Rightarrow \beta T = 1$$

$$\frac{1}{T} = \beta = 1$$

úbytek energie po každé  $\frac{1}{T}$

$$\lambda = \frac{1}{N e}$$

• Dobroč

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \frac{\pi}{\beta T} \quad \text{1/0 pohybuje}$$

$$= 2\pi \frac{E}{\Delta E} \quad \text{ide štěstí energi / T do štěstí energi v útlumu}$$

# 4. Dynamic Wymuszenie Rezonans

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2B \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = F_0 \cos(\omega R t + \alpha)$$

$$F_0 = \frac{F_0}{m}$$

$R$  współwzrost wymuszenia

(1)  $x = A \cos(\omega R t - \phi)$

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4B^2 \omega^2}}$$

$$\phi = \arctg\left(\frac{2B\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$$

wywnika do 2 potęg w równaniu (1) do pierwszego i przekształcamy na pierwszą potęgę

w normalizacji

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - 2B^2}$$

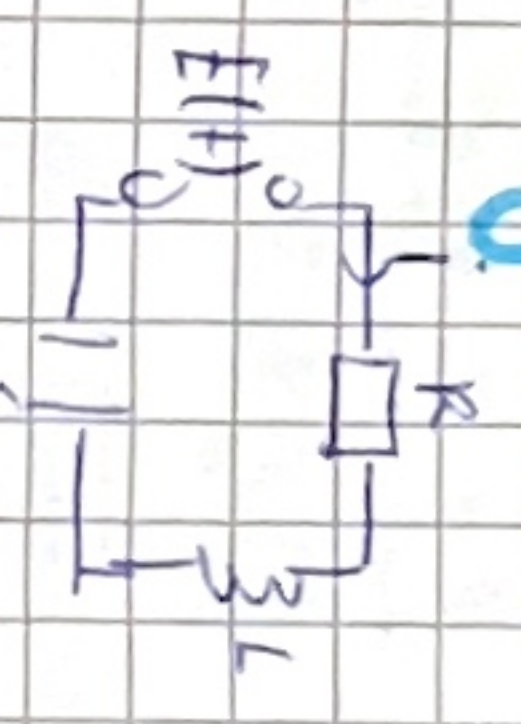
po podstawieniu

$$A = \frac{F_0}{2B \sqrt{\omega_0^2 - 2B^2}}$$

$$\phi = \arctg\left(\frac{2B\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}\right)$$

$$A \sim \frac{1}{B}$$

# 5 Dynamic w RLK



$$E(t) = iR + L \frac{di}{dt}$$

$$E(t) = \frac{d^2q}{dt^2} R + L \frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C}$$

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E(t)$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = E(t)$$

$2B$  //  $\omega_0^2$

Zmiana energii pola elektrycznego i magnetycznego

tu obciążenie

- $R \neq 0$   $R \neq 0$  - wymuszenie
- $R = 0$   $R \neq 0$  - tłumienie
- $R = 0$   $R = 0$  - nie tłumienie



# 8. Energia fali spisyshy

## Aktivnie

W modych chystonach  $\frac{\partial \epsilon}{\partial x} = \text{const}$

$$E_k = \frac{1}{2} \rho \frac{\Delta V}{\Delta x} \cdot \left( \frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 = \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$U = \frac{E_y \Delta V}{2} \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2$$

Zprawa Hooka

$$F = \frac{E_y S}{\Delta x} \cdot \Delta \xi = \frac{E_y v \Delta x S}{\Delta x^2} \cdot \Delta \xi = \frac{E_y v S}{\Delta x} \cdot \Delta \xi$$

$$U = \frac{1}{2} k (\Delta \xi)^2$$

Energia mechaniczna

$$E_m = E_k + U = \frac{\rho \Delta V}{2} \left[ \left( \frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 + v^2 \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 \right]$$

$$v = \sqrt{\frac{E_y}{\rho}}$$

Objetosciowa gystosc energii

$$w = \frac{E_m}{\Delta V} = \frac{\rho}{2} \left[ \left( \frac{\partial \xi}{\partial t} \right)^2 + v^2 \left( \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^2 \right]$$

dla fali podkurzy

$$w = \rho A^2 \omega^2 \sin^2(\omega t - kx + \phi)$$

$$\text{Srednia } \langle w \rangle = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2$$

Strumen energii

$$\phi_s = \frac{dE}{dt}$$

$$\phi_s = \int_{-\infty}^{\infty} w ds \Rightarrow \langle \phi_s \rangle = \langle w \rangle v = \frac{1}{2} \rho A^2 \omega^2 v$$

Maksymal. fali  $|\phi_s| = \langle \phi_s \rangle$

# 10. Rozmawie f. Kulisty

dla fali kulistej ostaly mocy  $P$  i  $k$  i  $\omega$

$$I = \frac{\Delta E}{\Delta s \Delta t} = \frac{P}{4\pi r^2} \sim A^2$$

$$A \sim \frac{1}{r}$$

$$\xi = \frac{A_0}{r} \cos(\omega t - kx + \phi) \text{ m. t. l. um.}$$

$$\xi = \frac{A_0}{r} e^{-ikx} \cos(\omega t - kx + \phi) \text{ t. um.}$$

## 11. Fala ultrazwyc. Poziom glos

Fala ultrazwyc. - fala o  $f \in (16, 20k) > 16z$  w powietrze  
 wysokolosc  $\rightarrow$  wystolizow  
 barwa  $\rightarrow$  ~~hasc~~ zedlow fali o uszygnym wystolizow uszycu  
 + wzmoglych obzycu

Glosnosc  $\rightarrow$  Materowie  $10$

$$L[\text{dB}] = 10 \log \frac{1}{I_0}$$

Maksymal. fali

$$I = \langle \phi_s \rangle$$

## 12 Doppler

Zmierzanie odchylenia następowości w zależności od prędkości źródła i/lub odbiorcy

$$f_o = f_s \frac{v \pm v_o}{v \mp v_s}$$

względem 2 bodźka, je  
 jeśli wst sie porusza  
 to zmiana się offset gęstości  
 kollegiosci a ze ilości  
 okrasio tli u kłoda  
 sie ma kji kollegios,  
 to zmiana się kłst  
 przy dla gęstości

## 13 Ruchy cieplne molekuł i ich nie gęste

Uśredniona mody molekuł zależnie od temperatury.

Wizualizacja wyników za zdaniem costrze ze ściankami

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad \text{II 2d}$$

$$P = \frac{\Delta P}{\Delta S \Delta t} = \frac{1}{3} n m \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle$$

Konwertujemy

## 14. Pomiernie stanu gazu doskonałego

$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

$$PV = \frac{m}{\mu} RT = \frac{m}{\mu} RT$$

$$P = n k T$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\frac{m}{\mu}}{V}$$

$$\frac{2}{3} n \langle E_k \rangle = n k T$$

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} k T$$

## 15. Zasada ekwiwalencji energii

zależnie od liczby stopni swobody

1 at - 3

2 at - 5

3 at - 6

gdziamu -> dążyć temp (x2)

$$\langle E_k \rangle = \frac{i}{2} k T$$

względem

2 dko je kłsty kłsty  
 ma jest równo prędkość

Entropia w T -> 0  
 lim S = 0

## 16. Rozkład Prędkości MAXWELLA

$$F(v) = \left( \frac{m}{2\pi k T} \right)^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \cdot 4\pi v^2$$

2 at kłsty  
 gęstość w  
 nabyj  $\int_0^\infty F(v) dv = 1$   
 rozkład na energię  
 sfere 0-projektory (wzajemnie niezależne)

$$\langle v \rangle = \int_0^\infty v F(v) dv = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

$$\langle v^2 \rangle = \int_0^\infty v^2 F(v) dv = \frac{3kT}{m}$$

## 17. Wzór barometryczny Rozkład Boltzmański

$$n = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}} \quad \frac{dp}{p} = -\frac{m g}{kT} dh$$

$$= n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}} = n_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

lub T -> objętość dla limitowej.

$$P = P_0 e^{-\frac{mgh}{RT}}$$

## 18. Zasady termodynamiki

$$\delta Q = dU + \delta W \quad \text{liczba dostarczonej ciepła w zmianie temperatury (E, W, W)}$$

II Najest możliwy swobodny przepływ ciepła z wyższej do niższej T

III Perpetuum Mobile 2 rodzaju (właściwość w praz) nie istnieje

# 18. Entropia

$$S = k \ln \Omega$$

$$dS = n C_V \frac{dT}{T} + n R \frac{dV}{V} = \frac{\delta Q}{T}$$

Zmiana entropii to zmiana ciepła do temperatury dla odwracalnych

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} \text{ - nie odwracalny}$$

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0 \quad \text{III 2D TP}$$

# 20. Potencjały Termodynamiczne

Funkcje opisujące  $V, P, T, S$  itp. Służą do opisu i kontroli procesów.

• Energia wewnętrzna

$$W = U$$

$$U = B \cdot T$$

• Energia swobodna Helmholtza

$$F = U - TS$$

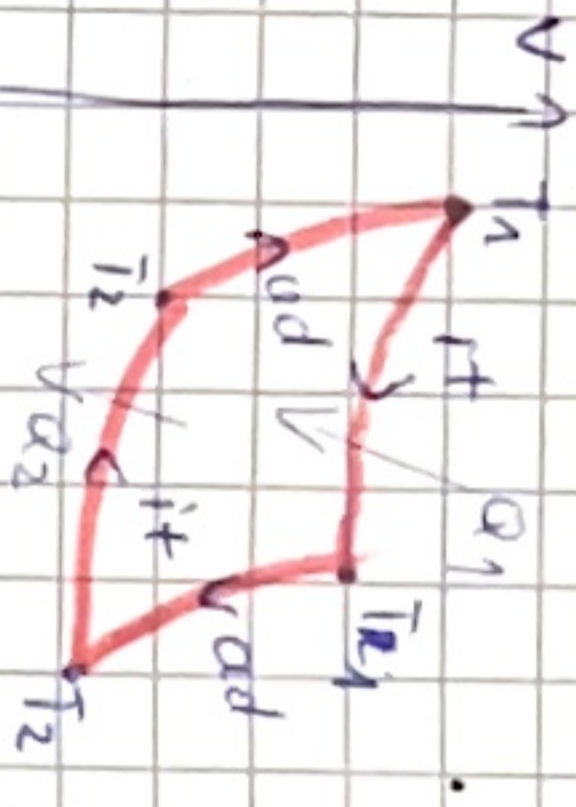
gdzie  $T = \text{const}$  i  $V = \text{const}$   
 to jest 2 min(F) przy stałej objętości i temperaturze

• Entalpia

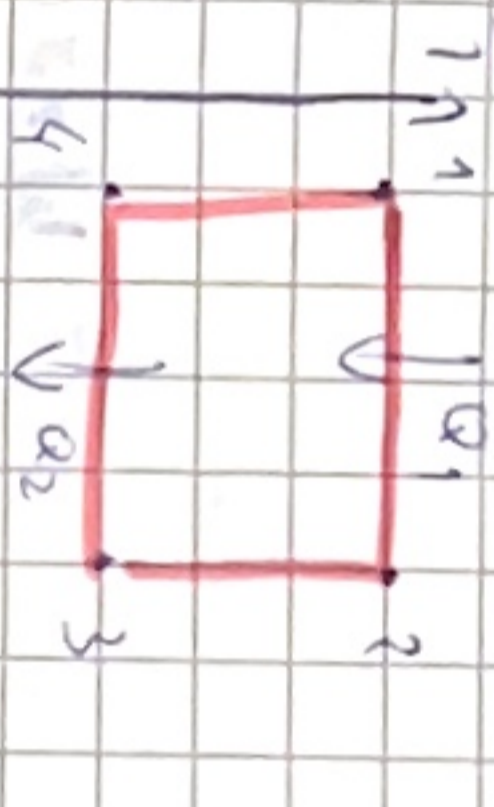
$$H = U + PV \quad \text{ciężko w izobaryczny}$$

• TD potencjał Gibbsa ( $G = U + PV - TS$ )  
 przy stałym ciśnieniu i temperaturze

# 21. Cykl Carnota



$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$



W przypadku idealnych szkieletu sprężystość zależy od temperatury  $T_1, T_2$

$$M_{stat} \approx N_{molek} \quad \text{ciężko}$$

# 22. Transport

ciężko: dyfuzja lepkości

- przewodnictwo cieplne

$$\vec{j}_Q = - \kappa \text{ grad } T$$

$\kappa$  - współprzewodność

- dyfuzja

$$\vec{j}_N = - D \text{ grad } n$$

$D$  - współczynnik dyfuzji

$$\vec{j}_m = - D \text{ grad } (\rho n) = \rho \text{ grad } n$$

$\rho$  - gęstość

- lepkość / transport pędu

$$\vec{j}_p = \eta \text{ grad } v$$

$\eta$  - lepkość dynamiczna

Opóźnienie

wektor o wartości równej ilosci przemieszczenia

o jednostce czasu przez jednostkę powierzchni

Widoczne jest tu: same jak transport

gęstość jest proporcjonalna do gradientu i składowa przeciwna

### 23. Pole elektrostatyczne w pozycji: obiektywnych

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} = F_g$$

$$V = k \frac{Q}{r} = \frac{U}{\gamma}$$

$$E = -\text{grad } V$$

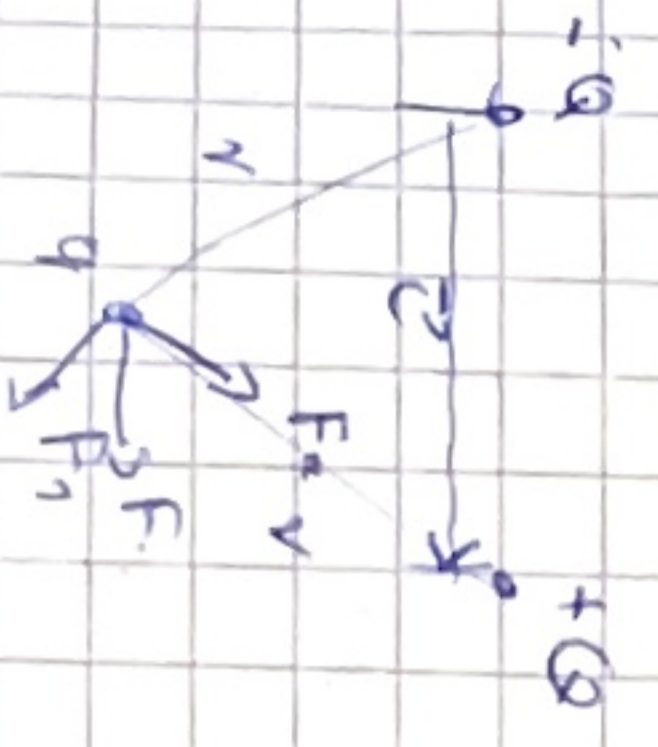
Pole jest potencjalne

• Prawo Gaussa

$$\Phi_E = \int_S E \cdot ds = \frac{Q_{w\text{ powierzchni}}}{\epsilon_0}$$

Strumień ~~to~~ potencjalne pole elektrostatyczne jest równy z ładunkiem ogólnym ciała zamkniętego wewnątrz tej powierzchni.

• Dipol - układ ładunków o przeciwnych znakach oddległych o  $l$



$$F = qE$$

$$M = p \times E$$

$$dW = M \cdot d\alpha$$

### 24. Polaryzacja dielektryka

Wektor indukcji elektrycznej

Wektorem momentu dipolowego molekularny polaryzacji - średni wektor +/- przesunięte molekularny moment - średni wektor +/- przesunięte

$$P = \frac{1}{V} \sum p_i$$

moment dipolowy jest równy ~~to~~ moment wytworzony przez wszystkie dipole. Która polaryzacja pole wydane

Polaryzacja

- elektryczna przesunięcie średniej wartości  $P = \epsilon_0 \alpha E$  - polaryzowalność molekularna

- orientacja pole układa ją i istnieją dipole i wartości  $\alpha$  się zmienia. temperatura

- Jonowa - wystąpi to jeżeli wielka molekularna  $\alpha$  jest przesuwną. Indukcja elektryczna

Jak w Gaussie  $D = \epsilon_0 E + P$

Indukcja  $D = \epsilon_0 E + P$

Indukcja  $D = \epsilon_0 E + P$

### 25. Tętno związane

• Rozstawie tych ładunków to wyznik pola między.  $\epsilon_0$  związane z atomami

$$P = 0$$

$$P' = \epsilon' - \epsilon_0 = 0$$

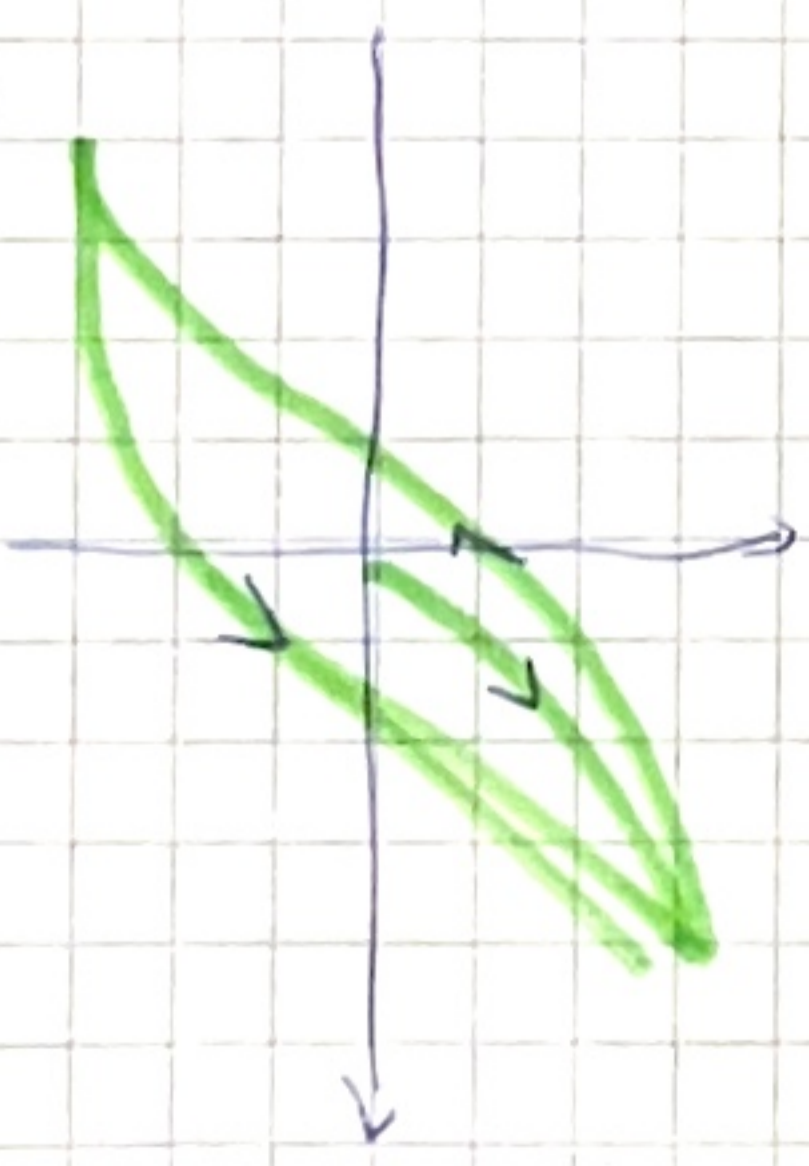
•  $P' = P - P_0$  składowe momentów wektorów polaryzacji

$$\int P' \cdot ds = - \int P' \cdot dV$$

strumień polaryzacji przez powierzchnię jest równy - ładunkowi w tej powierzchni

### 26. Tętno elektryczne

Materiały o obrotym  $\chi$  - podlega mając atomom wiec mogą same generować  $E$  bity polaryzowane



dlaczego  $T_{\text{całk}}$  formula ma  $\epsilon_0$   $\epsilon_n$   $E$   $\Rightarrow D = \epsilon_0 \epsilon_n E$

## 27. Energia p. Elektrycznego

$$E_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{rel} U^2}{2d}$$

$$V = S \cdot d \quad U = \frac{V}{d}$$

$$= \frac{\epsilon_0 \epsilon_{rel} V E^2}{2} = \frac{D \cdot E \cdot V}{2}$$

$$w_{el} = \frac{E_C}{V} = \frac{D \cdot E}{2} \quad \text{— gęstość energii}$$

$$E = \int w_{el} dV$$

## 28. Zjawisko Piezoelektryczne

w Krysztalach Systemie / nozigenne

przesuwa jony + i - względem siebie  
przewodni do polaryzacji: np.  $CaCO_3$

jeśli zrobić na odwrót

podaje pole E to będzie się zmieniał dystans ścieżki

$$E = qE$$

## 29. Pole magnetyczne P. Biot-Savarta

Pole m. wyczerpał ładunek elektryczny w ruchu  
długość ma inne ładunki w ruchu lub magnetyzacji

Zasada superpozycji!

$$\vec{B} \leftarrow \text{indukcja}$$

$$\vec{H} = \frac{N \cdot I}{4\pi \cdot 10^{-7}}$$

substancje polaryzujące

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I_0}{4\pi r^3} i [d\vec{l} \times \vec{r}]$$

$\vec{r}$  — od kabli do punktu

$d\vec{l}$  — Vektor prądu (przewodnik)

## 30. Siła Lorentza

Prawo Ampera

$$\vec{F}_{mag} = q [\vec{v} \times \vec{B}]$$

$$\oint \vec{H}_{mag} = 0$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum i$$

$$d\vec{F} = i [d\vec{l} \times \vec{B}]$$

$$F = B i L$$

## 31. Pole mag. w materii

Para, Para i Ferro magnet...

$\vec{J} = \frac{1}{\Delta V} \sum \vec{p}_{m,i}$  — wektor momentu magnetycznego

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) \quad \mu = 1 + \chi$$

$$\vec{J} = \chi \vec{H}$$

Para magnetyczna  $\chi > 0$  (dużymy momenty są obrotowe) — Kąt w polu są (momenty) — Układają się. Pędzą cieższe pary

$$\chi = \frac{C}{T}$$

diemagnetyki  $\chi < 0$

powstaje słabe pole bo się przesuwają obojętnie

nie ma momentu magnetycznego

Ferromagnetyki  $B(H)$

duże podatność — szybkie magnesywanie

powstają Tc — style się powiększają

$$\lambda = \frac{C}{T - T_c}$$

## 32. Energia p. Magnet

$$E_C = \frac{1}{2} |2L$$

$$W_{mag} = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{H^2}{2}$$

### 34. Súmatoria Maxwella

- (1)  $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{s} = \int_V \rho_{ext} dV$  - prave guassa
  - (2)  $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$
  - (3)  $\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$
  - (4)  $\oint_C \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \vec{j}_p) \cdot d\vec{s}$
- (1) zväčšen p. ele 15g Totals  
 (2) Pole Moy jest bez zväčšen  
 (3) zväčšen p. moy  $\Rightarrow$  vlnove p. ele  
 (4) prave guassa i vlnove p. ele  $\Rightarrow$  vlnove p. moy

$$\begin{cases} \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} = \vec{j} + \frac{d\vec{D}}{dt} \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt} \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{H} = \vec{j} \end{cases}$$

$$\begin{cases} D = \epsilon \epsilon_0 E \\ B = \mu \mu_0 H \\ j = \sigma E \end{cases}$$

### 33. Indukcia el moy. Pravy vlnove

$$E = -\frac{d\phi}{dt} \quad \text{v zmrklym}$$

prave vlnove - v dnuj byle  
 moine zväčšen mistic - v. ele  
 rprave vlnove - prave vlnove  
 i sie greje  
 regale Lomre:  
 vyznaky v moy pravy jest hde skromny  
 by prave vlnove pravy jest pravy vlnove

### 35. Pole ele-moy ele-moy piska. f. ele-moy

2 vlnove Maxwella

$$\begin{cases} \Delta^2 \vec{E} = -\frac{1}{\epsilon_0} \rho \\ \Delta^2 \vec{H} = -\frac{1}{\mu_0} \vec{j} \end{cases}$$

Pole elektro magnetyvne  
 2 3 4 v. Maxwella

$$V = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} \frac{1}{\Delta}$$

$$E = \frac{1}{\epsilon_0 \mu_0} \frac{1}{\Delta}$$

Pole ele-moy  
 - pravy vlnove  
 - zväčšen v f. ele  
 $E = VB$

### 36.

Energy fal ele-moy  
 vlnove Poyntinga

$$w = \frac{EH}{V} \quad j = EH$$

$$S = E \times H \quad \text{vlnove Poyntinga}$$

$$I = S_{av} = \frac{1}{2} E_0 H_0$$

### 37.

odhad vlnove f. vlnove  
 zväčšen, Poyntinga, Pravy vlnove

Falve pravy vlnove vlnove  
 vlnove vlnove na dnuj vlnove

$$V = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} \quad m = \frac{c}{V}$$

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + \omega^2 x = -\frac{q}{m} E_0 \cos(\omega t - x)$$

Poyntinga to vlnove Poyntinga  
 od vlnove  
 Poyntinga pravy vlnove vlnove  
 Poyntinga vlnove vlnove  
 vlnove vlnove

Pravy vlnove guassa

vlnove fal vlnove  
 vlnove vlnove jest vlnove (vlnove vlnove)  
 pravy vlnove pravy vlnove  
 vlnove vlnove vlnove vlnove  
 $V_g = V - \lambda \frac{dV}{d\lambda} - 2 \text{ vlnove}$



## 42 Polaryzacja

Podkreślenie

- linowa
- eliptyczna
- kołowa

Plan: wyznaczenie polaryzacji  
przebiegów do polaryzacji  
w kierunku osi  $E$

$A_{11} = A \cos \varphi$  - kąt między  $E$  a  $\pi$ -polaryzacją

$I \sim A^2$   
 $I = I_0 \cos^2 \varphi$  - Prawo Malusa

## 43 Promieniowanie cieplne zdolności emisji: absorpcyjna

Przem. cieplne - wysyła foton ele-magn.  
Wielkość energii:  $W$   
kierunek:  $\vec{n}$  - wysyła foton w kierunku  
inny:  $\vec{n}'$

$R(T) = \frac{dE}{dV dt}$  całkowita zdolność emisji

$dR_w = N_w dW$   $R_w = \int N_w dW$

$N_w dW = \frac{dE_w}{dV dW}$

$N_w dW = n_w dV$

absorbująca

$\frac{d\phi}{dt} \leftarrow$  to prędkość

$\frac{dW}{dt} = \frac{d\phi}{dt} \rightarrow$  to prędkość

$v_w = v_{gr} < v$   $v_{gr} < v$   $v_{gr} < v$

## 44. Prawo Kirchhoffa

$\frac{N_w(T) |_{1}}{U_w(T) |_{1}} = \frac{N_w(T) |_{2}}{U_w(T) |_{2}} = \dots = f(\nu, T)$

Stosunek zdolności emisji do  
absorbujnej nie zależy od rodzaju  
ciała, jest dla wszystkich ciał  
taki sam funkcja  $\nu, T$

$f(\nu, T)$  - to zdolność  
emisji w kierunku  
warunku

## 45. Prawo Stefana - Boltzmann

zdolność emisji w kierunku  
obs. kołowa warunku

$R = \sigma T^4$

całkowita zdolność emisji  
ciała obs. kołowa warunku  
jest proporcjonalna do  $\nu^4$   
potęgi jego temperatury termodynamicznej

$R_{32} = a T^4$   
zdolność absorpcyjna

ilość energii fotonów, nie który prędkość  
maks. m. zdolności emisji w kierunku  
obs. kołowa warunku i jego temperatury  
termodynamicznej jest niezależną stałą

$\lambda_{max} T = b$  - stała Wien

## 46. Prawo Wien - gęstość energii i zdolności emisji

$U$  - to obj. gęstość energii

$R$  - całkowita zdolność emisji

$R = \frac{d}{dt} \frac{cU}{4} = \frac{cU}{4}$

$f(\nu, T) = \frac{c}{4} U(\nu, T)$

## 47. Wzrost Rayleigha - Jeans

$U(\nu, T) = kT \frac{\nu^3}{\pi^2 c^3} \Rightarrow f(\nu, T) = \frac{c}{4} kT \frac{\nu^3}{\pi^2 c^3}$

$\ln U = \dots$

Kulistiwa w mod. f. d. c.

o Energia jest kwantowana

$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$

$f(\nu, T) = \frac{h\nu^3}{4\pi^2 c^3} (e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1)$

o stała Plancka  $h$  - energia ele-magn.

to strumień energii  $2 \nu = c$   $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$   
foton - ma masę spoczynkową

$m_p = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}$

foto. elektryczny  $\nu = \frac{h\nu}{\lambda c}$

$h\nu = A + \frac{1}{2} m\nu^2$

o zjawisko Compton

### 48. Hipoteza de Broglia Zasada maotna osnovu Moisenberga

• Putujem komputaciono - Alory  
bilo uspešno uspešno

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \omega = \frac{E_m}{\hbar}$$

• Istorija mekves - Thomson  
dvostran imitiraju sprecavaju  
ne mogu biti u obliku  
kvalitativno mijenjaju od staty  
plonka

$$\Delta A \cdot \Delta B \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta p \cdot \Delta x$$

$$\Delta E \cdot \Delta t$$

### 49. Risanje Schrodinger Sens fizicnog funkcije kubny

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + U \psi + i \hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = E \psi$$

↑  
-grad F(x,t)

gde U(x)

$$\psi(x, y, z, t) = \underbrace{\psi(x, y, z)}_{\text{potencijal}} e^{-i \frac{E}{\hbar} t}$$

↑  
E celokupna energija

$$\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

$$\nabla^2 \psi = -\frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi$$

$$H \psi = E \psi$$

• gde H - operator potencijalne  
energije i kineticko energije u prostoru

### 50. Gustina u kvantnoj potencijale. Kvantovanje energije

$$U = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < 0 \text{ i } x < a \\ \infty & \text{dla } 0 < x < a \end{cases}$$

• brzo savremeno u. Shrodingeru:

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0$$

$$\psi = A \sin \left( \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} x + \alpha \right)$$

• u kvantnoj mehanici

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = \frac{\hbar^2 \pi^2 n^2}{2m L^2} = E_n$$

• po normiranju

$$A = \sqrt{\frac{2}{L}}$$

### 51. Kvantovanje oscilator harmonicky izvise kvantovanje

$$F = kx \Rightarrow U = \frac{kx^2}{2}$$

• brzo savremeno u. Shrodingeru

$$E = \left( n + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

$$E_n = \left( n + \frac{1}{2} \right) \hbar \omega$$

• D ~ e^{-\alpha |x|}

• vsp. pozitivne  
i negativne  
energije

### 52. Budova atoma

$$R_n = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad n = m-1$$

• Model Bohr - atoma - atoma

$$F = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$$

$$R = \frac{3}{4\pi \epsilon_0} \frac{a^2}{m_e \omega^2}$$

• Model Bohr - atoma

• Model Bohr - atoma (m = m h)

• Model Bohr - atoma (m = m h)

$$v = 4\pi \epsilon_0 \frac{Z m e^2}{\hbar^2} \frac{1}{n} \quad n_1 = 1, 2, 3$$

• Model Bohr - atoma

• Model Bohr - atoma

• Model Bohr - atoma

$$M = \frac{1}{2m} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \hbar$$

$$M_{S2} = m_S \hbar$$

$$M_S = \pm \frac{1}{2} \hbar$$

• Model Bohr - atoma

• Model Bohr - atoma

• Model Bohr - atoma

• Model Bohr - atoma

### 53. Zakaz Pauliego

w atomie nie mogą się znajdować dwa elektrony, których współrzędne linijowe kwantowe są takie same

$m$  - główna (podstawowy poziom energetyczny)

$l \leq m-1$  - cztery możliwe (dodatkowy moment pędu)

$m \leq \pm l$  - magnetyczna (pęd no wychowy kwant w przestrzeni)

$m_s = \pm \frac{1}{2}$  - spinowa magnetyczna (pęd spinu no wychowy kwant w przestrzeni)

Przódka i tyłko nie mogą być o takich samych spinach - fermiony

właściwy spin  $\rightarrow$  baryony (fotony) granada się w nich Energi

### 54. Siły między atomowe

odległość odległości na siłach

$$U(r) = -\frac{A}{r^m} + \frac{B}{r^n}$$

$m < n$   
 przyciąganie odpychanie  
 owa odległość ma odległość

energia potencjalna rury same z sobą same siły między atomowymi

### 55. Ciężka krystalina i bezpostaciowa

- Krystaliczne uporządkowane obrotowe (regulowana sieć krystaliczna - ma cel)
- amorficzne - nieregularne
- różnica temperatur
- różnica temperatur
- różnica temperatur

- amorficzne (bezpostaciowe)

- uporządkowane krystaliczne

- krystaliczne

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

### 56. Pasma energetyczne krystalin

Struktura pasmowa w temperaturze niskiej jest sztywna

pasma energetyczne  $\Rightarrow$  grupy molekularne

- Metale

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

- krystaliczne (krystaliczne)

### 57. Dynamika elektronów w sieci krystalicznej

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

### 58. Masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

masa efektywna

# 49. Prędkość elektronów swobodnych. gaz elektronowy

- elektrycy mogą się swobodnie poruszać
- $U=0$  albo porażają w szereg elektronów
- $\eta = \frac{1}{2} \frac{v_{dr}}{v_{rms}}$

$\rho$  - objętość pola szkieletu

$$E = \frac{h^2}{2m} \left( \frac{2m}{h^2} \right)^{3/2} E^{1/2}$$

funkcja gęstości stanu i składowe energodynamiczne

49.

# 60. Poziom Fermiego

$$E_{F0} = \frac{h^2}{2m} \left( \frac{3m}{8\pi} \right)^{2/3} \quad \text{dla } T=0K$$

$$f(E) = \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT} + 1} \approx \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)$$

energia Fermiego odpowiadająca poziomowi energii zerowej, którego pole workopobliwności

# 61. Przewodnictwo elektryczne metali

nieodśledzoność s.w.v. w przypadku  $\Rightarrow$  opis elektryczny + drugie ciepło

$$\rho = \rho_{ohm} + \rho_{ohm}$$

$$\sigma = \frac{e^2 m T}{m \tau}$$

# 62. Przewodnictwo ciepła metali. Pismo Wiedemana-Franza

Przewodzenie ciepła - ruchy cząsteczek

okładki przewodniczą

$$\frac{\kappa}{\sigma} = \frac{3}{\pi^2} \left( \frac{k}{e} \right)^2 T = \frac{1}{3} T$$

inne Metali Sto Srebrze współczynnik przewożenia ciepła w przypadku przewodności elektrycznej jest w bliskiej temperaturze stałej; pro forma wady do tem punktu

# 63. Napięcie w odniedwo

temperatura BCS (niska temp) max - przy kooperacji  $10T \rightarrow 0$  odstęp  $\rightarrow$  20kPa do 200kPa

temperatura  $\rightarrow$  138K

# 64 P&T przewodnik - własności

- nieprzewodnik w 0K nisze
- jak to wygląda do przewoźnika (3eV)
- przewodnik silnie zależy od obrotu

1st rura + i - nośnik

obrotu (wzrost)