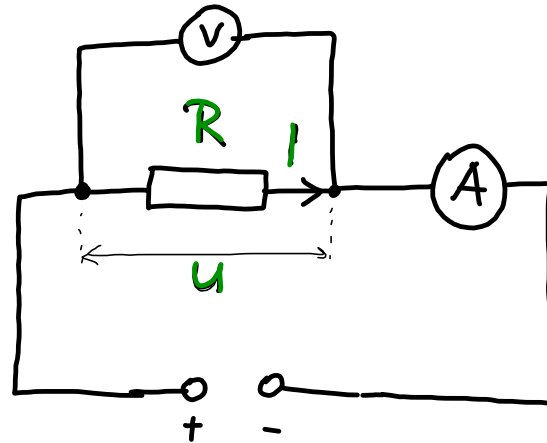


Ohmův zákon



$$I \sim U$$

el. proud vodičem
je přímo úměrný
napětí na koncích
vodiče.

$$I = G \cdot U \quad (G \dots \text{konstanta úměrnosti})$$

G ... vodivost

$\Rightarrow \frac{U}{I} = \text{konst.} \dots$ Podíl napětí na
na koncích vodiče a proudu, který vodičem
protéká je pro daný vodič konstantní

$$\frac{U}{I} = R \quad \dots R - \text{odpor vodiče (rezistance)}$$

jednotkou el. odporu je 1Ω ("ohm")

Pr: Spočítejte napětí na přívodním vodiči (k žárovce), kterým protéká proud $0,3\text{ A}$ a jeho odpor je $0,4\ \Omega$.

$$U = ?$$

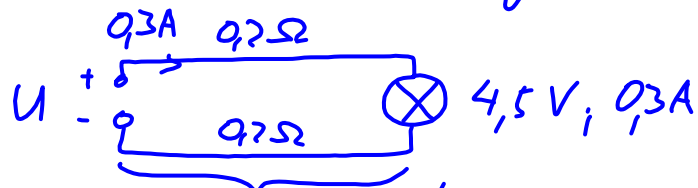
$$I = 0,3\text{ A}$$

$$R = 0,4\ \Omega$$

$$U = R \cdot I = 0,4 \cdot 0,3 = 0,12\text{ V}$$

Napětí na přívodním vodiči je $0,12\text{ V}$.

pozn. Jaksi napětí musíme nastavit na zdroji, jistě přívodními vodiči s odporem $0,4\ \Omega$ máme napájet žárovku tak, aby na ní bylo napětí $4,5\text{ V}$ (při stejném protéká proud $0,3\text{ A}$).



úbytek napětí na přívodních vodičích
($2 \cdot 0,2\ \Omega$) $0,12\text{ V}$

$$U = 4,5 + 0,12 = 4,62\text{ V}$$

↑
úbytek napětí na vedení

odpor železného vodiče

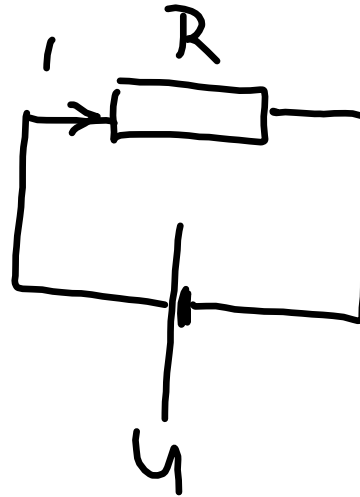
$$R = \rho \frac{l}{S} \quad - \text{výsledkem } D_4'$$

Riešení elektrických obvodů

Ohmův zákon pro uzavřený obvod

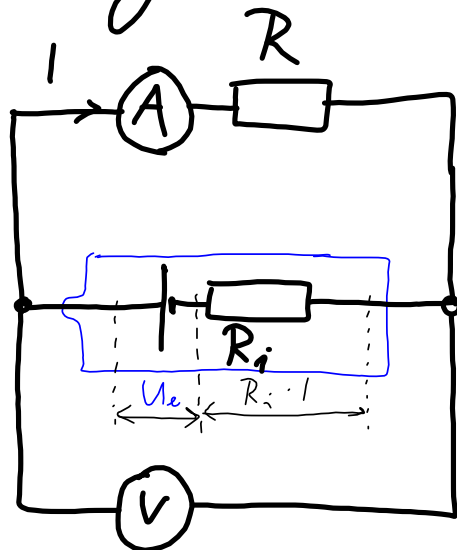
zjednodušení:

$$U = R \cdot I$$



- v případě ideálního zdroje může odporem protékat i velmi vysoký proud
- elektrický proud by rostl do nekonečna...

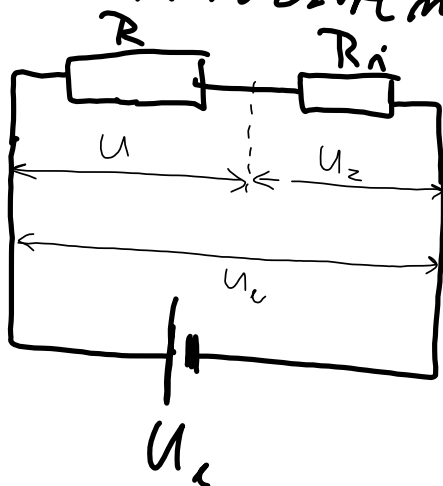
- reálny zdroj má vnútorný odpor R_i



U_e ... elektromotorická
napätie

obidva odpory (R, R_i)
preuká súčinný prúd

skrátené napätie U



$U_2 = I \cdot R_i$... skrátené
napätie

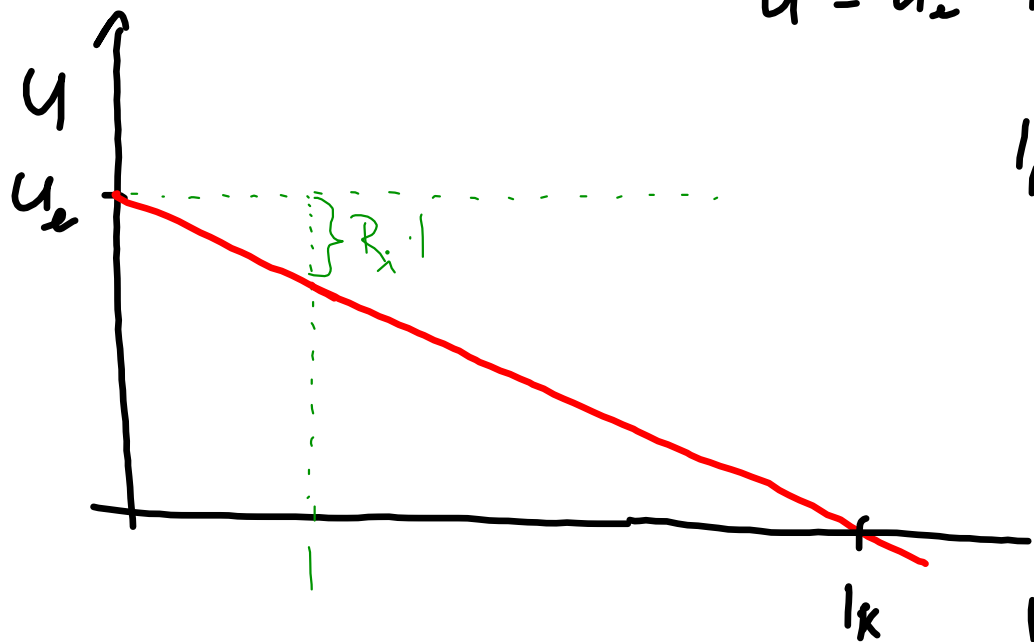
$$U_e = U + U_2$$

$$U = U_e - U_2$$

$$U = U_e - R_i \cdot I$$

Polovničová charakteristika
článků

$$U = U_e - R_i \cdot I$$



I_k ... obrátový proud

Spóčítate prúd odporom $R = 12 \Omega$,
ktorý je pripojený na zdroj s elektro-
magnetickým napätím $1,55 \text{ V}$
a vnútorným odporom $0,5 \Omega$.

$$R_i = 0,5 \Omega$$

$$R = 12 \Omega$$

$$U_e = 1,55 \text{ V}$$

$$U_e = U - R_i \cdot I$$

$$U_e = R \cdot I - R_i \cdot I \quad \xrightarrow{\text{obem}} \quad U_e = I \cdot (R - R_i)$$

$$1,55 = 12 \cdot I - 0,5 \cdot I$$

$$1,55 = 11,5 \cdot I$$

$$I = \frac{1,55}{11,5} \doteq 0,135 \text{ A}$$

Odporom bude prechádzať prúd približne 135 mA .

Právná miera: úbytok napätia bude $R_i \cdot I$

$$R_i \cdot I = \frac{0,5 \cdot 1,55}{11,5} \doteq 0,06739 \text{ V} \doteq 0,07 \text{ V}$$

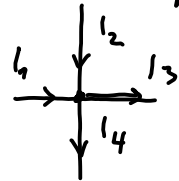
a na odporu R bude napätie $1,48 \text{ V}$.

1. Kirchhoffův zákon

Algebraicky součet proudů vstupujících do uzlu je roven 0.

nebo

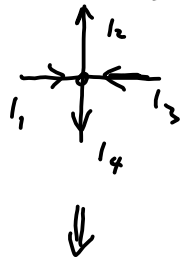
součet proudů vstupujících do uzlu je roven součtu proudů, které z uzlu vystupují



např. $I_1 = 1\text{ A}$ $I_3 = 0,5\text{ A}$
 $I_2 = 2\text{ A}$ $I_4 = 2,5\text{ A}$

$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ pro známý proud I_4 platí:
 $I_4 = I_1 + I_2 - I_3 = 1 + 2 - 0,5 = 2,5\text{ A}$.

znám-li proudy jinde, mohl by uzel vypadat takto:



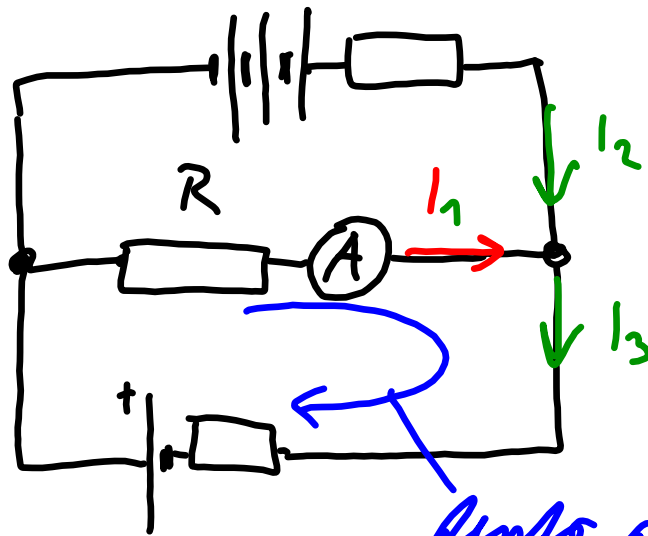
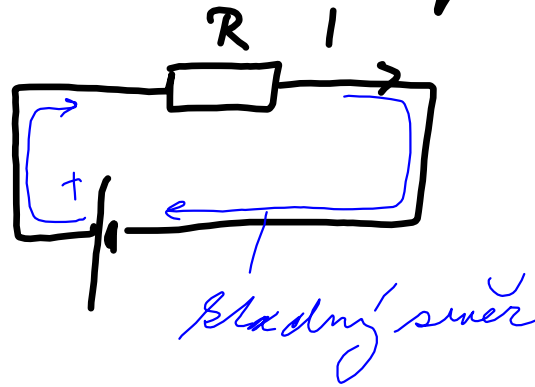
$I_4 = ?$
 raději stejných proudů $I_1 - I_2$
 (v novém obrázku) by vypadalo
 takto:

$$\begin{array}{l} I_1 = 1\text{ A} \\ I_2 = -2\text{ A} \\ I_3 = -0,5\text{ A} \end{array}$$

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4$$

$$I_4 = I_1 + I_3 - I_2 = 1 + (-0,5) - (-2\text{ A}) = 1 - 0,5 + 2 = \underline{2,5\text{ A}}$$

pozn. Reč. směr proudu je od + k -
 např. $I = 0,5A$

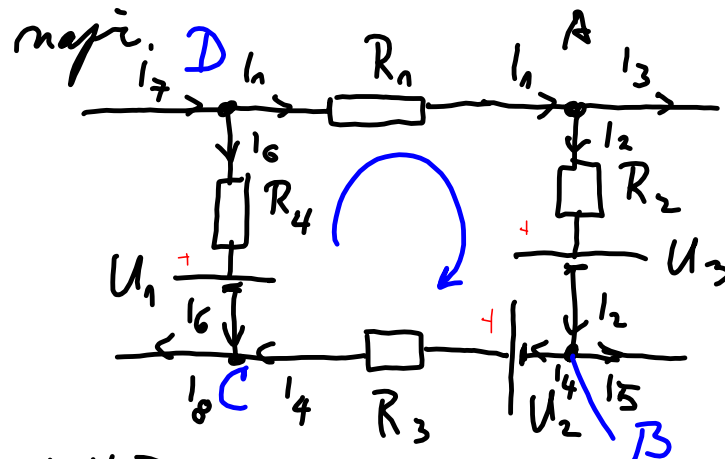


$I = -1,5A$

kladný směr volíme jako kladný

2. Kirchhoffův zákon

Algebraický součet elektrických napětí ve smyčce je roven algebraickému součtu úhybných napětí na odporech v této smyčce.



I.K.Z pro uzel A **Dů... doplněná rovnice pro uzly B C D**

$$\begin{array}{l} \text{A} \\ \text{B} \\ \text{C} \\ \text{D} \end{array} \quad \begin{array}{l} I_7 = I_2 + I_3 \\ I_2 = I_4 + I_5 \\ I_4 + I_6 = I_8 \\ I_7 = I_1 + I_6 \end{array}$$

$$\text{II.K.Z.} \quad U_1 + U_2 - U_3 = R_1 \cdot I_1 + R_2 \cdot I_2 + R_3 \cdot I_4 - R_4 \cdot I_6$$

ü 2/72 (2/82)

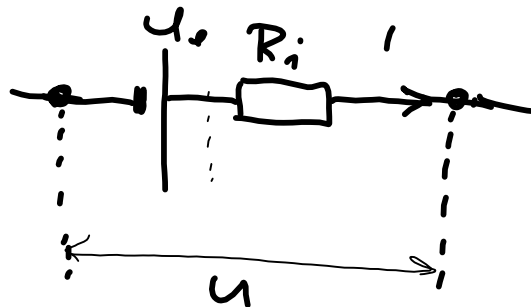
$$U_k = 12,4 \text{ V}$$

$$I = 40 \text{ A}$$

$$U = 11,2 \text{ V}$$

a) $R_i = ?$

$$\frac{U_k - U}{I} = R_i = \frac{1,2}{40} = \underline{\underline{0,03 \Omega}}$$



$$\left[\begin{array}{l} \Delta U = U_k - U \\ \Delta U = R_i I \\ R_i = \frac{\Delta U}{I} \end{array} \right]$$

b) $U = ?$

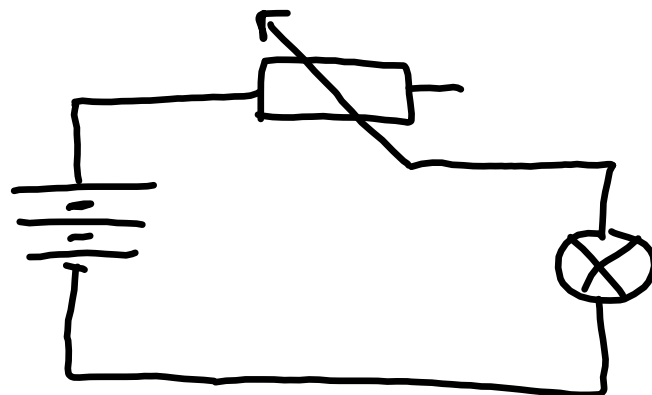
$$I = 60 \text{ A}$$

$$R_i = 0,03 \Omega$$

$$\Delta U = R_i \cdot I = 0,03 \cdot 60 = 1,8 \text{ V}$$

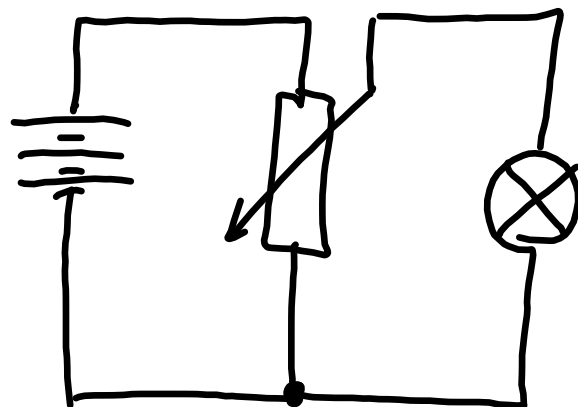
$$U = U_k - \Delta U = 12,4 - 1,8 = \underline{\underline{10,6}}$$

první. reostat a potenciometr



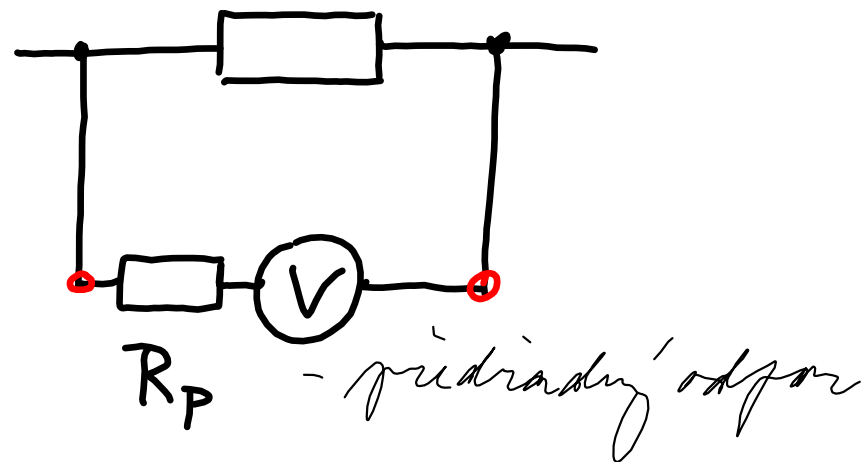
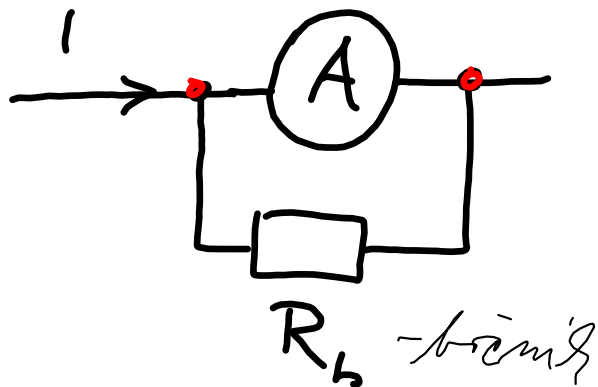
reostat

potenciometr

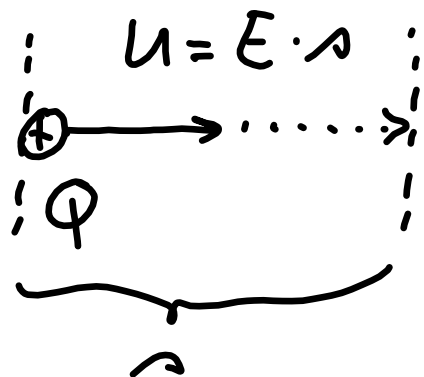


- umožní nastavit napětí
od nulové hodnoty

Emēna rēssabru amp. Volt-metru



Práce a energie el. proudu



$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$W = R \cdot I^2 \cdot t$$

$$W = \frac{U^2}{R} \cdot t$$

$$W = F \cdot s = Q \cdot E \cdot s = U \cdot Q$$

$$W = U \cdot Q$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$W = P \cdot t \quad P = U \cdot I$$

(Q ... elektrický náboj)

P_F: motor
medium

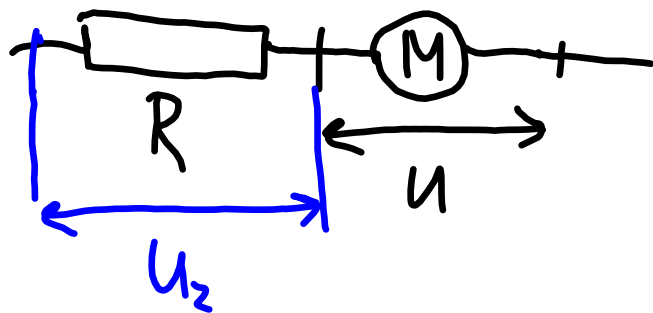
$$P = 1000 \text{ W}$$

$$R = 2 \Omega \quad (30 \text{ m Cu} \dots S = 0,26 \text{ mm}^2)$$

a) $U_1 = 230 \text{ V} \quad \dots P_2 = R I^2 = 37,8 \text{ W} \quad U_2 = 8,7 \text{ V}$

b) $U_1 = 12 \text{ V} \quad P_2 = 13,9 \text{ kW} \quad 167 \text{ V}$

c) $U_1 = 5000 \text{ V} \quad P_2 = 0,08 \text{ W} \quad 0,4 \text{ V}$



$$U_2 = R \cdot I = \overset{a)}{2 \cdot 4,35} = 8,7 \text{ V}$$

$$b) 2 \cdot 83,3 = 166,6 \text{ V}$$

$$c) 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ V}$$

Ke vodiči s odporom se el. energija
mění v (joulová) teplo

Jouleov-Lenzov zákon: $Q = U \cdot I \cdot t$

(Q ... množství tepla)

Polovodiče

mínij' elektrický odpor:

vodivé - Ag $10^{-6} \Omega m$ \odot NaCl $10^{-2} \Omega m$

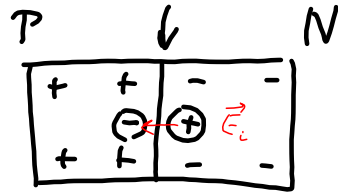
polovodiče 10^{-4} až $10^9 \Omega m$ \otimes

izolanty $10^6 - 10^{16} \Omega m$

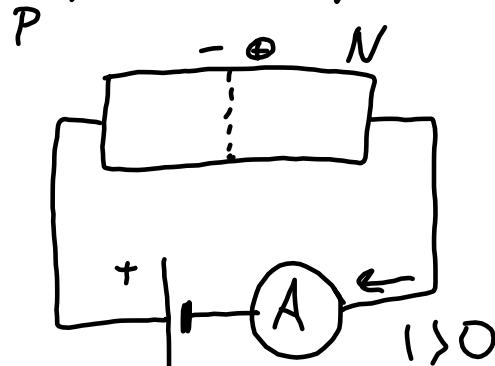
\otimes - el. vlastnosti polovodičů jsou výrazně závislé na teplotě, záření, obsahu příměsí
...

Diody z jier

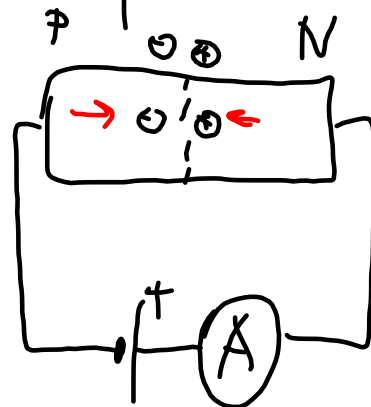
difuze na rozhrani:



E_i ... indukce el. pole na rozhrani
rozhrani se polarizuju - vznikne P-N přechod

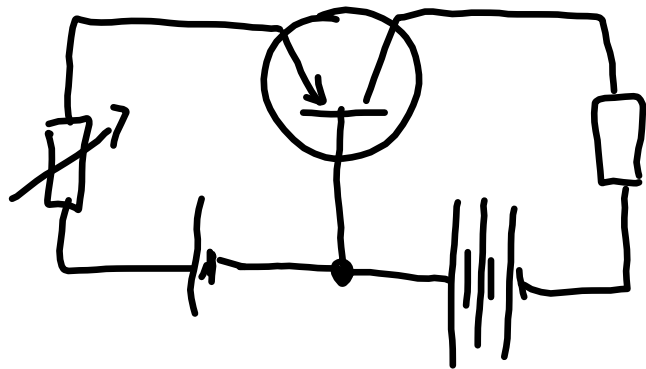
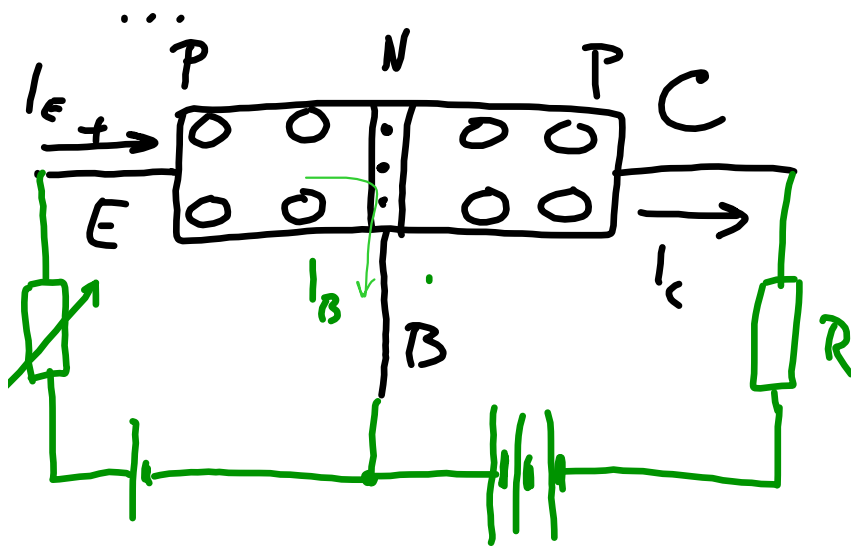


... propustný směr



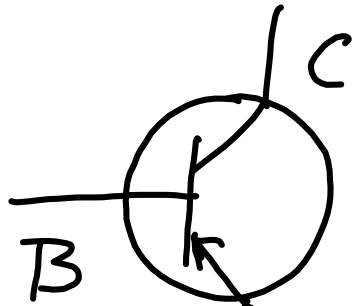
$I = 0$... záporný směr

Tranzistorový jér

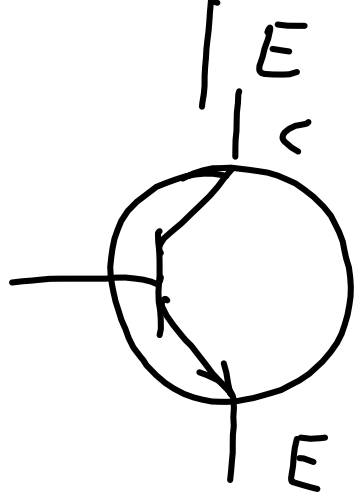


(zapojení se společnou bází)

E-B ... poprvé směr
(injektování)
díry jsou ovládané
přechodem B-C
vzniká emitorový
proud
- dáva počet ke
vzniku
kolektorového proudu

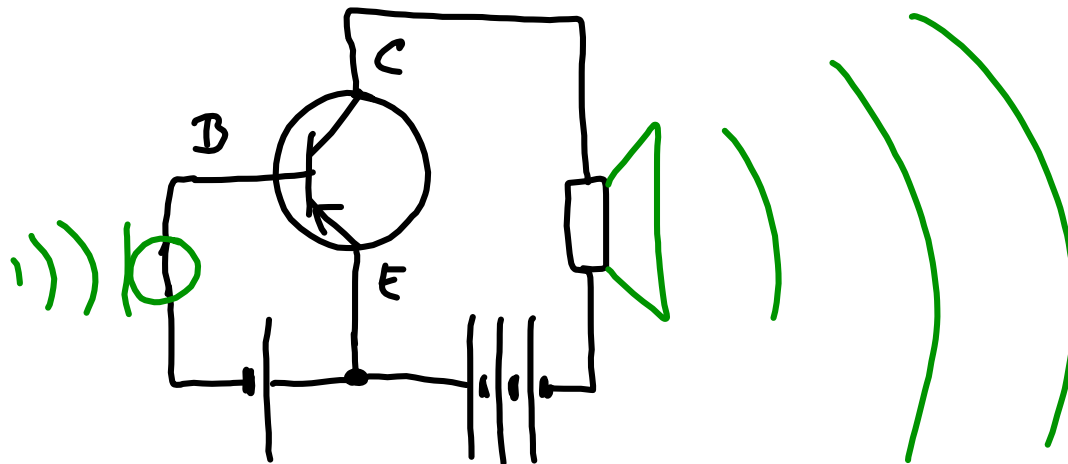




P-N-P transistor



NPN

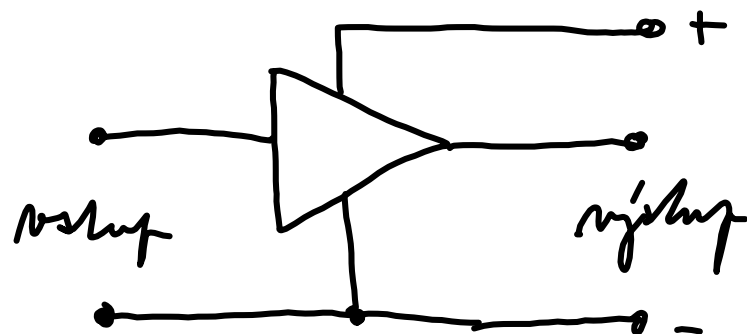
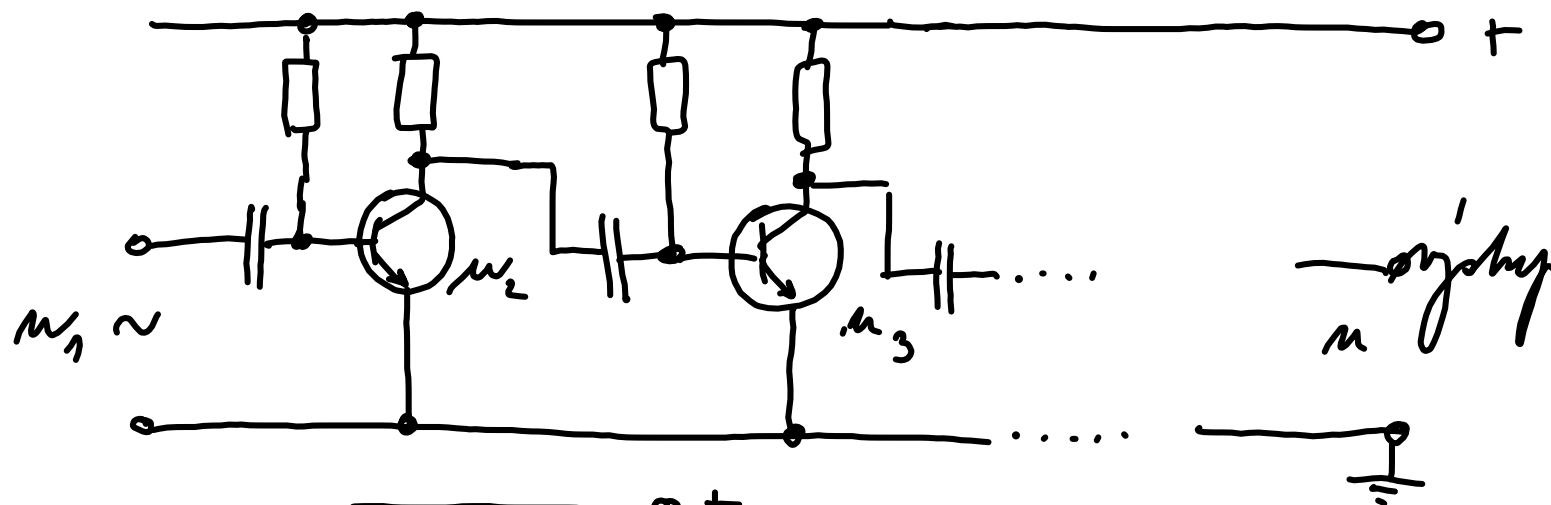
Prájejn'á spojén'á sunitoren
PNP



mikrofon () řídí proud
reproduktorem ()
- zesilovác.

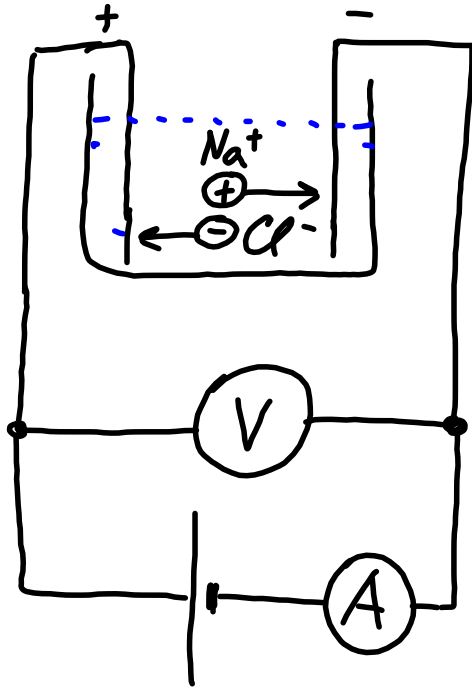
(zapojeni se spol. emitorom)

Tranzistorový zesilovač (vícestupňový)



Elektrický proud v kapalinách (elektrolytech)

opab. IV



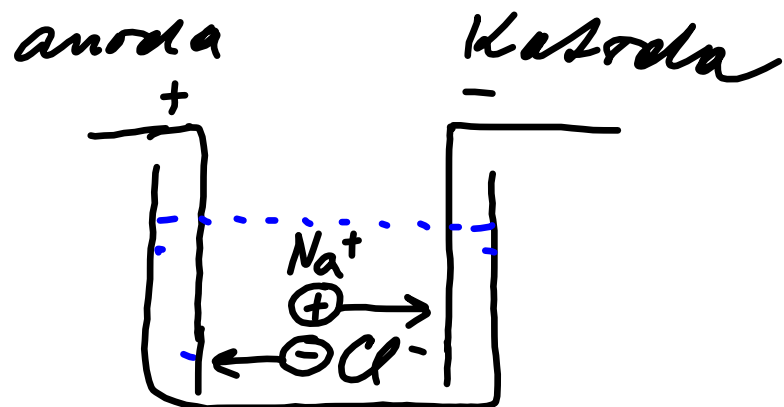
pitná voda: $I = 0,012 \text{ A}$

+ kuch. sůl: $I = 0,43 \text{ A}$

proud procházející roztokem
neprůhledný roztok
rozpuštěné soli

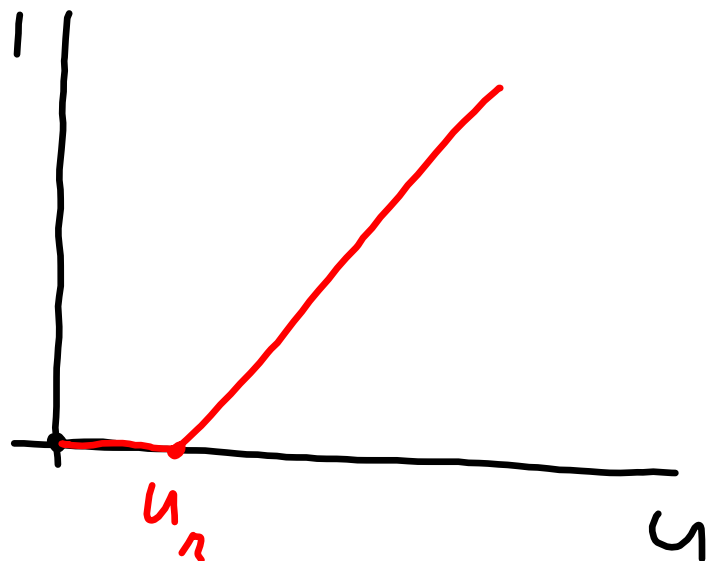


Pozn. - elektrický proud způsobí chemickou reakci;
 při odpojení vnějšího zdroje může
 reakce probíhat i opačně a může
 být zdrojem elektrického proudu.



Kladní ionty ... kationty
 Záporní ionty ... anionty
 Elektrolytická disociace - vznik iontů
 roztokem rozpustění látky
 Elektrolyt - vodivá kapalina - roztok
 nebo kapalina

Závislost proudu na napětí (u různých
částech řízení)



rozhlednutí map.

odpov. s rostoucí teplotou
klesá

Faradayov zákon elektrolýzy

1. Faradayin zákon

$$m_{Cu} \sim \Delta A$$

$$\sim I$$

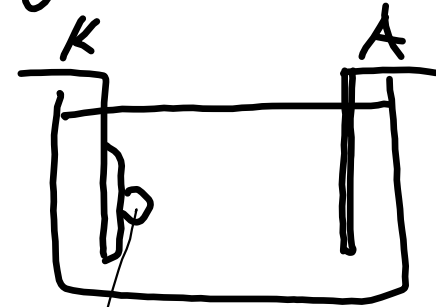
$$m = A \cdot I \cdot \Delta t$$

A ... elektrochemický
ekvivalent

$$m = A \cdot Q$$

$$A = \frac{m}{Q}$$

Hmotnosť látky ...



$Cu^{2+} + 2e$
 m_{Cu} ... hmotnosť
 medi vyvolanej pri
 elektrolýze
 (obrovčie ... m)
 Q ... prúdomový náboj

2. Faradayin rēģons

Hmētneohi puvēn ... (sk 115)

$$\frac{m}{Q} = \frac{m_0}{\nu \cdot e}$$

m ... hmētneohi rēģonā

m_0 ... hmētneohi ionu

ν ... moenstro

e ... elementārni rēģon

M_m ... molārni hmētneohi

N_A ... Avogadro konstante

$$\frac{m}{Q} = \frac{m_0}{\nu \cdot e} = \frac{N_A \cdot m_0}{N_A \cdot \nu \cdot e} = \frac{M_m}{\nu \cdot F}$$

$$\frac{m}{Q} = \frac{M_m}{\nu \cdot F}$$

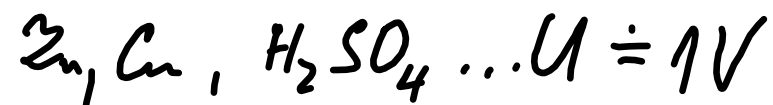
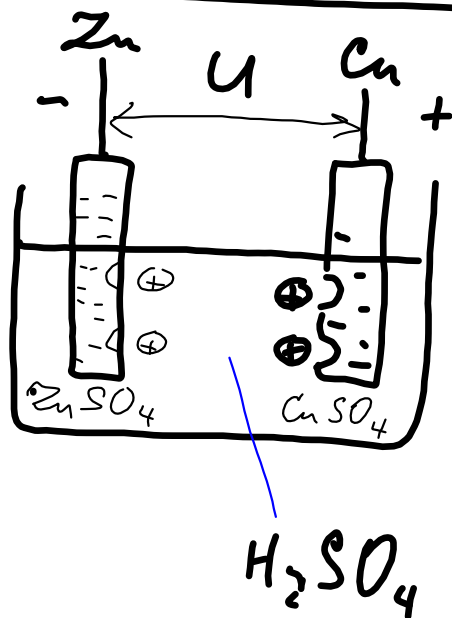
$$F = 9,64870 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

... Faradayora konstanta

Dū rēģon sk 116 . 14/12

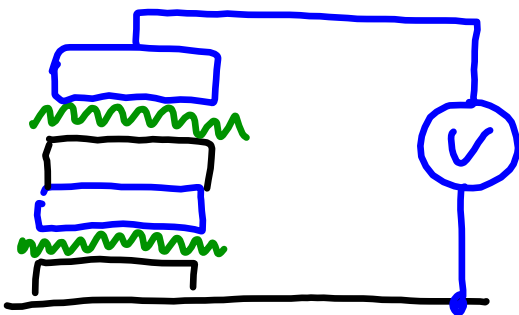
Galv. články
:

Nolsin článok



Oliverij' akumulatoz (via nēib.)

Vollur slouf



.grīsti - rē. Pb-aku.
21 | 12 | 16

Kapacita akumulátoru

- jmenovitá nabíječka

($Q = I \cdot t \dots$) jednotka Ah ampérhodina
mAh

Př: $I = ?$

$$P = 6 \text{ W}$$

$$Q = 45 \text{ Ah}$$

$$U = 12 \text{ V}$$

$$P = 6 \text{ W} \Rightarrow I = \frac{P}{U} = 0,5 \text{ A}$$

(12 V)

$$\underline{I = 90 \text{ h}}$$

$$I \cdot t = Q$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{45}{0,5} = 90 \text{ A}$$

jak dlouho může být
startér, který odeberá 9 DA?

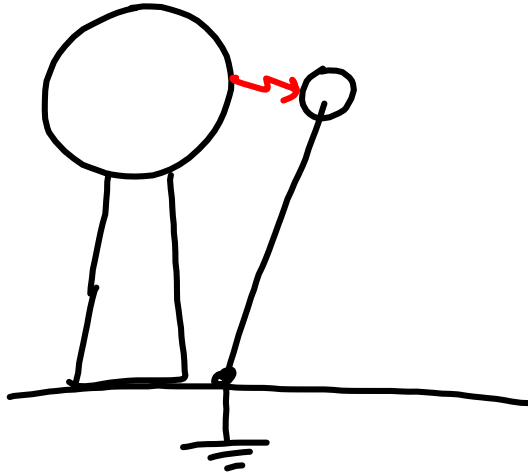
$$I \cdot t = 45 \text{ Ah}$$

$$I = 0,5 \text{ A}$$

— opat. el. proud v plynech musí být gymn.

Elektrický proud v plynech

- nosiče náboje - ionty
- elektrony



- ionizace - oddílení elektronů z atomu

- radace - srážkami molekul

- srážení

- vyhledávání iontů

- kombinace iontů

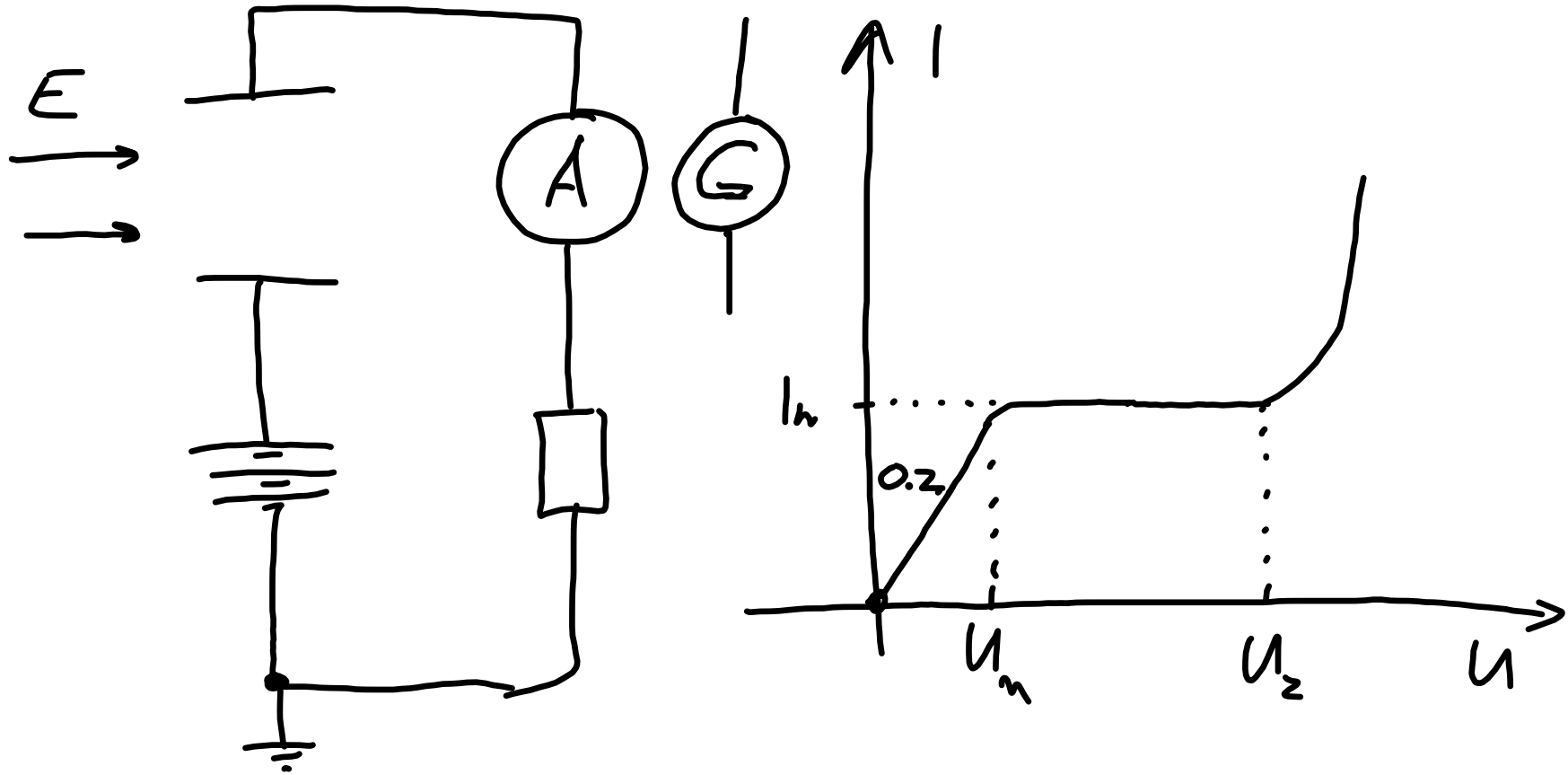
nesamosťatny' vy'boj v zlyznu

- prond prochašči' pouze sa
zú'komnosti i niza'itom

samosťatny' vy'boj

- prond j' vedu i po odstrani-
ní i niza'itom

Voltampérová charakteristika výboje

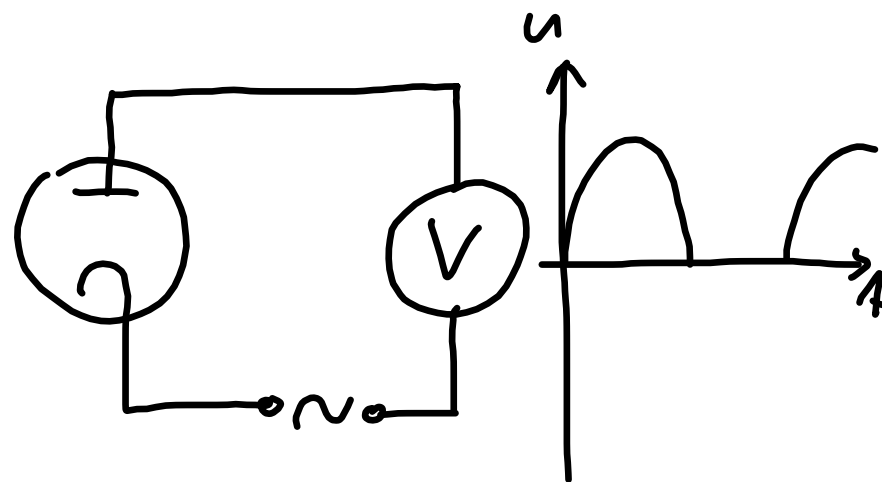
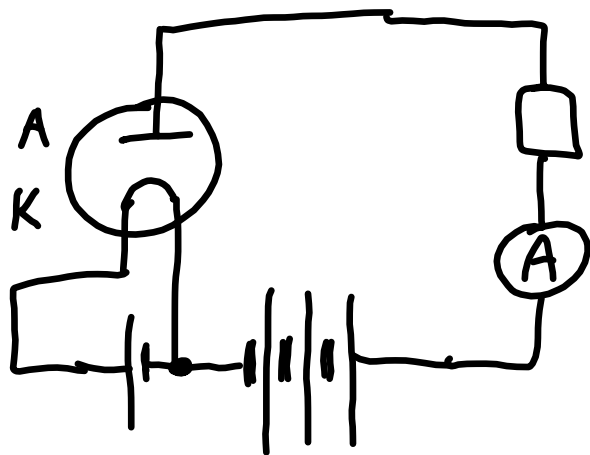


D_n - výboje na plyn - výčít + popis

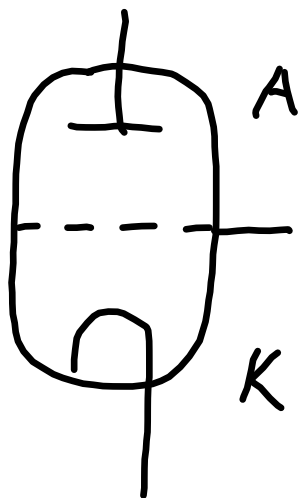
Elektrony d. proud ve vákuu

Průběhové elektronu (elektronový "mez" nad porchem elektrony)

Dioda - elektrona se dvěma elektrod.

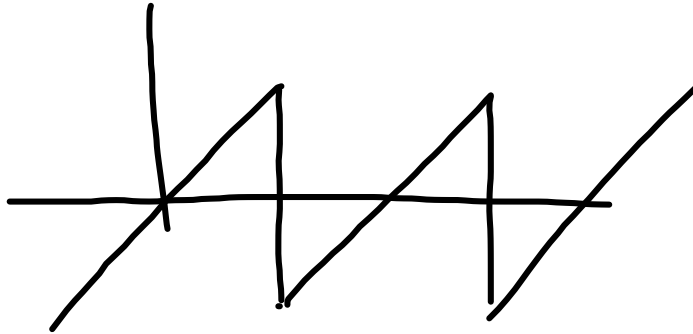
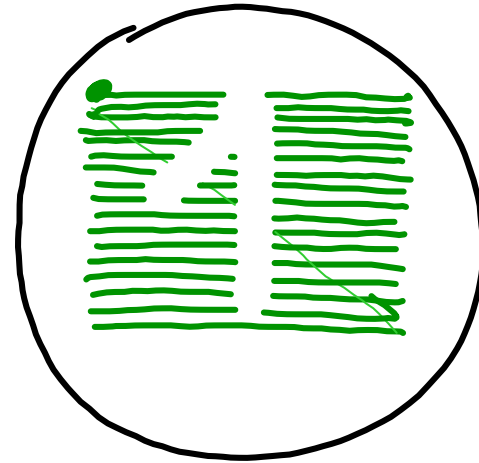
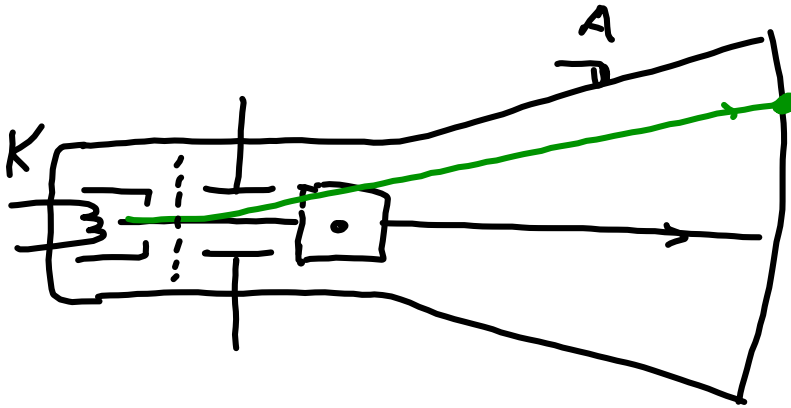


Trioda - trielektrody - posilovač



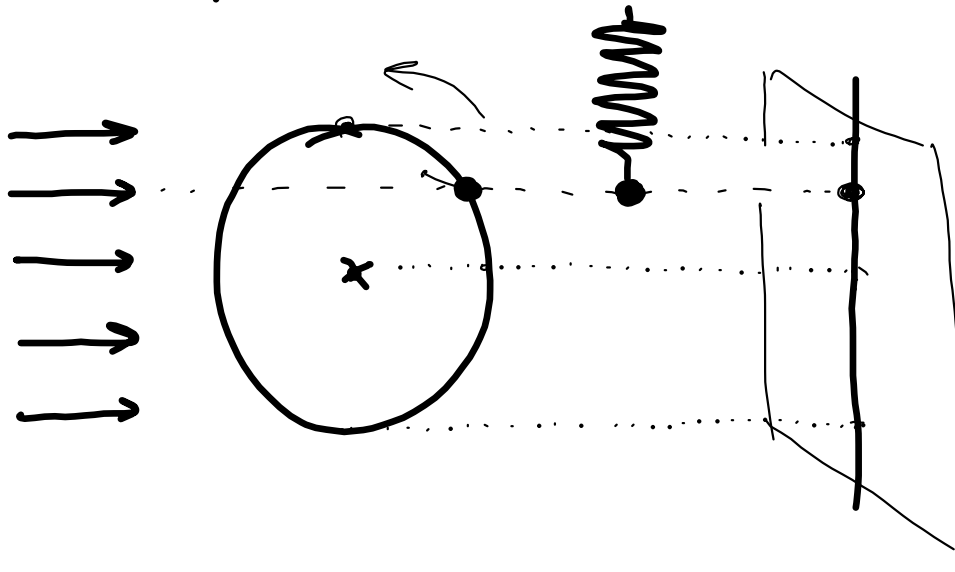
uvěšena (růdní napětí pro
anodový proud)

Obrazovka

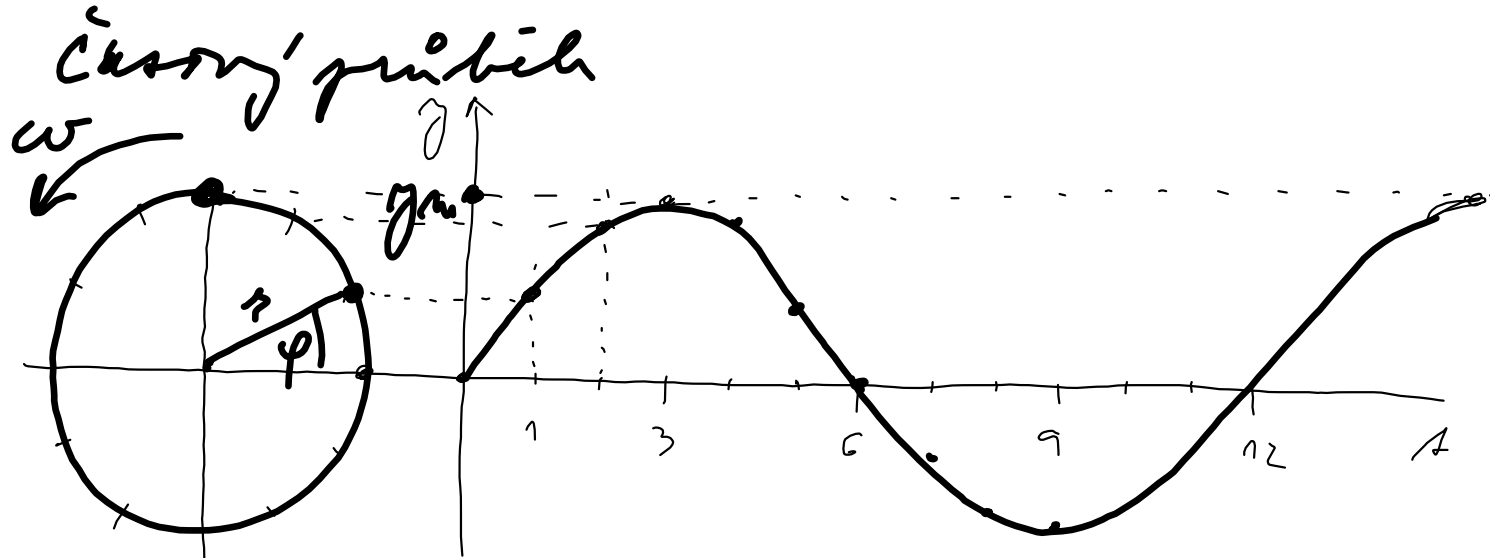


Harmonický oscilátor

- kmitá šířně, jako příměť rovnoměrného pohybu hmotného bodu po kružnici do příslušného směru.



- kmitání pohybu
obou šířně



$$z = r \cdot \sin \varphi$$

$r = y_m \dots$ amplituda

$\varphi \dots$ fáze kmib. pohybu

$\omega \dots$ úhlová frekvence

$$\underline{z = y_m \sin \omega t}$$

rovnice pro rychlosti
harmonického oscilátoru
(s nulovou počáteční fází
- v čase $t = 0$ je $\varphi = 0$)

Kinematika Simpel Harmonis

$$y = y_m \cdot \sin \omega t$$

$$v = \omega \cdot y_m \cdot \cos \omega t$$

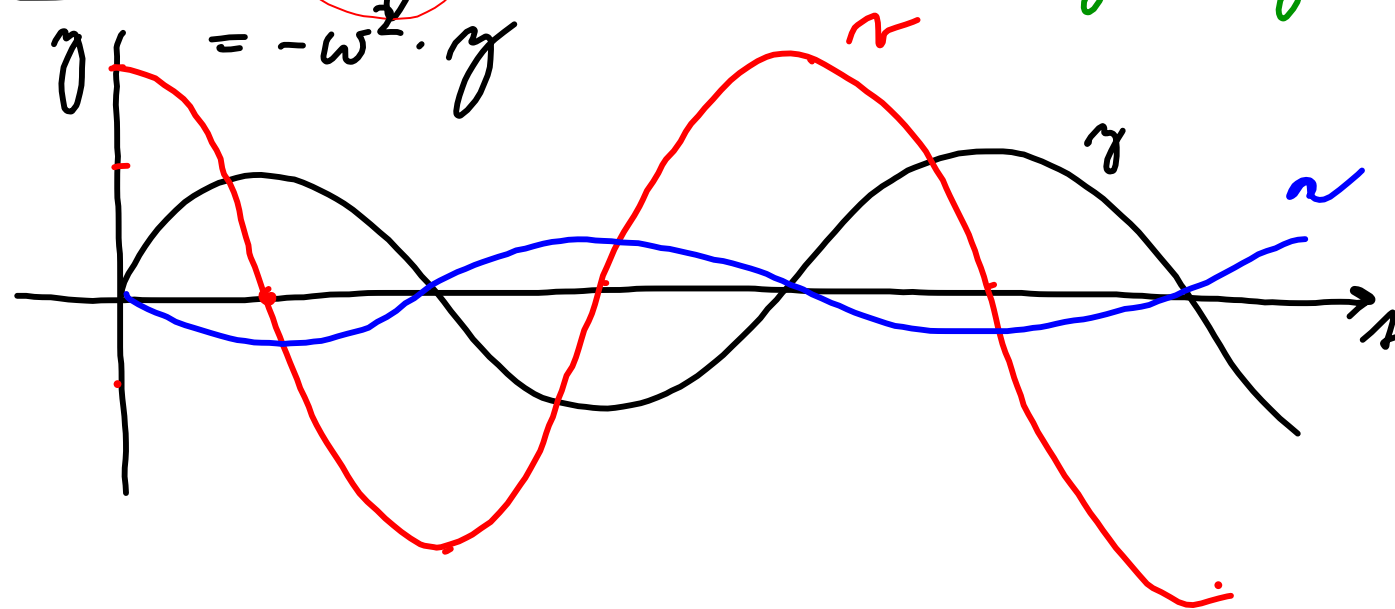
$$a = -\omega^2 y_m \cdot \sin \omega t$$

$$v = \frac{dy}{dt} = y'$$

$$v = y' = y_m \cdot (\cos \omega t) \cdot \omega$$

$$y' = \omega y_m \cdot \cos \omega t$$

$$a = v' = y'' = -\omega^2 y_m \cdot \sin \omega t$$



Pr: $y, v, a = ?$

a) $A = 0,1 \text{ s}$

$y_m = 0,2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ $y = 0 \text{ mm}$

$f = 435 \text{ Hz}$

$v = v_0 = \omega y_m = 2\pi f \cdot y_m =$

$= 870 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 10^{-4} =$

$= 0,547 \text{ m/s}$

b) $A = 0,15 \text{ s}$

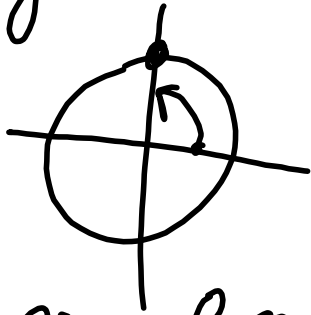
:

$\sin(\omega t)$

$\sin(2 \cdot \pi \cdot 435 \cdot 0,15)$

$a = 0 \text{ m/s}^2$

$y = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(1305\pi) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sin\frac{\pi}{2} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$



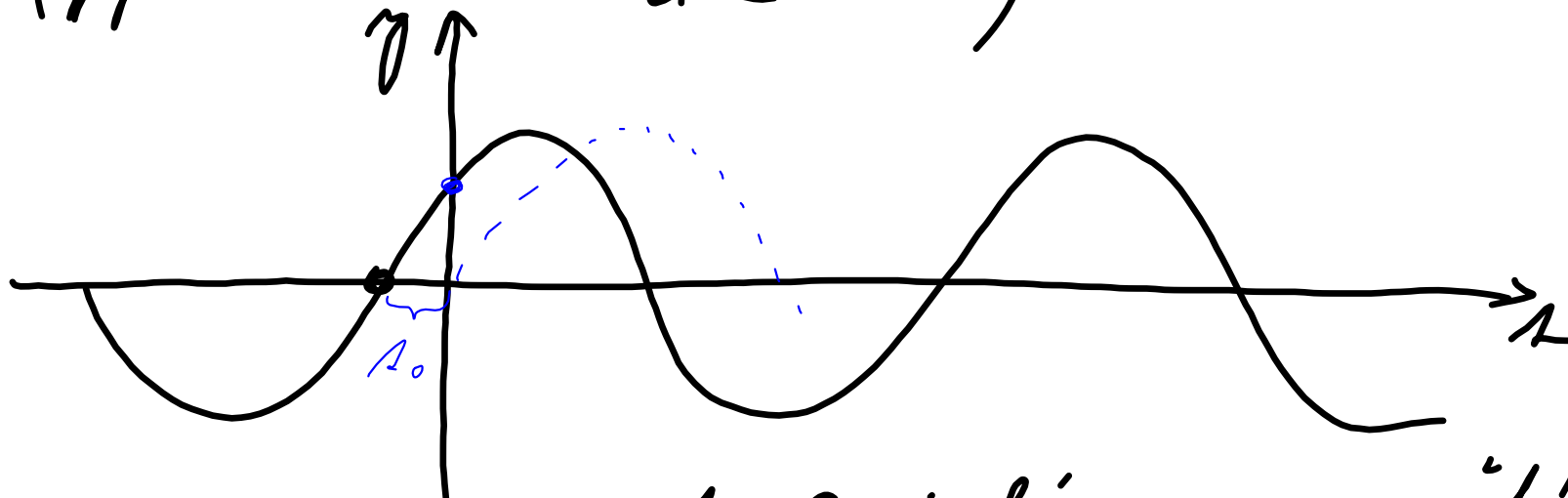
$v = 0 \text{ m/s}$

$a = a_0 = \omega^2 y_m = (2\pi f)^2 y_m = 870^2 \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 1494 \text{ m/s}^2$

:

d) A h 10 min $12,155 \text{ s}$ **Dü**

Fáze sinus. pohyb
 ("posunutí měřicí času")



v čase $t=0$ je fáze φ_0 ... počátek

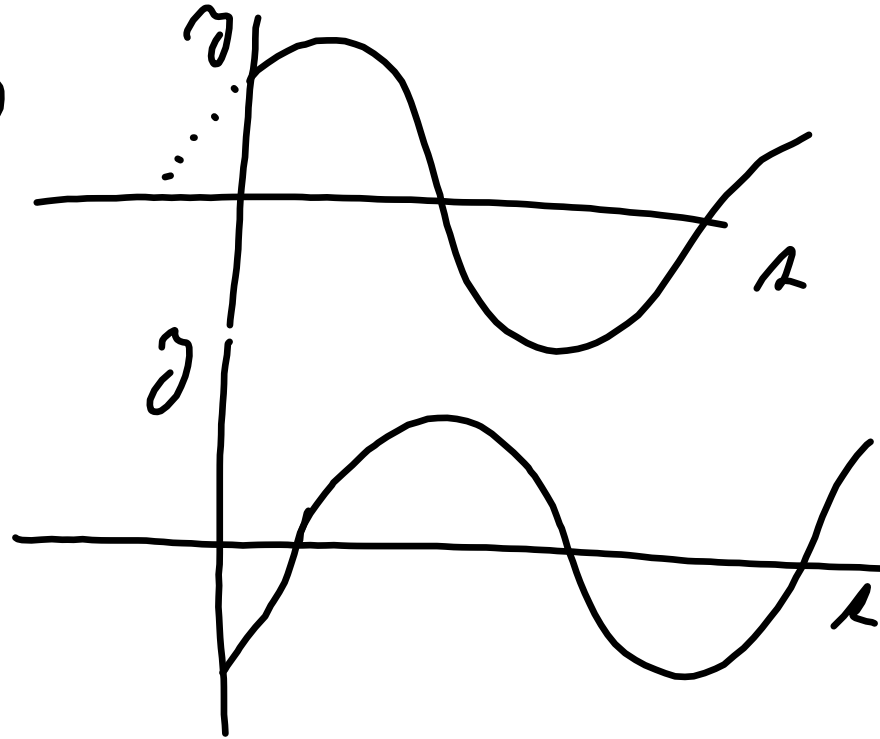
$$y = y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \quad [y = y_m \cdot \sin(\omega \cdot (t + t_0))]$$

$$\varphi_0 = \omega \cdot t_0$$

$$g = g_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\varphi_0 > 0$$

$$\varphi_0 < 0$$



Pf: $y_m = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$ $\varphi_0 = ?$ $D \dot{u} \frac{1}{2} \sqrt{17}$
 $f = 10 \text{ Hz}$
 $y(0,5) = 0,5 \text{ cm}$ ($\lambda = 0,5 \text{ m}$)

$$y = y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

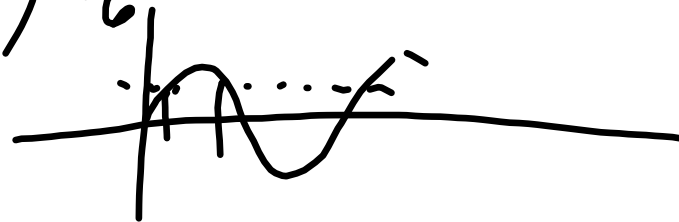
$$0,5 = 1 \cdot \sin(2\pi \cdot 10 \cdot \lambda + \varphi_0)$$

$$0,5 = \sin(2\pi \cdot 10 \cdot 0,5 + \varphi_0)$$

$$0,5 = \sin(10\pi + \varphi_0) \quad (= \sin \varphi_0)$$

$$0,5 = \sin \varphi_0$$

$$\varphi_0 = \arcsin 0,5 = (30^\circ) = \frac{\pi}{6}$$

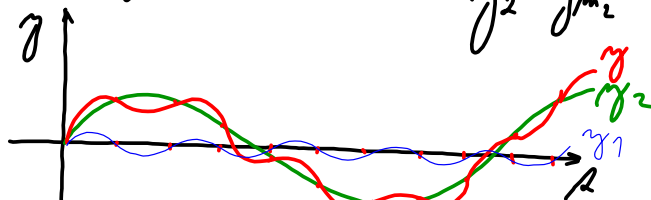


Složení kmitů

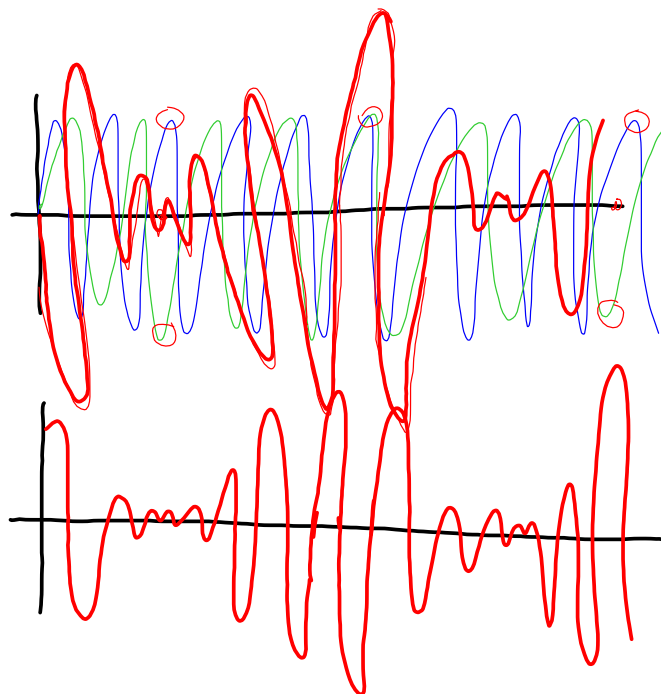
$$y = y_1 + y_2$$

$$y_1 = y_{m1} \sin(\omega_1 t + \varphi_{01})$$

$$y_2 = y_{m2} \sin(\omega_2 t + \varphi_{02})$$

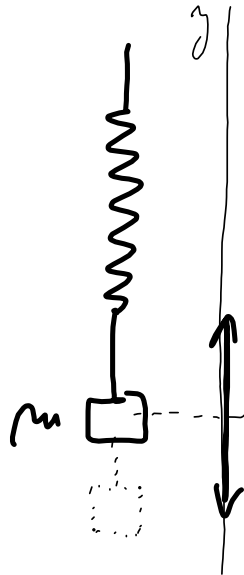


Rázy ... vznikají složením kmitů blízkých frekvencí



Dynamika harmonického oscilátoru

Kmitání tělesa na pružině



$$* F = -k y \quad \dots k - \text{je tuhost pružiny}$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = m \cdot (-\omega^2 y)$$

$$* F = -m \omega^2 y$$

... všechna tělesa, která se deformují podle Hookova zákona mohou kmitat pružinami

$$-k \cdot y = -m \omega^2 y$$

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

$$(2\pi f)^2 = \frac{k}{m}$$

$$2\pi f = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

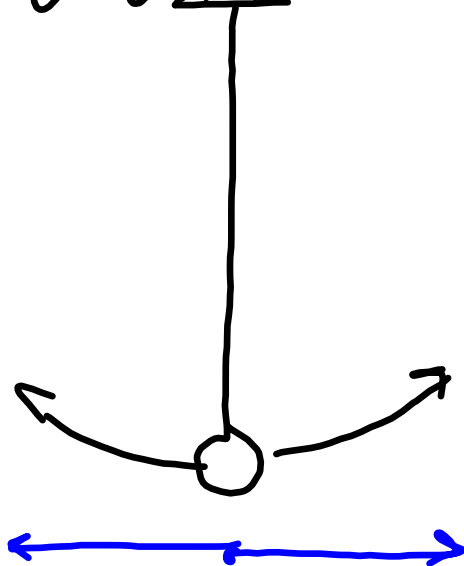
$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

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

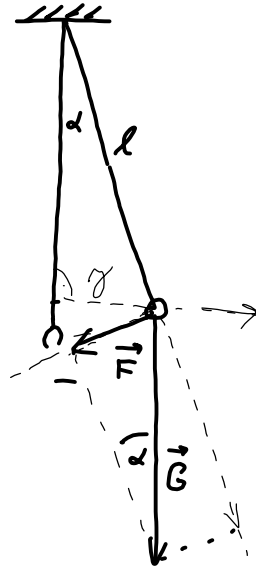
... je nezávislá na amplitudě výchylky

Matematicki' gradlo

- gradlo se ponedbaleuou hnostnosti' sa'nisu a ponedbaleuou ptemi' sa'ra'i, keri kmita' smalon n'chylkon



Perioda matematického kyvadla
(pro malou výchylku α)



$$F = -mg \sin \alpha$$

$$F = -mg \frac{x}{l}$$

$$F = -m \cdot a$$

$$F = m \cdot (-\omega^2 x)$$

$$* F = -m\omega^2 x$$

... pro malé
úhly α $\sin \alpha \approx \alpha$
síla proti výchylce (můžeme ji
porovnat s roztahovací
- kyvadlo kmitá harmonicky

$$-mg \frac{x}{l} = -m\omega^2 x$$

$$\omega^2 = \frac{g}{l}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$2\pi f = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

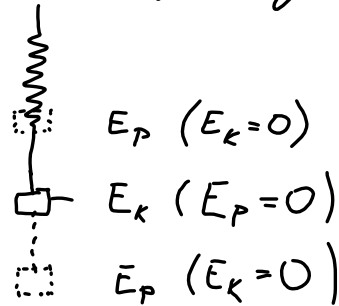
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

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

pro malé výchylky je perioda na výchylce
nezávislá, kyvadlo je vhodné pro
měření času.

Matematika' Iyradlo
:

Prüfung energie harmon. oscillator



$$E = E_k + E_p$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_p = ?$$

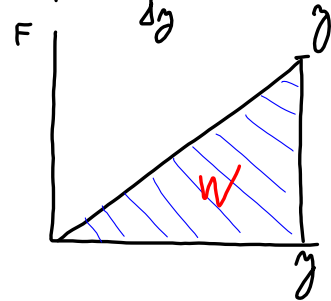
$$F = k \cdot y \quad (\text{Hooke's law})$$



$$E_p = W = F \cdot s$$

$$\Delta W = F \cdot \Delta y$$

$$W = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \dots$$



$$(s = \frac{a \cdot n}{2})$$

$$W = \frac{y}{2} \cdot F = \frac{1}{2} y \cdot k \cdot y =$$

$$= \frac{1}{2} k \cdot y^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} k y^2$$

$$E = E_k + E_p$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$E_p = \frac{1}{2} k y^2$$

$$E = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k y^2$$

Pr: Vypočítejte energii oscilátoru a max. rychlost, je-li amplituda 5 cm a tuhost pružiny 4 N/m.

$$y_m = 0,05 \text{ m}$$

$$k = 4 \text{ N/m}$$

$$\text{pro } y = y_m \Rightarrow E = E_p \quad (E_k = 0)$$

$$E = \frac{1}{2} k y_m^2 = \frac{1}{2} 4 \cdot 0,05^2 = 0,005 \text{ J}$$

Dále přečtěte v_m pro hmotnost oscilátoru 0,1 kg.

$$E_{p \max} = E_{k \max}$$

$$\frac{1}{2} k y_m^2 = \frac{1}{2} m v_m^2$$

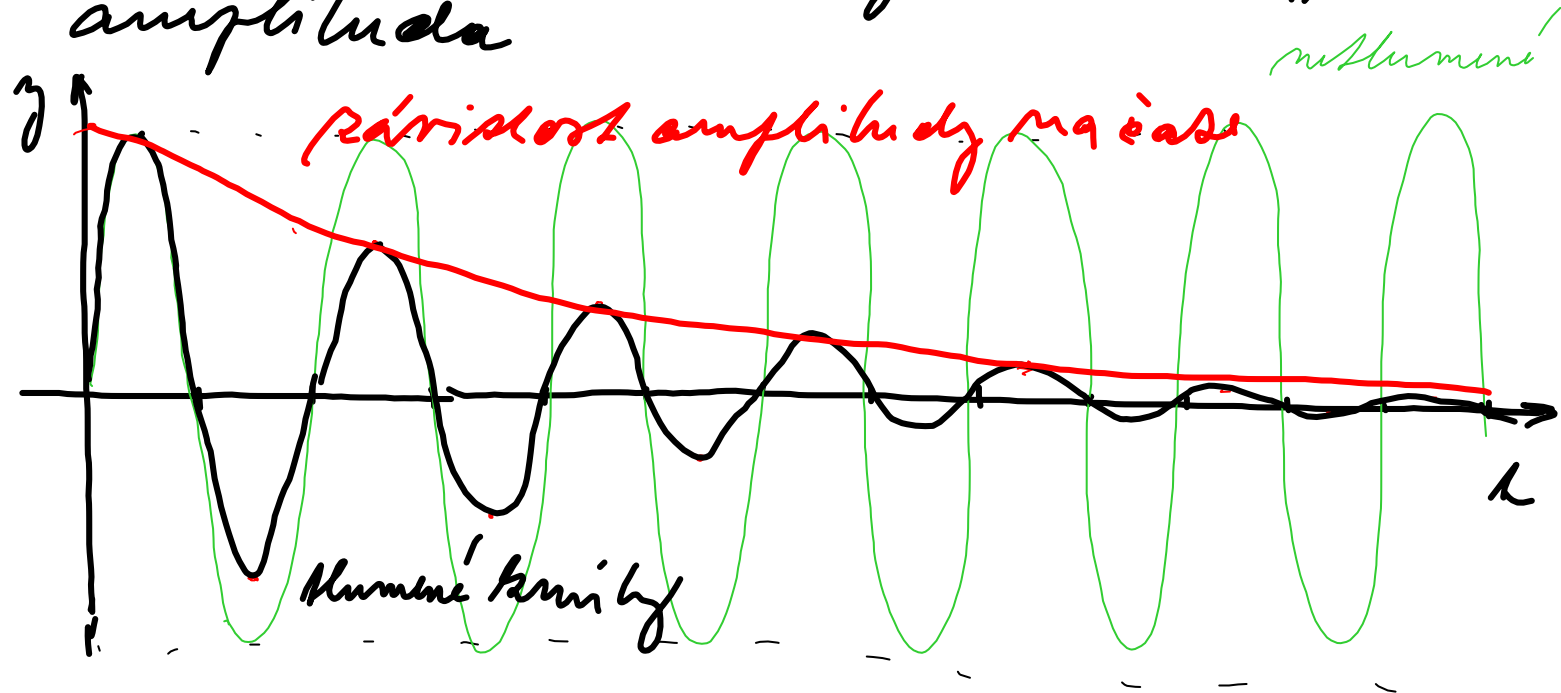
$$v_m^2 = \frac{k y_m^2}{m}$$

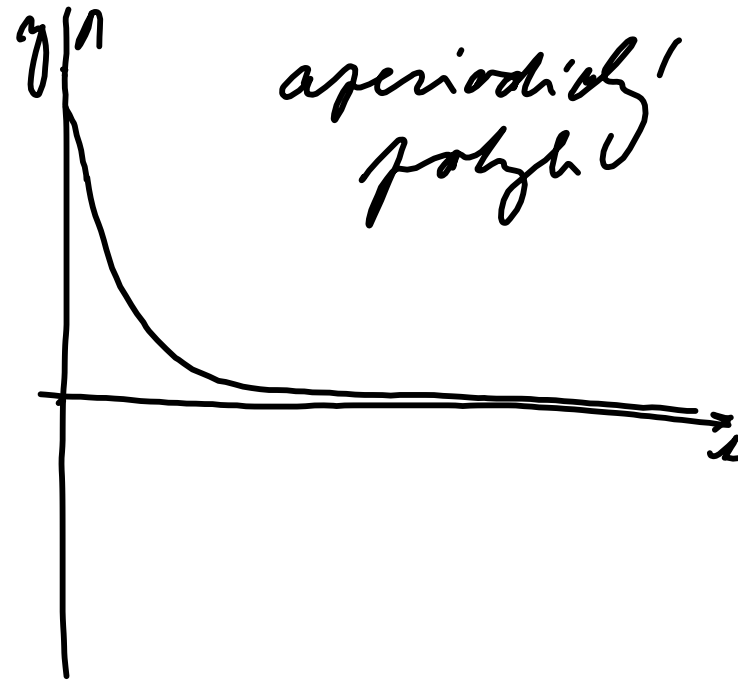
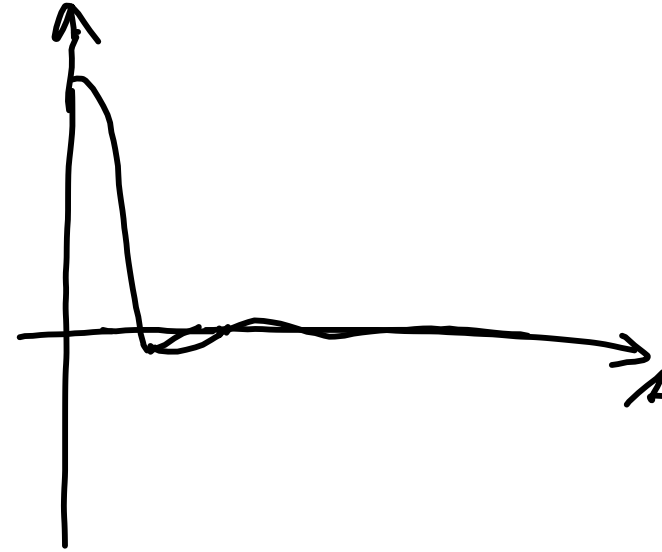
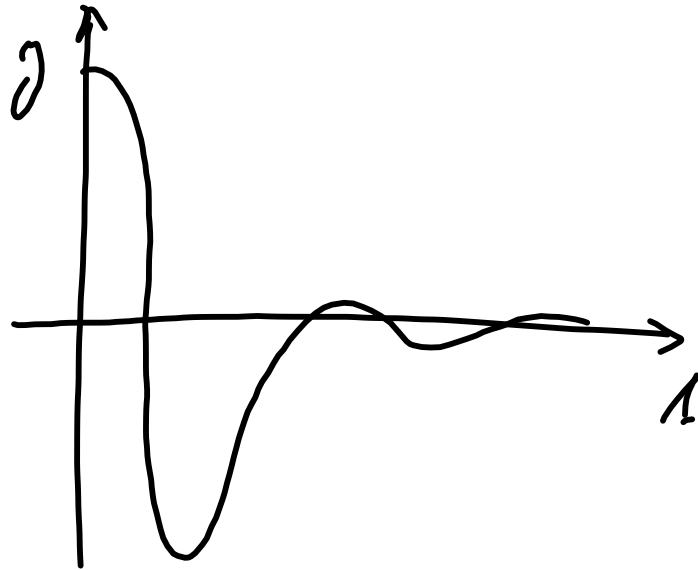
$$v_m = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot y_m = \sqrt{\frac{4}{0,1}} \cdot 0,05 = \underline{\underline{0,316 \text{ m/s}}}$$

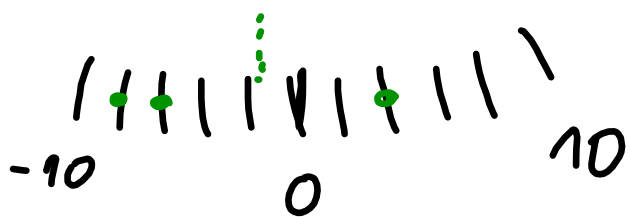
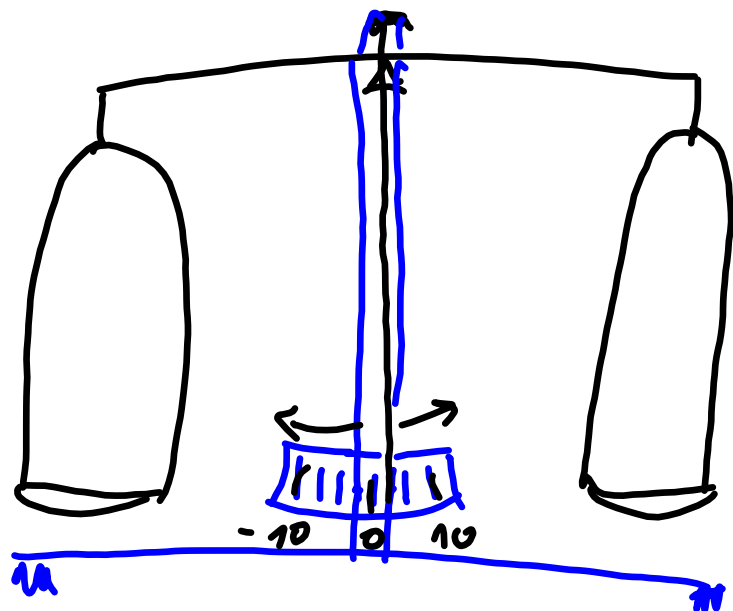
Těžiště max pružiny dosáhne max. rychlost asi 0,32 m/s.

tlumení kmitů

- v důsledku odporu prostředí
oscilátor ztrácí energii a klesá jeho
amplituda



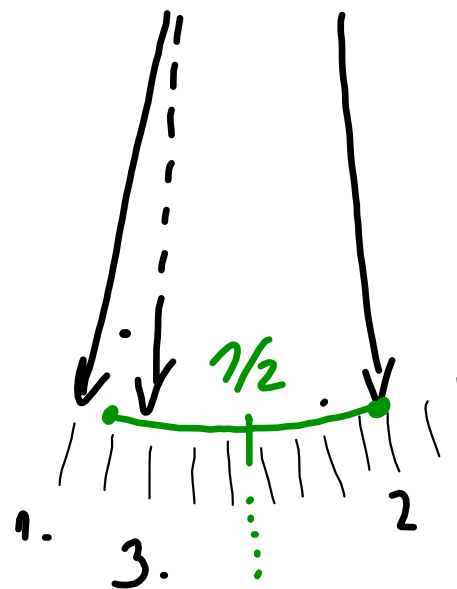




$$\left. \begin{array}{l} 1. \quad -8 \\ 2. \quad 4 \\ 3. \quad -6 \end{array} \right\} \Rightarrow -1,5$$

metrumeni' v a'ly

3 lyng



rovnom. polohek

$$PF: 4/34$$

$$l = 1 \text{ m}$$

$$g' = \frac{g}{6}$$

$$l' = 2 \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\sqrt{\frac{9,81}{1}} = \sqrt{\frac{9,81}{6}}$$

$$9,81 = \frac{9,81 l'}{6 l'}$$

$$9,81 \cdot 6 l' = 9,81$$

$$l' = 0,167 \text{ m}$$

$$y = y_m \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$v = \omega y_m \cos(\omega t + \phi_0)$$

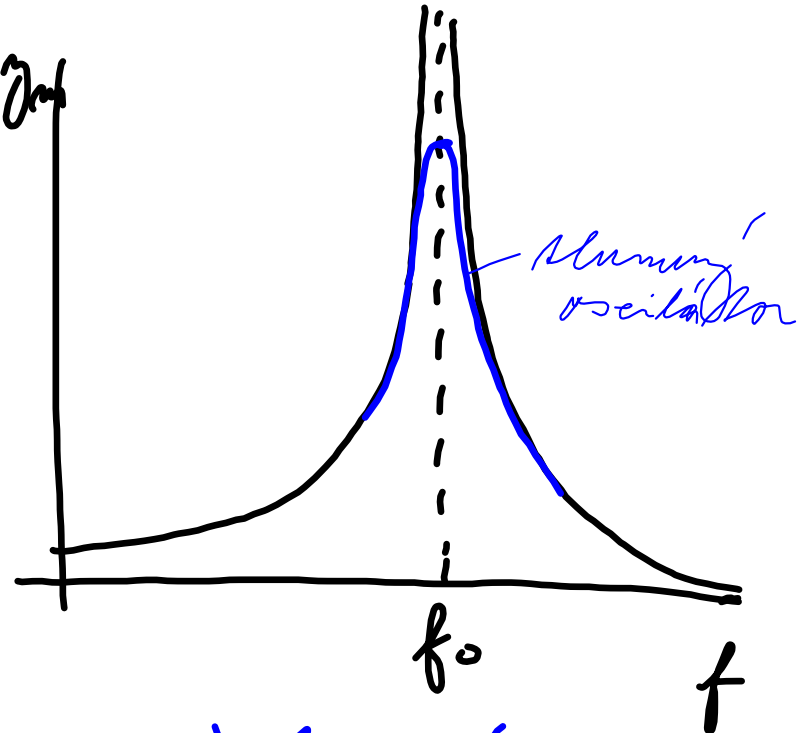
$$a = -\omega^2 y_m \sin(\omega t + \phi_0)$$

Amplifikácia, rezonance

⋮

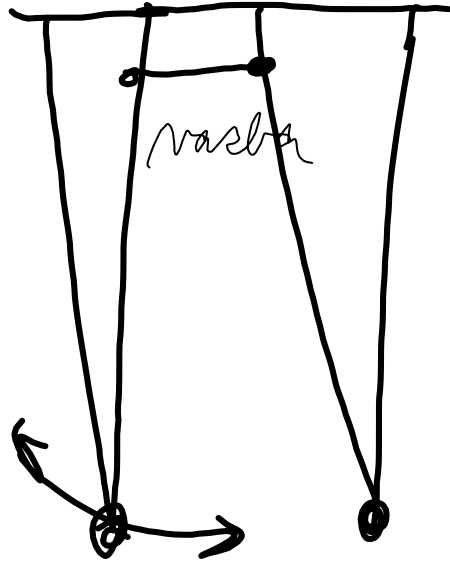


vyznačujúci kmity \dot{y}



pozn. - kritické osičky (motor), kritická mosti, vysokých budov.

Spřažená kyvadla



+ vidět

... dochází k přelivání
energií

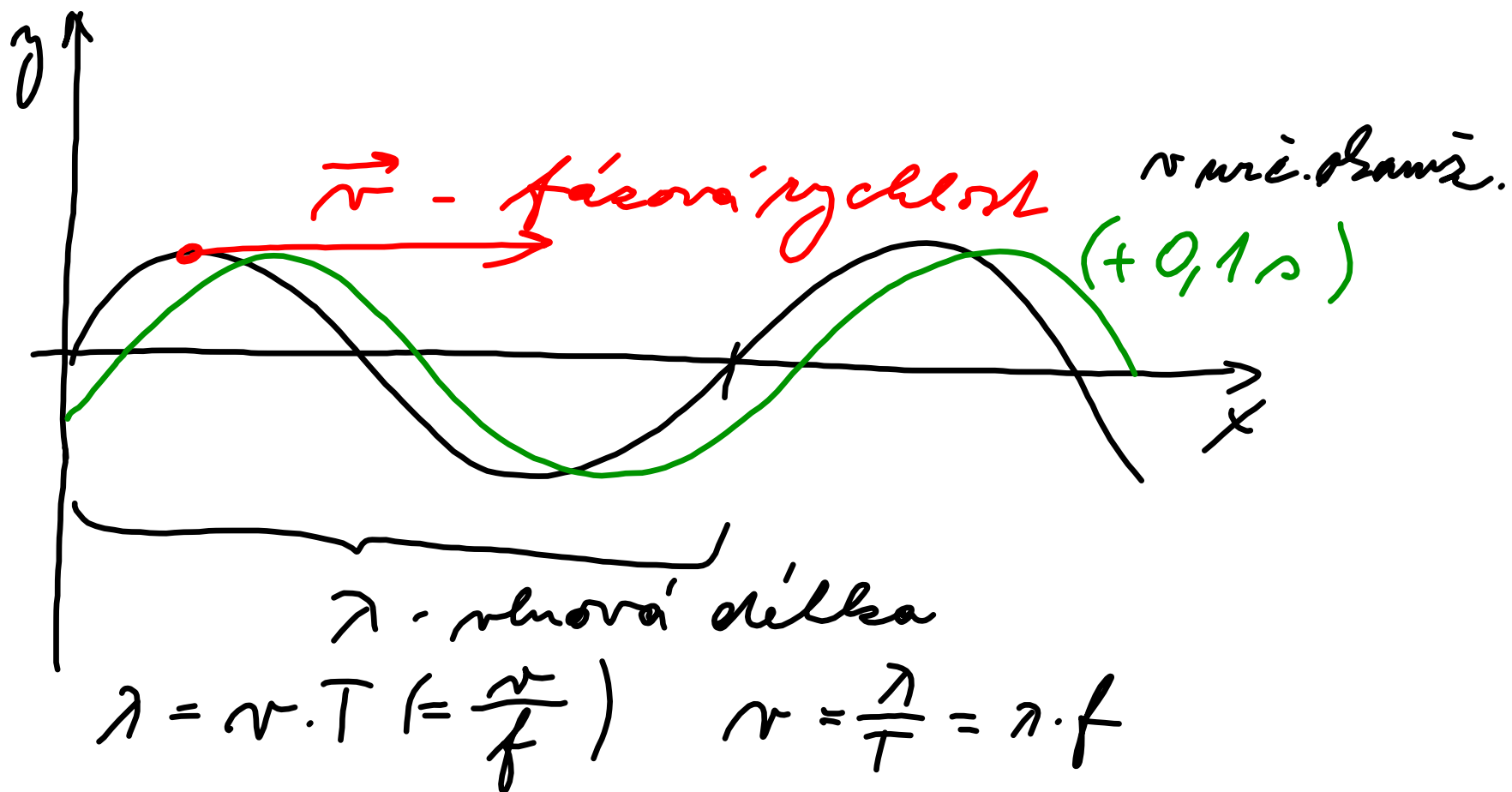
První kyvadlo je rozkmitané,
druhé na počátku v klidu,
po čase se amplituda
prvního sníží (až na 0)
a druhého zvýší a děj
se (opačně) opakuje.

Vlnění - dižna řada nářaz'ek
oscilátorů

- viděpodobný

postupné vlnění - přičení (osc. kmitají
kolmo na směr
šířeni vlnění)

- podélné (- || - podél směr
šířeni vlnění)

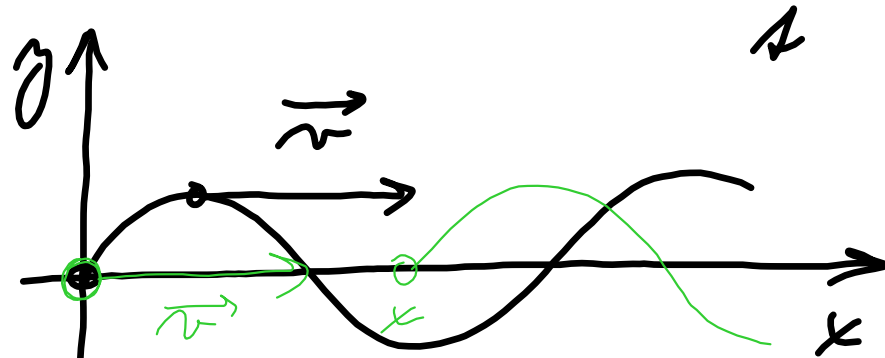


Vlnová rovnice

$x=0$: $y = y_m \cdot \sin \omega t$
 ve vzdálenosti x od
 počátku:

$$y = y_m \cdot \sin \left(\omega \cdot \left(t - \frac{x}{v} \right) \right)$$

\Rightarrow doba $\Delta t = \frac{x}{v}$



$$y = y_m \cdot \sin \left(2\pi f \left(t - \frac{x}{v} \right) \right)$$

↑
vzdálení (oscilátoru ve vzdálen. x)

$$y = y_m \cdot \sin \left(2\pi \left(t \cdot f - \frac{x \cdot f}{v} \right) \right)$$

$$y = y_m \cdot \sin \left(2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{v \cdot T} \right) \right)$$

$$y = y_m \cdot \sin \left(2\pi \cdot \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right)$$

Př: napiš rovnici, amplitudu:

$$y_m = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m} \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} \text{ s} = 0,02 \text{ s}$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\lambda = v \cdot T = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ m}$$

$$y = y_m \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y = 0,1 \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{0,02} - \frac{x}{0,2} \right) \quad \text{m}$$

$$y = 0,1 \cdot \sin 2\pi (50t - 5x)$$

$$\frac{t}{0,02} = \frac{t}{\frac{1}{50}} = 50t$$

$$\frac{x}{0,2} = \frac{x}{\frac{2}{10}} = x \cdot \frac{10}{2} = 5x$$

Př: Máme y_m, v, T, λ vlnění o rovnici:

$$y = \frac{\sin 2\pi \left(\frac{t}{3} - \frac{x}{4} \right)}{2} \text{ m}$$

$$y = 0,5 \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{3} - \frac{x}{4} \right) \text{ m} \Rightarrow y_m = 0,5 \text{ m}$$

$$y = y_m \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$T = 3 \text{ s}$$

$$\lambda = 4 \text{ m}$$

$$v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{3} \text{ m/s}$$

Dů

Př.: Řada oscilátorů má rychlost popsánu rovnicí $v = \cos(t-x)$ m/s. Určete zrychlení oscilátoru vzdáleného 1 m od počátku vlnění v čase 1,11 s. Jaká síla na oscilátor v tomto okamžiku působí, jestliže má hmotnost 1g? Jakou má celkovou energii?

$$\begin{aligned} \text{pozn. } y &= y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \\ v &= \omega y_m \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \\ a &= -\omega^2 y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots \end{aligned}$$

Př.: Řada oscilátorů má rychlost popsánu rovnicí $v = \cos(t-x)$ m/s. Určete zrychlení oscilátoru vzdáleného 1 m od počátku vlnění v čase 1,11 s. Jaká síla na oscilátor v tomto okamžiku působí, jestliže má hmotnost 1g? Jakou má celkovou energii?

$$a(1,11; 1) = ?$$

$$a = -\omega^2 y_m \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$v = \omega y_m \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \dots \cos(\omega t - \frac{x}{v})$$

$$v = 1 \cdot \cos(\lambda - x)$$

$$2\pi \frac{\lambda}{T} = \lambda \quad | : \lambda$$

$$\frac{2\pi}{T} = 1$$

$$\frac{1}{T} = 2\pi \nu \Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \text{ Hz} \Rightarrow \omega = 2\pi f = 1 \text{ s}^{-1}$$

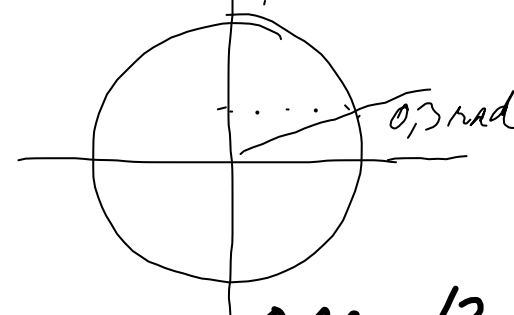
$$\omega y_m = 1$$

$$1 \cdot y_m = 1$$

$$\underline{y_m = 1 \text{ m}}$$

$$a = -1^2 \cdot 1 \cdot \sin(\lambda - x)$$

$$a(1,11; 1) = -\sin(1,11 - 1) = -\sin 0,11 = -0,11 \text{ m/s}^2$$



Př: Máte rychlost oscilátoru v čase $t=40\text{s}$
 ve vzdálenosti $x=5\text{m}$ (od počátku vlnění)
 pro vlnění popsané rovnicí

$$y = 2 \sin(\pi t - 10\pi x) \text{ m}$$

$$y = 2 \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad \left(\frac{2\pi}{T} = \pi \Rightarrow T = 2 \text{ s} \right)$$

$$v = \omega y_m \cdot \cos 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad \omega = \pi \text{ s}^{-1} \quad f = \frac{1}{2} \text{ Hz}$$

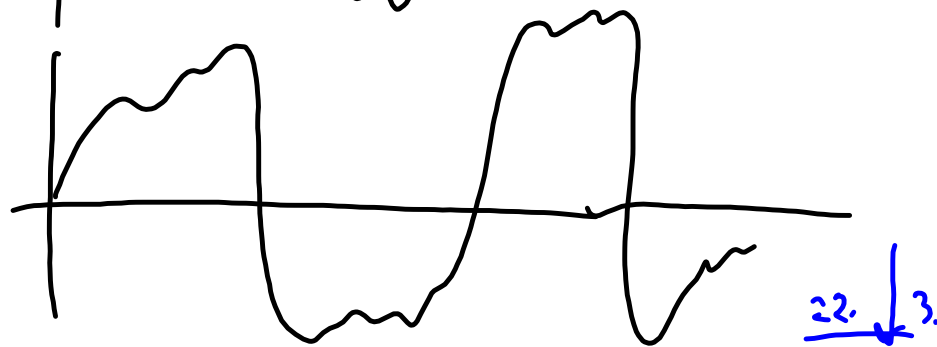
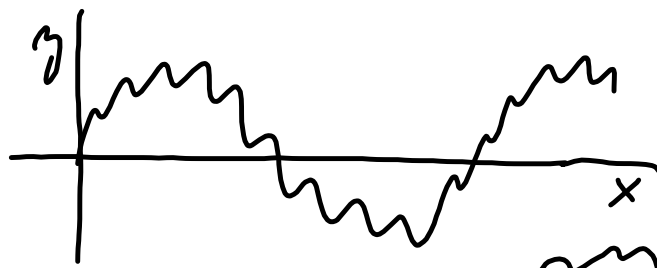
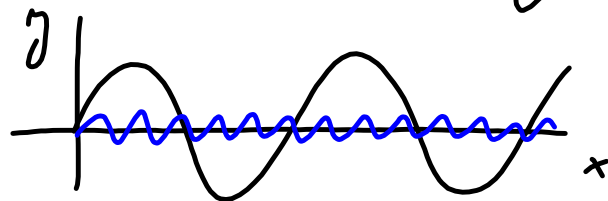
$$v = \pi \cdot 2 \cdot \cos(\pi t - 10\pi x) \quad y_m = 2 \text{ m}$$

$$g = g_1 + g_2 \quad g_1 = g_{m1} \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi_1\right)$$

$$g_2 = g_{m2} \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi_2\right)$$

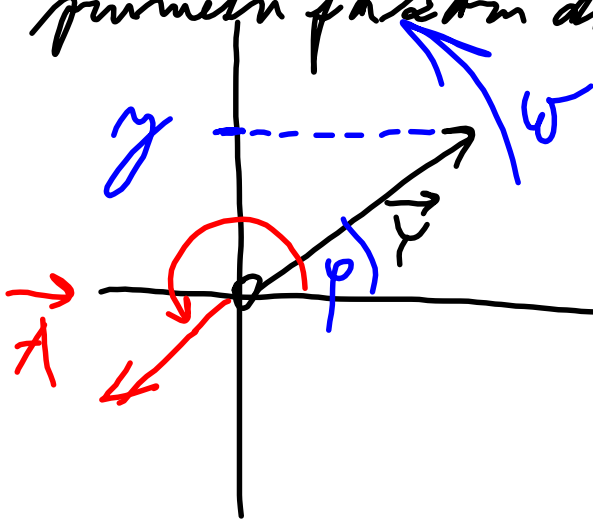
$$g_m \in \langle |g_{m1} - g_{m2}|; g_{m1} + g_{m2} \rangle$$

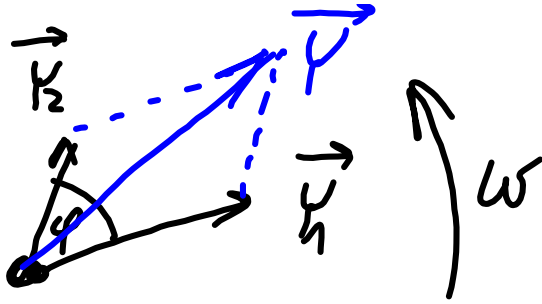
- from: $g_{m1} = g_{m2} \Rightarrow g_m \in \langle 0; 2g_m \rangle$



posu. fázor ... časový vektor
 počítá se poč. syst. souřadnic
 velikost je rovna max. hodnotě popisování vel.
 otáčí se kolem počátku úhlovou rychlostí
 rovni úhloví funkci popisování veličiny
 (popisovanou veličinou musí být vychýlen harmon.
 osc., rychlost, rychl., hodnota stud. napětí,
 proud)

okamž. hodnota popisování veličiny je rovna
 průmětu fázoru do svislého směru.

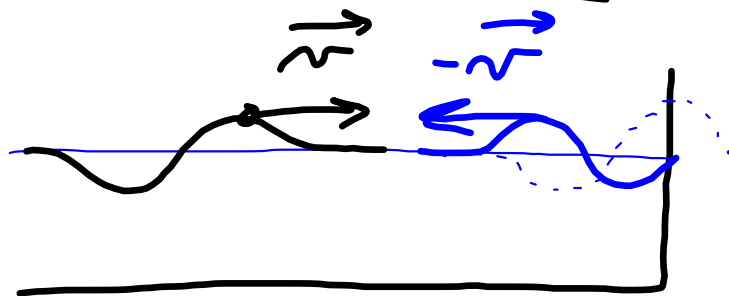




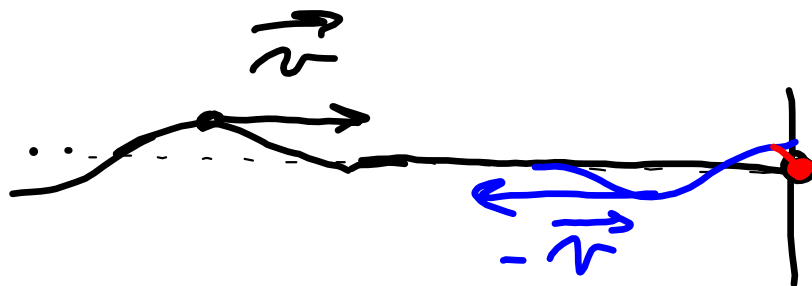
$$\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (\text{pro koherenčním vlnám v daném bodě je konstantní}) \quad (\text{stejně})$$

Interferenci se musí vlnám
 zesílení (konstruktiv): pro $\varphi_2 - \varphi_1 = k\pi$ ($\Delta x = k \cdot \lambda + \frac{\lambda}{2}$)
 zesílení: pro $\varphi_2 - \varphi_1 = k \cdot 2\pi$ ($\Delta x = k \lambda$)

odras plin'!

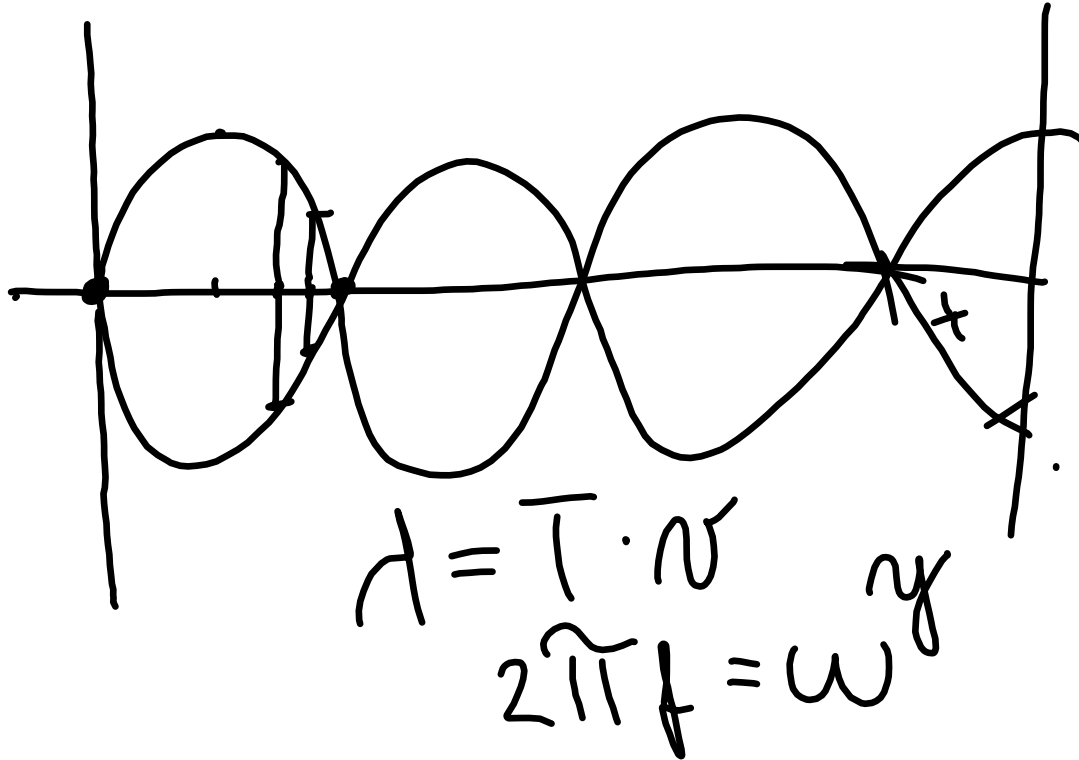


bez změny fáze



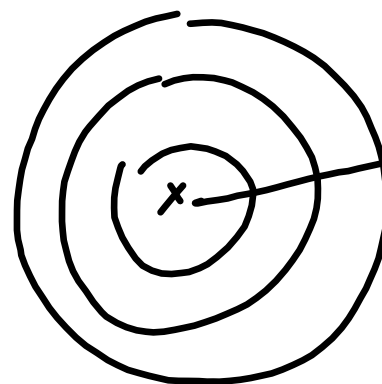
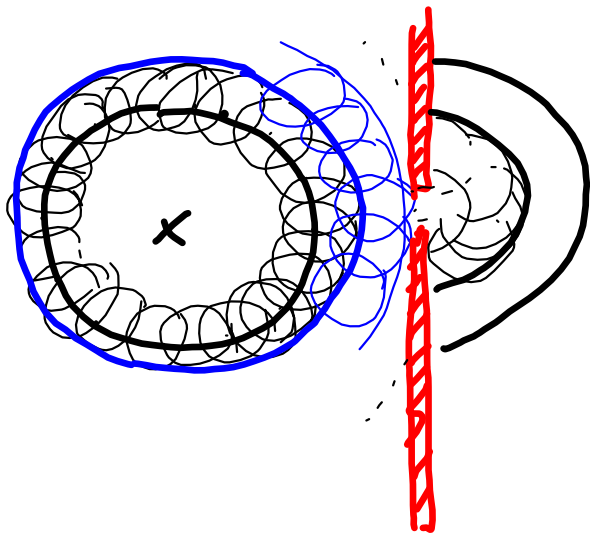
se změnou fáze (0π)

43/52

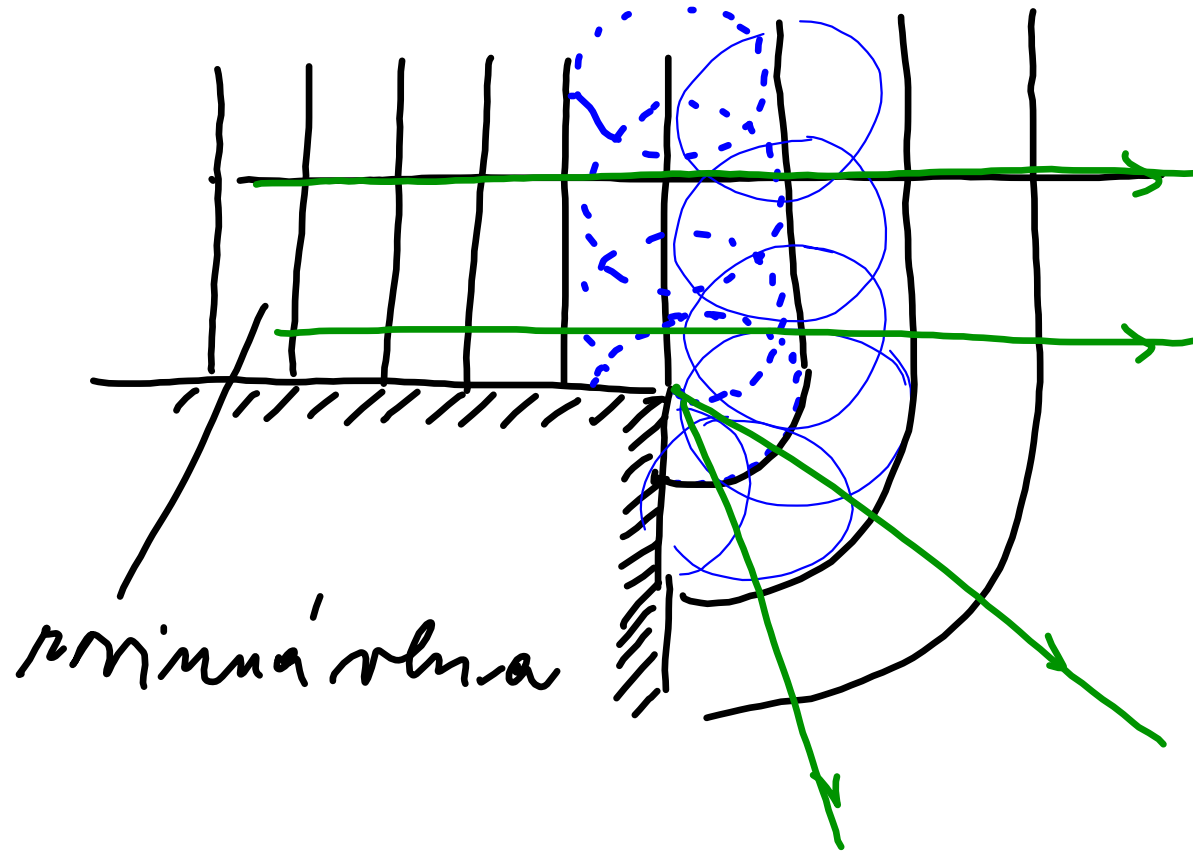


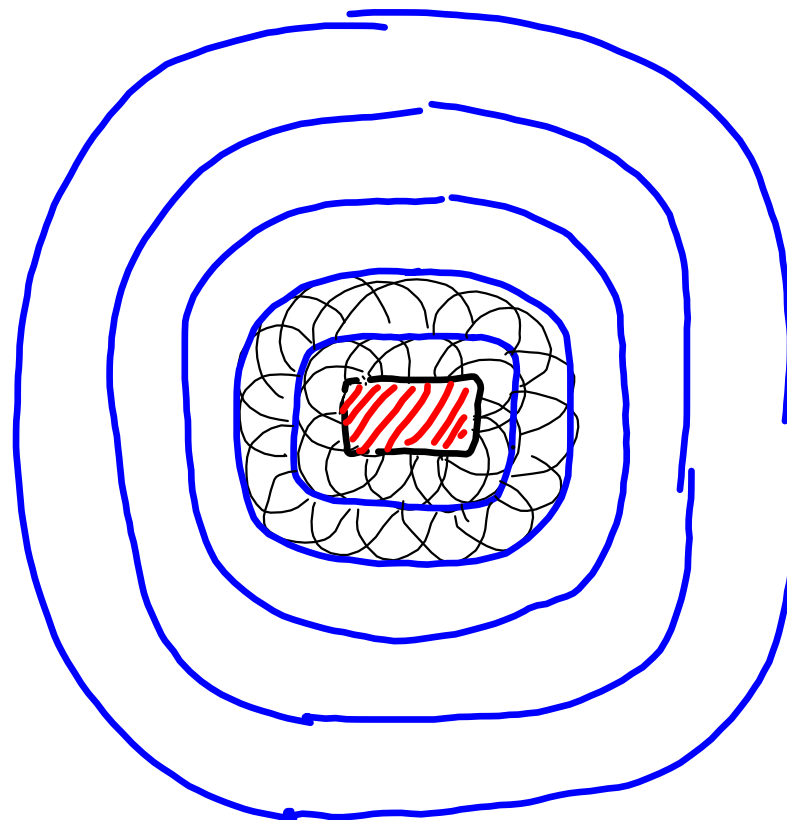
Huygensin princip

Homog. isotr.

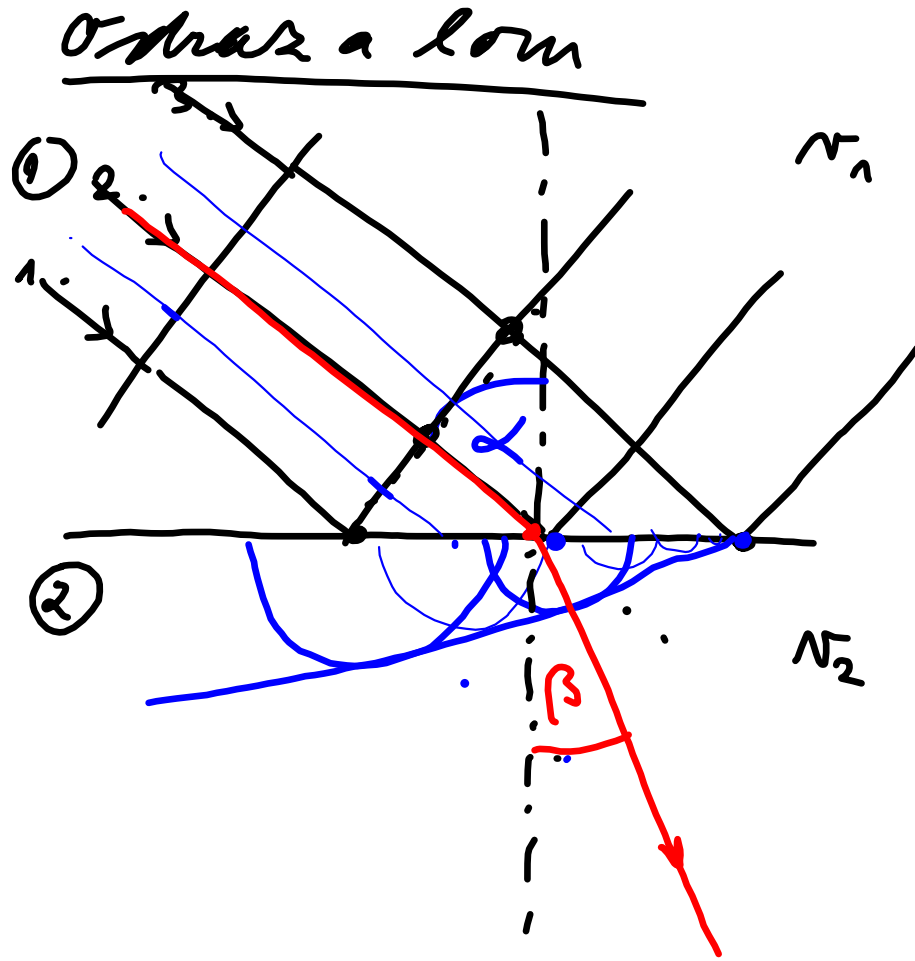


napisat
(- směr šíření
vlnění)



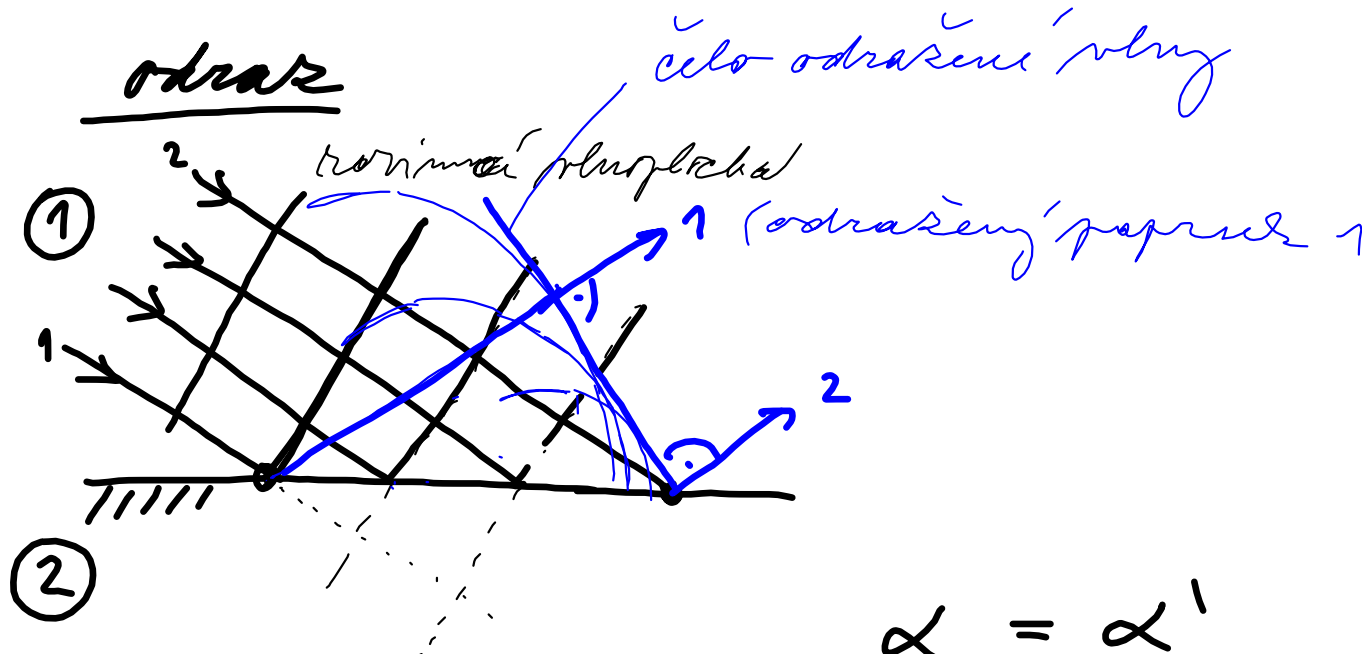
$\pi:$ 

$$\frac{3}{5} \downarrow \overline{17}$$

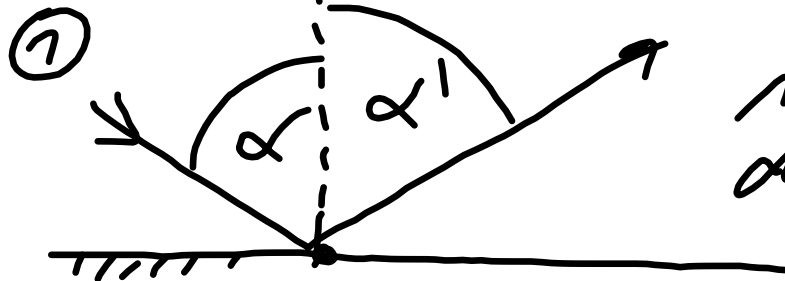


Odras a lom vlnění

odras



2

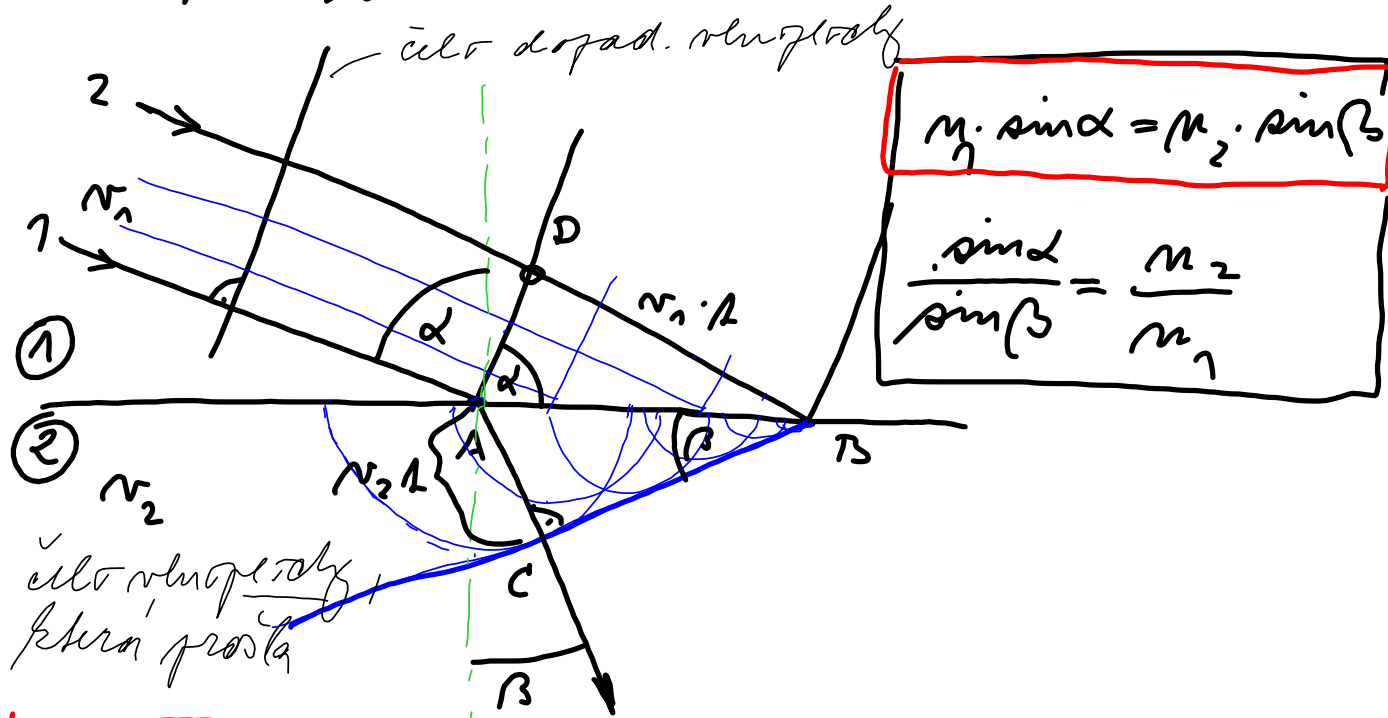


$\alpha = \alpha'$

↑ ↑
 úhel úhel
 dopadu odrazení

2

Raňon lomu



$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_2} = n \quad \text{index lomu (relativní)}$$

preto:

$$\frac{n_1 h}{|AB|} = \sin \alpha \Rightarrow |AB| = \frac{n_1 h}{\sin \alpha}$$

$$\frac{n_2 h}{|AB|} = \sin \beta \Rightarrow |AB| = \frac{n_2 h}{\sin \beta}$$

$$\text{given: } \frac{v_1 A}{|AB|} = \sin \alpha \Rightarrow |AB| = \frac{v_1 h}{\sin \alpha}$$

$$\frac{v_2 h}{|AB|} = \sin \beta \Rightarrow |AB| = \frac{v_2 h}{\sin \beta}$$

$$\frac{v_1 h}{\sin \alpha} = \frac{v_2 h}{\sin \beta}$$

$$\frac{v_1}{\sin \alpha} = \frac{v_2}{\sin \beta}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = n$$

index law n (relation)

Styl a skin roční

))) .

$$\underline{10.5} \downarrow \overline{17}$$

Zvuk a jeho vlastnosti

- mechanická vlnění $f \in (16 \text{ Hz}, 16 \text{ kHz})$

infrazvuk (20 ; 20 000) Hz ultrazvuk

Díjí při přenosu zvuku -

redvoj, prostředí, přijímač - sluchová

akustika - fyziologická (...)

- hudební (Aerba hudby)

periodické zvuky - hudbní - tóny
 neperiodické " - hluk, šum

$f_1, f_2, \dots, \gamma_{n1}, \gamma_{n2}, \dots$ tón
 fyz. veličiny subjektivní popis
 výška, barva

výška tónu vnímáme relativně
 - intervaly - interval oběma $\frac{f_2}{f_1} = \frac{2}{1}$
 rozdělení oběma na 12 intervalů
 vzniká tóny hudbní stupnice

$f_0 f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7 f_8 f_9 f_{10} f_{11} f_{12}$
 $c \cdot d \cdot e f \cdot g \cdot a \cdot h c$

12 pülsoni... samproani
ladini

$$\frac{f_{12}}{f_0} = 2 \dots \text{stina}$$

$$f_1 = g \cdot f_0$$

$$f_2 = f_1 \cdot g = f_0 \cdot g \cdot g = f_0 g^2$$

$$\vdots$$

$$f_{12} = f_0 g^{12}$$

$$g^{12} = 2 \Rightarrow g = \sqrt[12]{2}$$

$$g \approx 1,06$$

17.5. ↓ 17

Hlasitost a intenzita zvuku

ucho vnímá hlasitost ve velmi rozsahu,
- reaguje na tlakové změny vzduchu

$$\Delta p \quad 10^{-5} - 10^2 \text{ Pa}$$

intenzita zvuku $I = \frac{P}{S}$ (výkon zvukového
vlnění na plochu $[W/m^2]$)

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad \dots \text{ práh slyšení}$$

$$I = 1 \text{ W/m}^2 \quad \dots \text{ práh bolesti}$$

... rozsah intenzity 10^{12}

naše sluchové vnímání sluhní poměry jako
sluhní rozdily - proto má svůj zarádek
logaritmiclou stupnici

$$\left(\log \frac{x}{y} = \log x - \log y \right)$$

jednotka intenzity zvuku: (1 bel 1B /
dB (decibel

hladina intenzity zvuku ozn. B (měření
v dB)

$$\boxed{B = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}}$$

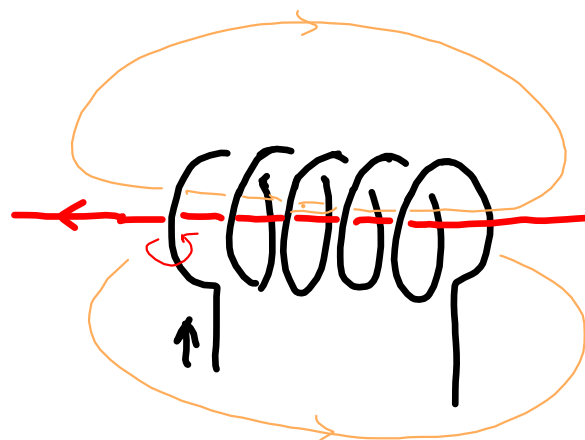
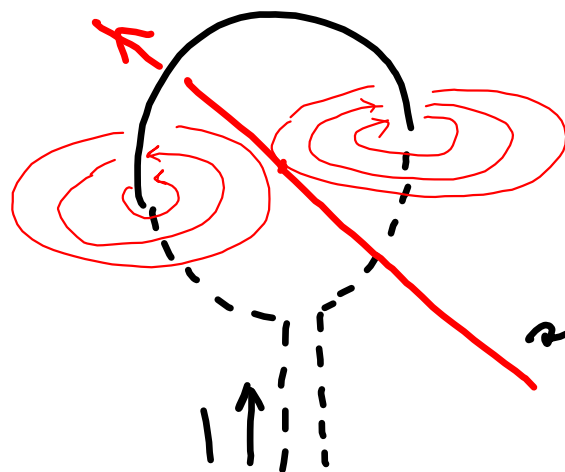
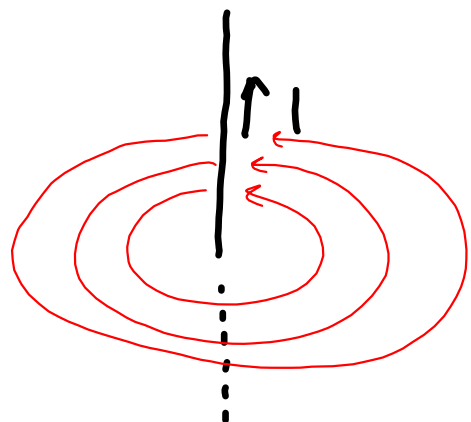
| | | |
|-----------------|---------|--------|
| průch stýženi | 1720 dA | 0 dB |
| šišť křidlinek | 10 cm | 20 dB |
| šišť hovor | 1 m | 40 dB |
| hovor | | 60 dB |
| šišť | | 80 dB |
| nat. hluk mřzdy | | 100 dB |
| průch bolesti | | 120 dB |
| vyšřek dřla | | 140 dB |

<http://www.converter.cz/tabulky/hluk.htm>

... mag

magn. pole v oči vidici s proudem

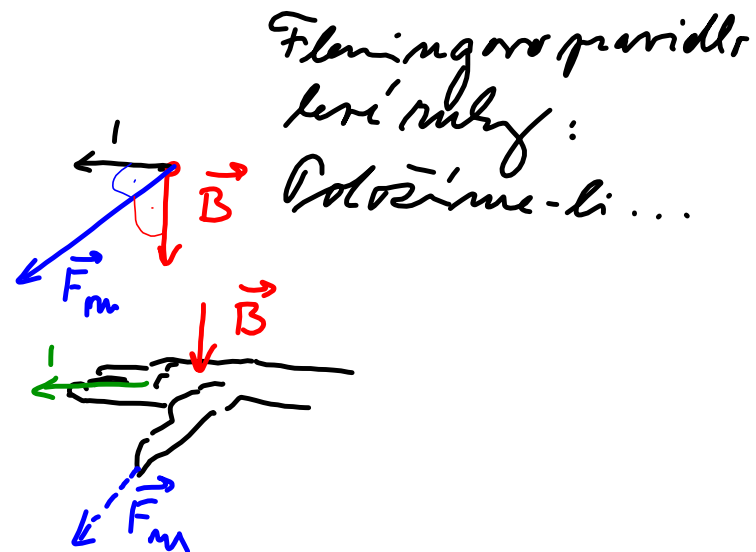
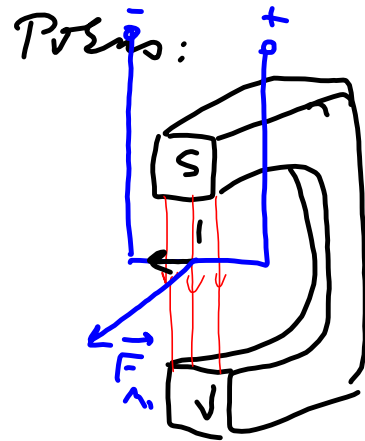
ampérsova pravidla pravé ruky



směr proudění

Magnetická indukce \vec{B}

- je fyz. veličina - popisuje silové působení
magn. pole (např. působ. na severní pól magn.)
v daném bodě má směr tečky k magn.
indukčním čarám



$$F_m = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$$

$$B = \frac{F_m}{I l \sin \alpha}$$

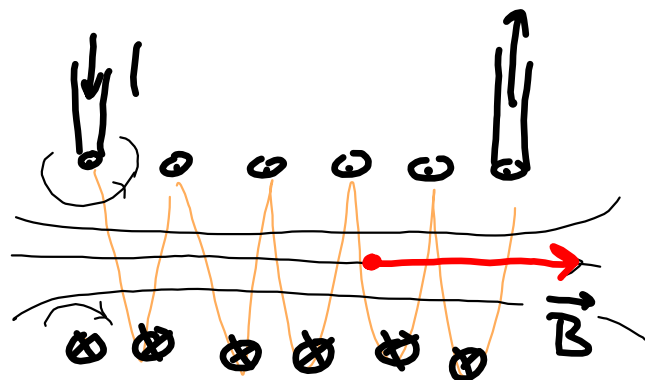
jednotka T (tesla)

$$[B] = \text{NA}^{-1}\text{m}^{-1} = \text{T}$$

Definice jednotky 1 A: Ampér je proud, který při stálém průtoku dvěma rovnoběžnými přímkovými velmi dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu, umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 m od sebe, vyvolá sílu $2 \cdot 10^{-7}$ newtonů na 1 m délky.

Magn. pole cívk

dlouhá válečná cívka : solenoid



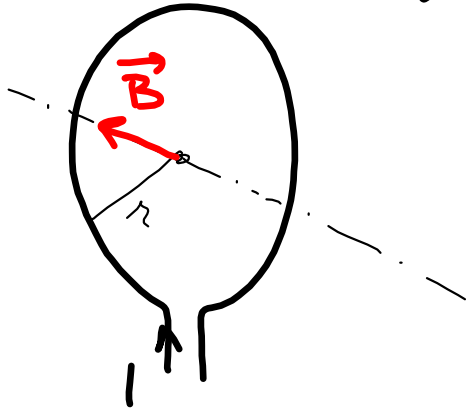
$$B = \mu \frac{N \cdot I}{l}$$



l délka cívk

N ... počet závitů na (délce l)

pozn. Helmholtzovy církby
- vytvoří homog. magn. pole



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

Částice s nábojem q v magn. poli

$$F_m = B \cdot I \cdot l \sin \alpha \quad (\alpha = 90^\circ)$$

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad (Q = -e \dots \text{náboj elektronu})$$

$$\left(F_m = B \cdot \frac{e}{\Delta t} \cdot l \right) \quad \frac{l}{\Delta t} = v \dots \text{rychlost náboje}$$

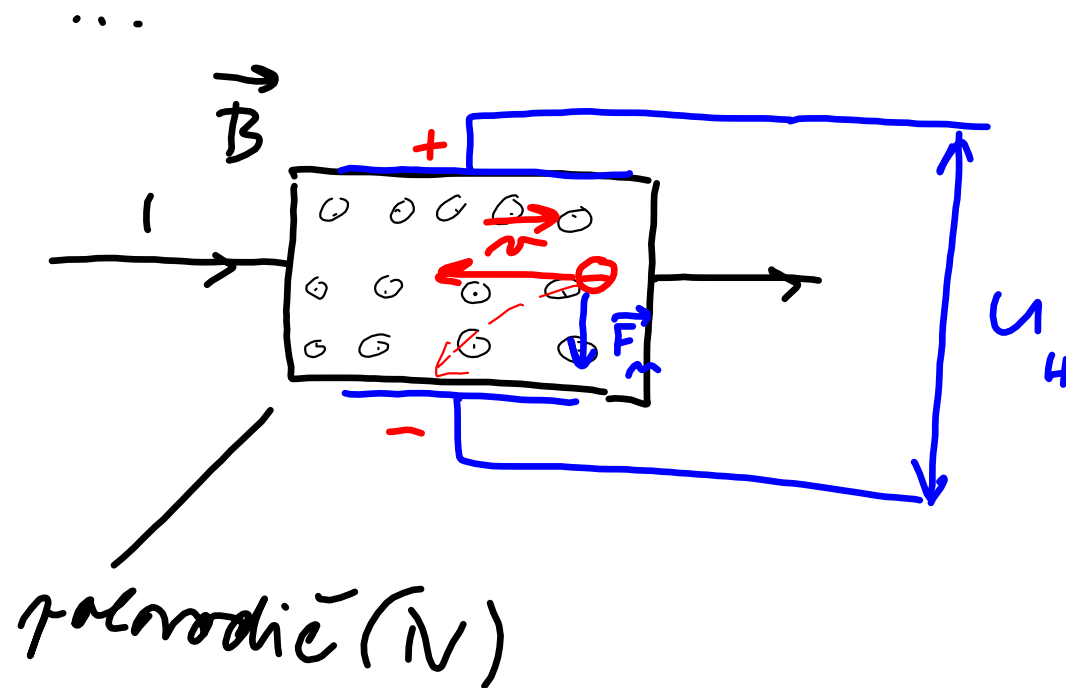
$$F_m = B \cdot \frac{Q}{\Delta t} \cdot l$$

$$F_m = B \cdot Q \cdot v$$

... síla, působící na el. náboj Q , který se pohybuje rychlostí v - kolmo na magn. ind. čáru

$$F_m \perp B \quad B \perp v \quad F_m \perp v$$

F_m je dookřídlenou silou



- využít N kalametroch
(měří magn. indukci)

Látky v magn. poli

některými magn. poli zesilují, některé
oslabují

permeabilita (magn. vlastnosti)

relativní permeabilita

||

vakua

$$\mu = \mu_r \mu_0$$

μ
 μ_r
 μ_0

$\mu_r < 1$... diamagn. látky ()

$\mu_r > 1$... paramagn. látky ()

$\mu_r \gg 1$... feromagnetiké

$(10^2 - 10^5)$

21.6. ↓ 2017