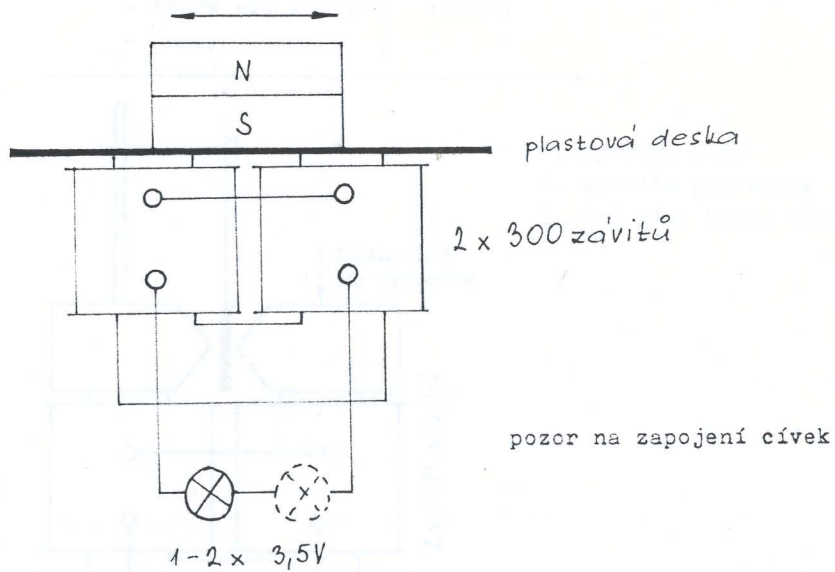
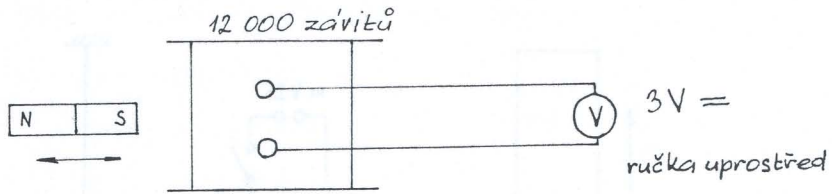


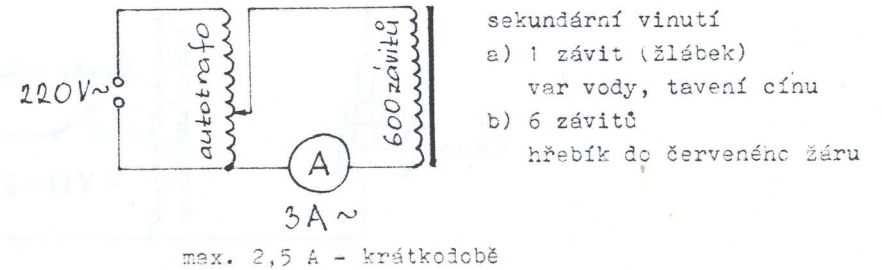
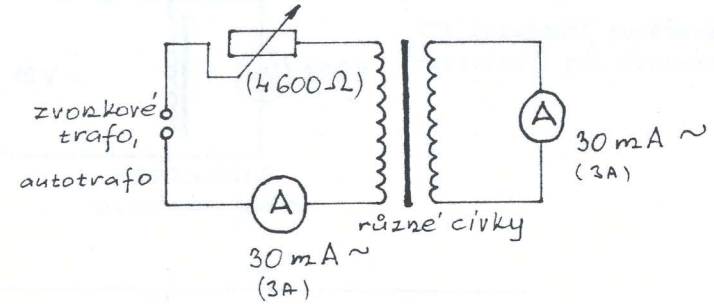
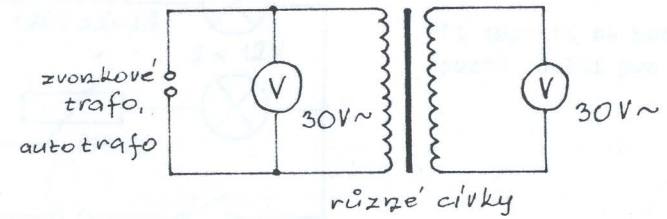
# ! II A+B

A1 Demonstrujte a objasněte Faradayův zákon elmg. indukce včetně principu činnosti transformátorů



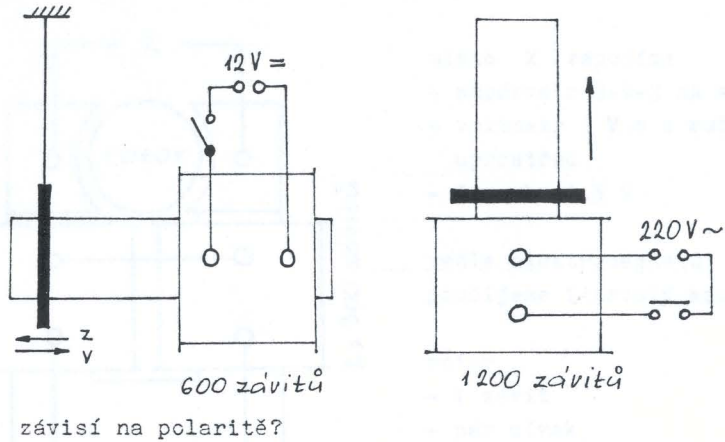
(pokr.)

A1 pokračování



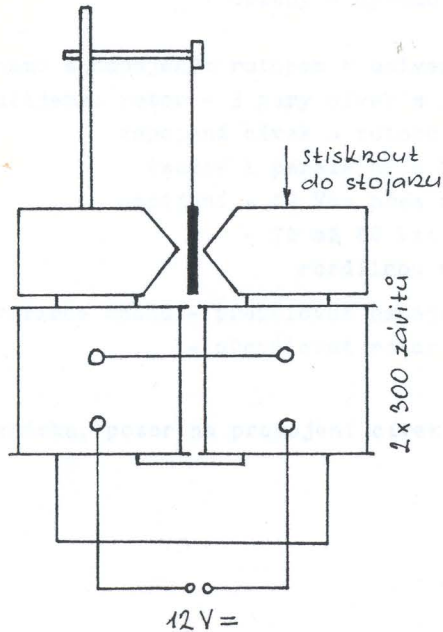
A2 Demonstrujte a objasněte Lenzovo pravidlo pomocí:

- působení změn elmg. pole na hliníkový prstenec
- útlumu Waltenhofenova kyvadla a indukční brzdy
- přechodových jevů v obvodu s indukčností



závisí na polaritě?

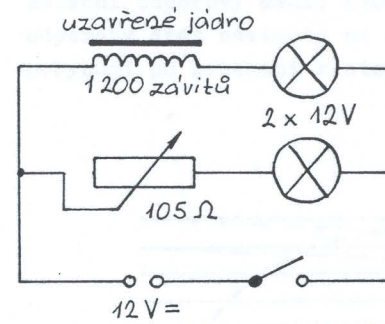
- |                         |          |
|-------------------------|----------|
| prstenec - nemagnetický | } hliník |
| - dobře el. vodivý      |          |
| - lehký                 |          |



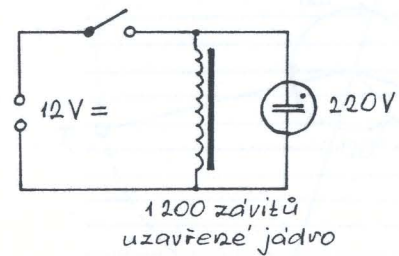
1. kyvadlo plné
2. kyvadlo prořezané
3. indukční brzda (kotouč)

(pokr.)

A2 pokračování

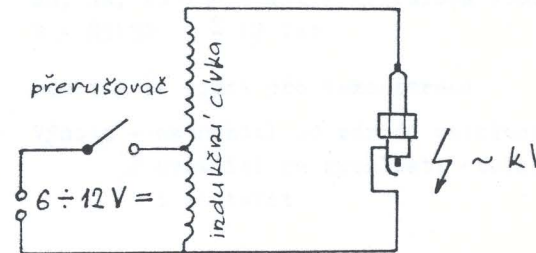


Při zapnutí se horní žárovka zpozdí (dolní pro srovnání)



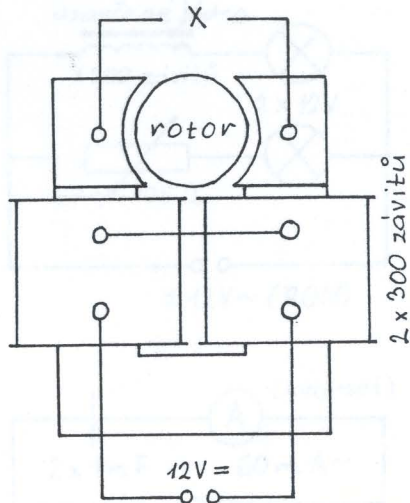
Při rozepnutí napěťová špička rozsvítí 1 pól doutnavky

Aplikace (osobní automobil)



A3 Demonstrujte a objasněte vznik střídavého proudu

- v alternátoru
  - v rotačním odporovém měniči
- a diskutujte rozdílné vlastnosti těchto generátorů.  
Vysvětlete rozdíl mezi alternátorem a dynamem.



- místo X zapojíme
- ampérmetr 3-0-3 mA =
  - voltmetr 3 V = s ručkou uprostřed
  - žárovku 3,5 V

vedle elektromagnetu použijeme i trvalý magnet

rotor

- 1 závit
- pár cívek
- pár cívek s jádrem
- 3 páry cívek s jádrem

sběrací kroužky: 2 plné - alternátor  
1 dělený - dynamo

Dynamo s napájeným rotorem = univerzální elektromotor

Použijeme: rotor - 3 páry cívek s jádrem

zapojení cívek a rotoru - sériové

(možné i paralelní a kombinované)

napájení - 12 Vss přes reostat 13 ohmů

- 70 až 80 Vst z autotrafa (vysvětlete rozdílnou velikost napětí)

Reverzace chodu - přepólovat napájení?

- přepólovat rotor vůči statoru?

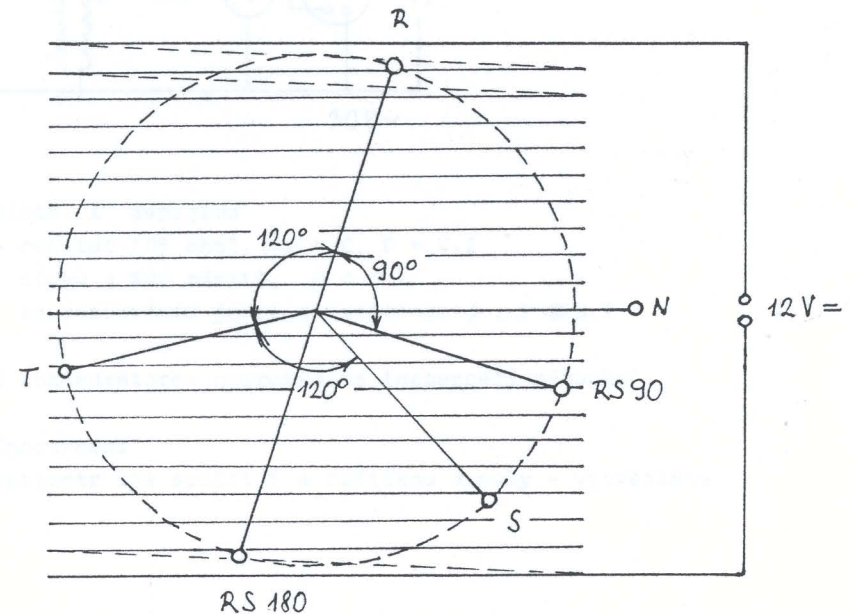
Poznámka: pozor na propojení cívek!

(pokr.)

A3 pokračování

Rotační odporový měnič (ROM)

odporový drát navinutý na desce, zalitý, na zbroušené rovině se pohybují po kružnici kontakty



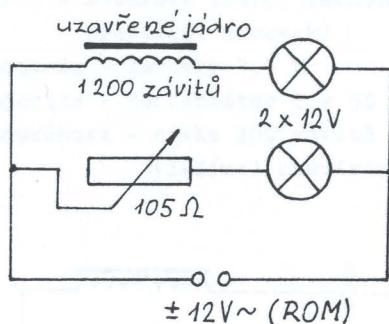
- RN, SN, TN  $\pm 6$  Vst - třífázová soustava
- R - RS120  $\pm 12$  Vst

Používá se pouze pro demonstrace

Výhoda - na rozdíl od zdrojů založených na indukci napětí  
nezávisí na rychlosti otáčení - lze měnit frekvenci  
i zastavit

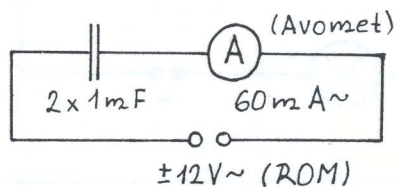


A4 Demonstrujte a objasněte průchod střídavého proudu obvodu s rezistancí, indukčností a kapacitou. Předvedte závislost jevů na frekvenci a existenci fázového posuvu mezi proudem a napětím včetně jeho vlivu na vznik Jouleova tepla.



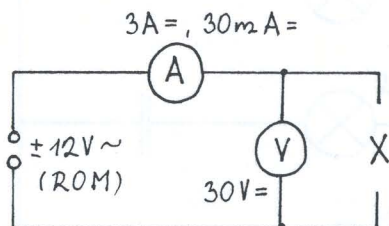
v klidu svítí obě žárovky stejně (nastaví se reostatem), s růstem otáček ROM horní žárovka zhasíná

$$X_L = \omega L$$



v klidu nulová výchylka s růstem otáček ROM roste

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

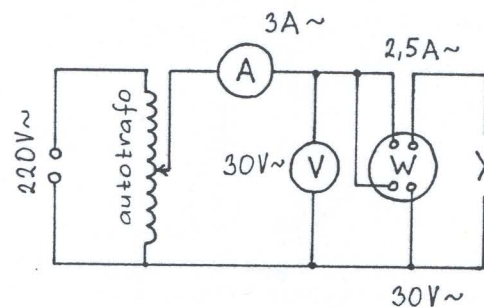


místo X zapojíme  
 - reostat 105 ohmů  
 - cívku s 1 200 závitů na uzavřeném jádře  
 - kondenzátor 2 x 1 mF

rezistance - U sleduje I (tak ověříme shodnou polaritu měřidel)  
 indukčnost - U před I  
 kapacita - U za I

(pokr.)

A4 pokračování



místo X zapojíme

- reostat 105 ohmů,  $\varphi = 0$ ,  $P = U \cdot I$
- cívku s 600 závitů,  $P < U \cdot I$
- se zasouváním jádra se zvětšuje  $\varphi$ ,  $P \ll U \cdot I$

S kondenzátorem neprovádíme (nebezpečí výbuchu)

Upozornění

Wattmetr lze spálit i s ručičkou u nuly - vysvětlete



A5 Demonstrujte a objasněte činnost rezonančního obvodu sériového a paralelního (síťová frekvence, vf obvody - krystalka).

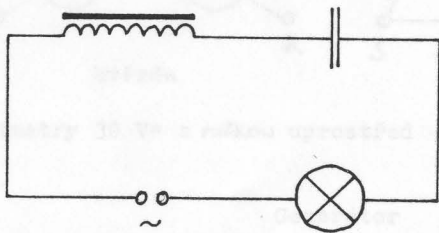
Použijeme

zdroj - zvonkové trafo, začneme od nejnižšího napětí (pozor na přepálení žárovek)

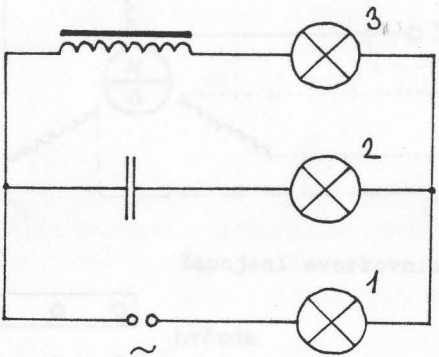
indikace - žárovky 3,5 V

kapacita - kondenzátor 2 x 50  $\mu\text{F}$

indukčnost - cívka 300 závitů na jádře U, indukčnost měníme (ladíme) uzavíráním jádra



ladíme na maximální  
svit



ladíme na minimální  
svit žárovky 1 a stejný  
svit žárovek 2 a 3  
(proč?)

Krystalka je instalována u skupiny úloh C (elmg. vlny)

20 Demonstrujte a objasněte činnost magnetického pole a jeho vlivů v synchronních a asynchronních elektromotorech

Princip: mg. pole se stává ze statoru stejné jako magnet v generátoru

Rozdílní střídivých motorů

- a) asynchronní - na aktivní rotor trvale magnet. pole elektromagnet
- rotor obsahuje tělové mg. pole
- princip je synchronní motor elektromagnet generátoru
- b) synchronní - na pasivní rotor (stator se krátko) tělové mg. pole statoru vytváří proud v kotvě, jehož účinek je stejný jako účinek magnetického pole statoru. Pro větší účinek je rotor tělové (obalová)

U jedné závitové statoru se vytváří tělové mg. pole - efektivní síla (kondenzátor, cívka - na rotaci, tělové) - magnet se stává jedním pólovým statoru

Demonstrace:

cívka: 300, generátor

stavba cívek v poloze se statoru stator

- synchronní motor: magnetické (ne rotace) - proč?

- asynchronní motor: tělové vytváří (ne rotace) - proč?

stavba cívek v poloze a volového statoru

- synchronní motor: trvale magnet

elektromagnet (J V)

- asynchronní motor: kotva se krátko a jádra

reversní motor: lichá přerušovače fáze

způsob

polože stator = 300 závitů/pole statoru dvojité (proč dvojité?)

stator se stává jedním pólovým statoru - přerušování cívek

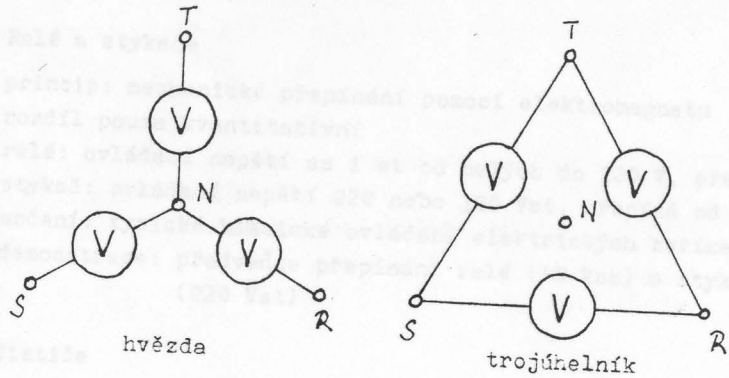
- měna frekvence napájení

stator: 3 - univerzální elektromotor

3 - asynchronní motor jako model indukčního motoru

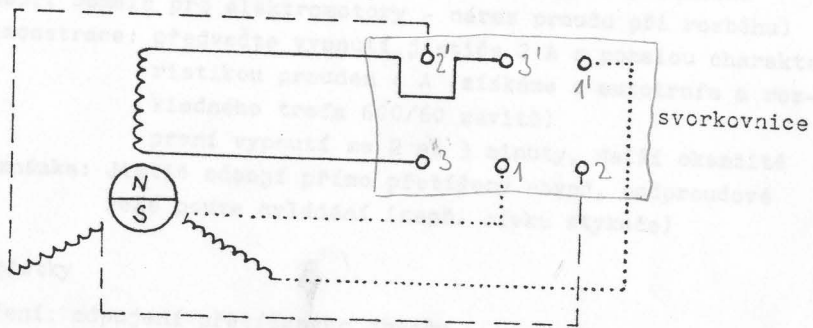
B1 Demonstrujte a objasněte třífázovou soustavu střídavého proudu, zapojení hvězda a trojúhelník, napětí fázové a sdružené

ROM

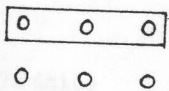


Voltmetry 30 V = s ručkou uprostřed - platí  $\Sigma U = 0$

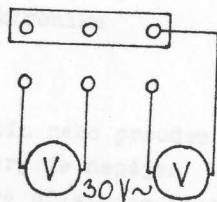
Generátor



Zapojení svorkovnice:



hvězda



trojúhelník

napětí sdružené fázové

B2 Demonstrujte a objasněte točivé magnetické pole a jeho využití v synchronním a asynchronním elektromotoru

Princip: mg. pole se otáčí ve statoru stejně jako magnet v generátoru

Rozdělení střídavých motorů

- synchronní - má aktivní rotor (trvalý magnet nebo elektromagnet)  
rotor sleduje točivé mg. pole  
v principu je synchronní motor ekvivalentní generátoru
- asynchronní - má pasivní rotor (kotvu na krátko)  
točivé mg. pole statoru vytváří proud v kotvě, jehož důsledkem je její mg. pole interagující s polem statoru.  
Pro vznik proudu je nutný skluz (několik %)

U jednofázového motoru se vytváří točivé mg. pole  
- přidavnou fází (kondenzátor, cívka - na rozběh, trvale)  
- závitem na části jednoho pólového nastavce

Demonstrace

zdroje: ROM, generátor

- soustava cívek v poloze se vvislou osou
- synchronní motor: magnetka (ne rámečky - proč?)
  - asynchronní motor: hliníkový výlisek (ne klec - proč?)

soustava cívek v poloze s vodorovnou osou

- synchronní motor: trvalý magnet
- elektromagnet (3 V=)
- asynchronní motor: kotva na krátko s jádrem

reverzace chodu: lichá permutace fází

Aplikace

- počet otáček =  $3000(2880)/\text{počet pólových dvojic}$  (proč dvojic?)  
motory se změnou počtu otáček - přepojování cívek  
- změna frekvence napájení

Odkazy: A3 - univerzální elektromotor

B3 - alternátor jako model jednofázového motoru

- B3 Demonstrujte a objasněte funkci těchto elektrotechnických prvků:
- relé, stykač, jistič, chránič, pojistka
  - elektromotor jednofázový univerzální a střídavý
  - elektroměr

#### Relé a stykače

princip: mechanické přepínání pomocí elektromagnetu  
rozdíl pouze kvantitativní

relé: ovládací napětí ss i st od malých do 220 V, přepíná do 6 A

stykač: ovládací napětí 220 nebo 380 Vst, přepíná od 4 A výše

určení: typické klasické ovládání elektrických zařízení

demonstrace: předvedte přepínání relé (12 Vss) a stykače (220 Vst)

#### Jističe

určení: odpojení přetíženého obvodu

princip: krátkodobé přetížení - elektromagneticky  
dlouhodobé přetížení - deformací bimetalu

různé charakteristiky = různě rychlé odezvy na přetížení  
(např. pomalé pro elektromotory - náraz proudu při rozběhu)

demonstrace: předvedte vypnutí jističe 2 A s pomalou charakteristikou proudem 4 A (získáme z autotrafa a rozkladného trafo 600/60 závitů)

první vypnutí za 2 až 3 minuty, další okamžitě

Poznámka: Jistič odpojí přímo přetížený obvod, nadproudové relé pouze ovládání (např. cívku stykače)

#### Pojistky

určení: odpojení přetíženého obvodu

princip: roztavení kovu Jouleovým teplem

různé charakteristiky: pomalé pro elektromotory  
rychlé pro elektroniku

#### Chrániče

určení: ochrana před nebezpečným napětím nebo proudem

princip: odpojení elektromagnetem, který je napájen

a) dotykovým napětím na kostře přístroje (napěťový)

b) svodovým proudem zjištěným diferenciálním transformátorem (proudový chránič)

(pokr.)

#### B3 pokračování

demonstrace: předvedte vypnutí napěťového chrániče (kombinovaného s jističem) při dosažení napětí 12 Vst

#### Elektromotory

a) univerzální (komutátorový) elektromotor - viz A3

b) stejnosměrný motorek - napájení 4,5 Vss

- reverzace změnou polarity

- pracuje obráceně jako dynamo

- čím se liší od a)?

c) "dynamo" pro jízdní kolo - ve skutečnosti alternátor (proč?)  
po připojení na 5 Vst (zvonkové trafo) se "třepe", po počátečním impulsu se točí na obě strany - model střídavého jednofázového motoru

#### Elektroměr

hlavní součásti: cívky napěťová a proudová, kotouč

princip: elmag. pole jedné cívky indukuje v kotouči proud, který interaguje s polem druhé cívky

po skončení odběru pracuje jako indukční brzda

demonstrace: předvedte chod při velkém odběru a zastavení  
předvedte nečinnost při malém odběru



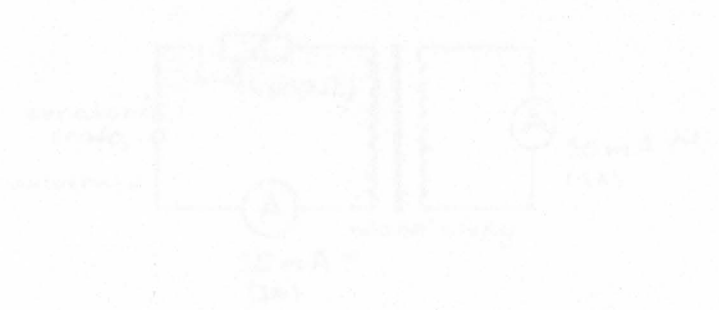
B4 Demonstrujte a objasněte vedení proudu v polovodičové diodě a jednocestné a dvojcestné usměrnění střídavého proudu

K demonstraci použijte:

diody v Graetzově zapojení, zvonkové trafo, reostat 105 ohmů, kondenzátory 2 x 50 uF a 2 x 1 mF, osciloskop

Demonstrujte:

- jednocestné usměrnění
- dvojcestné usměrnění
- závislost stupně vyhlazení na velikosti vyhlazovacího kondenzátoru
- závislost stupně vyhlazení na velikosti odběru



obvratně napájet  
diody (získat)  
100 V, 100 mA  
100 V, 100 mA

## II.C Elektromagnetické vlny

*Demonstrujte a objasněte*

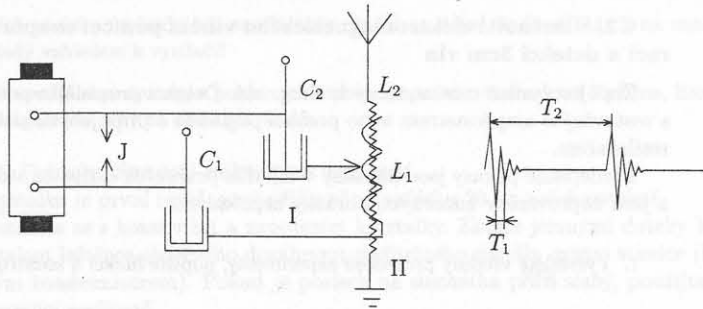
### C1. Vznik elektromagnetického vlnění

Teslův transformátor je zařízení, které slouží k získání vysokého elektrického napětí velmi vysoké frekvence, které může být připojenou anténou vysíláno do prostoru. V důsledku skin-efektu je toto napětí člověku zcela neškodné.

Schéma zapojení je uvedeno na obrázku. Jako kapacitu použijeme dvě leydenské lahve, zapojené sériově k přívodům primární cívky s několika závity silného drátu a ke speciálnímu jiskřišti. V tomto obvodu použijeme pro spojení jeho částí upravené vodiče (proč?) Sekundární obvod tvoří cívka s vysokým počtem závitů. Ladění provádíme změnou polohy primární cívky vůči cívice sekundární a změnou počtu závitů primární cívky (připojujeme přívodní drát na různé části cívky). Jako zdroj vysokého napětí slouží Ruhmkorffův induktor.

Pozorujte sršící jiskry, svedte je do prstu, rozsviňte zářivku.

Za dozoru vyučujícího proveďte pokus s růžkovou bleskojistkou.



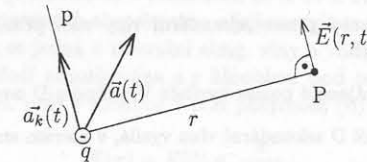
Zapojení Teslova transformátoru; časová závislost kmitů v sekundárním obvodu:  $T_1$  perioda kmitů oscilačního obvodu,  $T_2$  doba opakování přeskoğu jiskry

1. Jaká je konstrukce a funkce Ruhmkorffova induktoru a Teslova transformátoru? (Odpověď najdete např. ve skriptech M. Svoboda: Speciální praktikum – školní pokusy III, MFF UK.)
2. Vysvětlete, proč při sestavování obvodu použijete vodiče užívané pro pokusy z elektrostatiky.
3. Co je to skin-efekt?
4. Co je to Eliášovo světlo, kde a jak vzniká?
5. Jak dokážete, že anténa Teslova transformátoru vysílá elektromagnetické vlny?

### Elektromagnetický dipól a vlastnosti jeho záření

Použijeme generátor decimetrových vln. Banánky pro žhavicí obvod připojíme ke zdroji 6,3 V ~, banánky pro anodový obvod ke zdroji 0 V, +300 V (pozor na polaritu!). Na svorky generátoru připojíme dipól, který slouží jako anténa. Přijímací dipól indikuje příjem elmg. vln buď žárovkou nebo pomocí mikroampérmetru.

#### Vznik primární vlny



$$\vec{E}(r, t) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{q}{r} \ddot{\vec{a}}(t - \frac{r}{c}), (*)$$

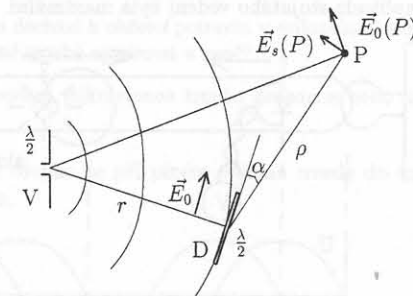
dipól délky  $\frac{\lambda}{2}$  emituje vlnu

$$\vec{E}(r, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi r}{\lambda})$$

(odvoďte!)

1. Do kterého směru se vzniklá dipólová vlna nešíří?
2. Načrtněte vyzářovací diagram dipólu.

#### Vznik sekundární vlny



Vztah  $\vec{a}(t) = \frac{q}{m} \vec{E}_0(t)$  dosadte do vztahu (\*):

$$\vec{E}_s(\rho, t) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{q}{\rho m} \vec{E}_0(t - \frac{\rho}{c}).$$

Užitím vztahu pro vlnu emitovanou dipólem (V) získejte pro intenzitu sekundární vlny emitované dipólem (D) vztah

$$E_s(\rho, t) = -C \sin \alpha E_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi\rho}{\lambda}),$$

kde konstanta  $C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 c^2} \frac{q \ddot{q}}{r m}$ .

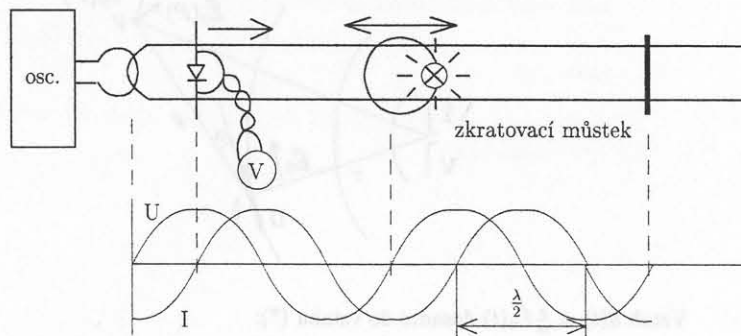
1. Jaký je fázový posuv sekundární vlny vůči primární (pro jednoduchost položte  $\sin(\alpha) = 1$ )?
2. Při jaké vzájemné poloze vysílače V a dipólu D nevysílá dipól sekundární vlnu?
3. Pokud dipól D sekundární vlnu vysílá, v kterém směru je její amplituda nulová?

Zkoumejte vliv vzdálenosti a polohy vysílače k přijímači na intenzitu příjmu a také směrové charakteristiky antény s direktorem a reflektorem.

1. Jak souvisí rozměry vysílací a přijímací antény s parametry oscilátoru?
2. Jaký má reflektor a direktor vliv na směrovou charakteristiku antény? Co je to polární diagram antény?

#### Elektromagnetické vlny na Lecherově vedení

Lecherovo vedení je příkladem oscilačního obvodu s rozloženými parametry: kapacita, indukčnost i odpor mezi dvěma podélnými rovnoběžnými vodiči se při vzdalování od oscilátoru spojitě zvětšuje. Použijte generátor decimetrových vln a zdroj z minulé úlohy. Sestavte obvod tak, aby smyčka vedení byla nad smyčkou oscilátoru. Vedení spočívá rovnoběžně s deskou stolu na dvou stativkách na izolovaných pásech. Nastavte vazbu mezi oscilátorem a vedením a zkratujte ho na vzdálenějším konci tak, aby amplituda stojatého vedení byla maximální.



Detekci kmiten napětí proveďte sondou, zapojenou na voltmetr. Maxima napětí označte křídou.

1. Jak souvisí vlnová délka se vzdáleností kmiten napětí?

Detekci kmiten proudu provádějte sondou připojenou na ampérmetr nebo absorpční smyčkou se žárovčkou.

1. Jaká jsou navzájem posunuta kmitny napětí a proudu?
2. Jak vysvětlíte rozsvícení žárovky v proudové kmitně?

Položte na vedení zářivkovou trubici a vybudte plyn v zářivce nábojem získaným třením tyčky z plexiskla kožkou. Ověřte, že kmitny napětí nemění svou polohu.

1. Stanovte vlnovou délku a frekvenci vysílaného elmg. vlnění.
2. Dokažte, že dva rovnoběžné vodiče vedení nevysílají do okolí elektromagnetické vlnění. Jak by se vedení muselo upravit, aby se stalo zdrojem decimetrových elektromagnetických vln?

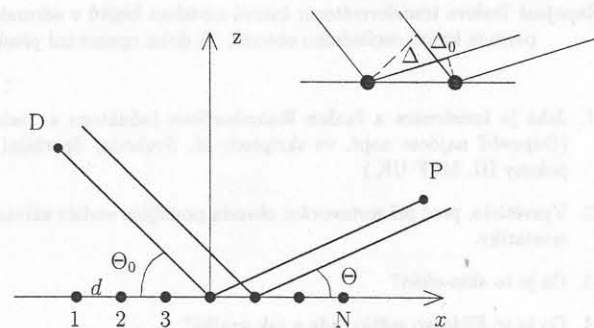
#### C2. Vlastnosti elektromagnetického vlnění pomocí soupravy pro generaci a detekci 3cm vln

Zapojte vysílač centimetrových elmg. vln. Detekci provádějte pomocí přijímače s vestavěným ampérmetrem nebo pomocí přijímače s připojeným nízkofrekvenčním zesilovačem.

Předepsané pokusy jsou popsány v III. díle pražských skript na stranách 155-156 a jsou doprovázeny názornými obrázky uspořádání.

1. Vysvětlíte všechny provedené experimenty, popište funkci a konstrukci soupravy.

#### Vyzařování řady dipólů



Pro vzdálenost  $i$ -tého dipólu od vysílače  $r_i$  a přijímače  $\rho_i$  platí

$$r_i = r + (i - 1)\Delta_0 = r + (i - 1)d \cos \Theta_0,$$



$$\rho_i = \rho + (i-1)\Delta = \rho + (i-1)d \cos \Theta,$$

vyzářená intenzita od  $i$ -tého dipólu je dána vztahem

$$\vec{E}_s(\rho, t) = C E_0 \cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}(r_i + \rho_i) + \pi).$$

Odvoďte vztah pro fázový rozdíl dvou sousedních vln  $\delta$  a pomocí něj vyjádřete intenzitu výsledné sekundární vlny

$$E_{sv} = C \cdot E_0 \cdot \left| \frac{\sin(N\frac{\delta}{2})}{\sin(\frac{\delta}{2})} \right|.$$

1. Jak souvisí délka dipólové řady  $L = (N-1)d$  s počtem maximálních hodnot  $E_{sv}$ ?
2. Pro jaké natočení dipólové řady vhodné délky vzhledem k vysílači dojde k odrazu podle zákonů geometrické optiky?
3. Jak závisí polarizační vlastnosti řady dipólů na délce dipólové řady a na natočení řady vzhledem k vysílači?
4. Proveďte experimenty s polarizací 3cm vln popsané v textu Josef Kuběna, Elektromagnetické vlny na stranách 42-45.

### C3. Princip činnosti některých zařízení

Krystalka je první rozhlasový přijímač ze začátku 20.let našeho století.

Seznamte se s konstrukcí a zapojením krystalky. Zkuste jemnými doteky hrotu s krystalem leštěnce olověného dosáhnout slyšitelného signálu místní stanice (laďte otočným kondenzátorem). Pokud je poslech na sluchátka příliš slabý, použijte nízkofrekvenční zesilovač.

Místo krystalu zapojte diodu.

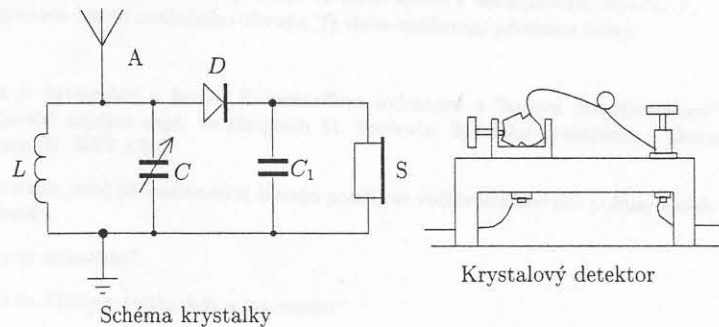


Schéma krystalky

Krystalový detektor

1. Nakreslete schéma krystalky, popište její části a jejich funkci.
2. Prostudujte základní bloková schémata rozhlasových přijímačů a televizního přijímače - nástěnka v praktiku a pražská skripta str.140-147.

### Mikrovlnná trouba

Obecný popis a zásady práce s mikrovlnnou troubou jsou uvedeny na nástěnce. V laboratoři je mikrovlnná trouba typu , která pracuje na frekvenci MHz s maximálním výkonem W. Regulace výkonu je prováděna zapínáním a vypínáním generátoru elmg.vln, tzv. magnetronu, prostřednictvím časového spínače. Mechanicky je vyloučeno, aby se generátor zapnul při otevřených dvířkách trouby. Plechová skříň trouby je rezonátor o rozměrech 30 x 30 x 21 cm.

Elmg. vlna je v potravinách absorbována a její energie se mění na Jouleovo teplo. Z fyzikálního hlediska se jedná o interakci elmg. vlny a vodivého prostředí. Energie vlny je v tomto prostředí absorbována a s hloubkou pod povrchem exponenciálně ubývá. Pro intenzitu el. pole v hloubce  $x$  pod povrchem (0) platí:

$$E(x) = E(0) \cdot e^{-\frac{x}{\delta(\omega)}},$$

kde  $\delta(\omega)$  je tzv. efektivní hloubka průniku, čili vzdálenost, ve které poklesne  $E(x)$  na hodnotu  $\frac{E(0)}{e}$ . Pro efektivní hloubku průniku plyne z Maxwellových rovnic vztah

$$\delta(\omega) = \sqrt{\frac{2}{\mu\omega\sigma}},$$

kde  $\omega$  je úhlová frekvence elmg. vlny,  $\sigma$  je vodivost prostředí a  $\mu$  jeho permeabilita. Pro svalovinu ( $\sigma = 2.5\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ ) dostáváme při frekvenci 2450 MHz  $\delta \approx 1$  cm a pro měď ( $\sigma = 6.10^7\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ )  $\delta \approx 10^{-3}$  cm.

1. Jakou vlnovou délku má vzniklé elmg. vlnění?
2. Uvnitř trouby vzniká stojaté elmg. vlnění. Jak je zajištěno, aby se potraviny prohrály i v místě uzlů?
3. Jakým způsobem dochází k ohřevu potravin v mikrovlnné troubě? Jaké potraviny nelze v mikrovlnné troubě upravovat a proč?
4. Proč nesmíme zapínat mikrovlnnou troubu prázdnou nebo do ní vkládat kovové předměty?

Vypočtete, za jak dlouho se při plném výkonu uvede do varu 200ml a 400ml vody. Ověřte pokusem.

# I.A KINEMATIKA A DYNAMIKA POHYBU

Demonstrujte a objasněte:

## 1 Určování polohy, vektor posunutí

- Co je to mechanický pohyb?
- Definujte pojmy hmotný bod, vztažné těleso.
- Čím je určena vztažná soustava?

### 1.1 Laboratorní soustava souřadnic

#### 1.1.1

Demonstrujte volný pád, vrh svislý vzhůru a šikmý vrh v laboratoři nebo na velké desce.

Zvolte si vhodnou vztažnou soustavu  $\Sigma$  a napište v ní pohybové rovnice. Ukažte, že jejich sepsání je ve zvolené soustavě jednodušší než v jiné vhodné zvolené vztažné soustavě  $\Sigma'$ .

Zakreslete vztažnou soustavu  $\Sigma$  a dopište rovnice:

#### 1.1.2

Demonstrujte pohyb kuličky po nakloněné rovině. Napište její pohybové rovnice v soustavách  $\Sigma$  a  $\Sigma'$  jejíž jedna osa je rovnoběžná s nakloněnou rovinou za předpokladu zanedbatelného tření. Kuličku považujte za hmotný bod; rovnice porovnejte.

### 1.2 Galileovská soustava souřadnic

- Napište rovnice Galileiho transformace.
- Ukažte experiment odpovídající Galileiho transformaci?

#### 1.2.1

Demonstrujte rovnoměrný přímočarý pohyb vozíčku nesoucího kuličku na vzduchové dráze. Popište pohyb kuličky ve vztažné soustavě  $\Sigma$  spojené s okrajem vzduchové dráhy a  $\Sigma'$  spojené s vozíčkem.

#### 1.2.2

Na malé desce pohybujte rovnoměrně přímočaře soustavou  $\Sigma'$  vůči soustavě  $\Sigma$ . Popište pohyb kuličky v obou soustavách.

### 1.3 Rotující soustava souřadnic

Demonstrujte pohyb kuličky na otáčejícím se kotouči. Popište jej v soustavě  $\Sigma$  spojené se stolem a  $\Sigma'$  se středem na ose otáčení kotouče.

- Jaký pohyb koná kulička v obou soustavách?
- Splňují tyto soustavy Galileiho transformaci?
- Jaký pohyb koná bod na obvodu kola automobilu
  - a) vzhledem k jeho středu
  - b) vzhledem k vozovce?

### 1.4 Vektor posunutí, skládání vektorů posunutí

Na velké desce objasněte popis pohybu pomocí polohového vektoru a vektoru posunutí; ukažte skládání dvou vektorů posunutí, rozklad do souřadnicových složek a do dvou přímk na sebe kolmých, vynásobení vektoru reálným číslem.

## 2 Definice rychlosti

- Objasněte pojmy rychlost, okamžitá rychlost, velikost rychlosti, průměrná rychlost, průměrná velikost rychlosti vektorový charakter rychlosti.
- Uveďte příklady, kdy se mění velikost a nemění směr rychlosti a naopak.

## 3 Definice zrychlení

- Obdobně jako u rychlosti.

### 3.1 Určení posunutí, rychlosti a zrychlení

Demonstrujte pohyb kuličky po vodorovné a nakloněné rovině. V obou případech zakreslete polohy kuliček po uplynutí stejných časových úseků  $\Delta t$  a ke každé poloze zakreslete vektor rychlosti a zrychlení.

### 3.2 Určení okamžité rychlosti a zrychlení, rozklad do směrů

Na velké desce demonstřujte šikmý vrh, na točně rovnoměrný pohyb po kružnici; dále demonstřujte pohyb kuličky na horské dráze. V různých bodech dráhy zakreslete rychlosti a zrychlení. Určete, zda se jedná o tečnou či normálovou složku. Je-li to možné, napište pohybové rovnice.

## 4 Vliv síly na pohybový stav těles

- Jakým způsobem může být realizováno vzájemné působení těles?
- Jak se projevuje silové působení? Je přitažlivé nebo odpudivé?
- Pomocí jaké fyzikální veličiny popisujeme vzájemné silové působení těles nebo tělesa a silového pole?

### 4.1 Pokus s kuličkou a magnetem na nakloněné rovině

Pod nakloněnou skleněnou desku položte magnet. Po rovině spouštějte ocelovou kuličku tak, aby se pohybovala v různých vzdálenostech od magnetu. Jak se bude měnit trajektorie kuličky? Použijte dva magnety. Co pozorujete? Zakreslete!

- Co je příčinou změny pohybu kuličky?
- Jedná se o působení dvou těles?
- Jaký směr má výsledná síla?

### 4.2 Pokus s kuličkou na odstředivce

Kuličku (voziček) připevňte pomocí siloměru ke středu točny. Pozorujte výchylku siloměru

- je-li kulička v klidu,
- otáčí-li se točna s rostoucí úhlovou rychlostí,
- otáčí-li se točna s konstantní úhlovou rychlostí,
- otáčí-li se točna s klesající úhlovou rychlostí.

- Jaké síly působí na kuličku v jednotlivých případech, jaká je jejich velikost a směr? Popište v různých vztažných soustavách.



- Mají všechny uvedené síly zdroj v reálných tělesech?
- Vysvětlíte souvislosti mezi silou odstředivou, dostředivou, setrvačnou.

#### 4.3 Vozíček a přivažek, Atwoodův padostroj

Demonstrujte pohyb vozíčku taženého přes pevnou kladku závažím a těles zavěšených na Atwoodově padostroji.

- Jaké síly v obou případech působí na každé těleso? Určete zrychlení vozíčku a tah ve vláknech.
- V čem se oba experimenty liší? (Při výpočtu zanedbejte tření.)

#### 4.4 Volný pád a šikmý vrh

Na velké nakloněné desce demonstřujte volný pád a šikmý vrh s odporem vzduchu (míček) a bez odporu vzduchu (terčik na vzduchovém polštáři).

- Jaké síly na těleso působí? Zakreslete do obrázků.
- Zakreslete do obrázku trajektorie v obou případech.
- Napište pohybové rovnice míčku pro případ bez odporu vzduchu. Jak by se změnilo pro pohyby s odporem vzduchu?

## 5 Skládání a rozklad sil, zákony síly

### 5.1 Skládání sil na velké desce

- Ukažte, že síly pružnosti a gravitační síly jsou ekvivalentní.
- Ukažte, že rovnováha na kladce platí pro libovolný směr sil.
- Proveďte skládání sil - ležících v jedné přímce,
  - neležících v jedné přímce.

### 5.2 Odpuzování vozíčků magnety

Vozíčky, na jejichž koncích jsou nalepeny magnety souhlasnými póly k sobě, svážíme nití a nit pak přepálíme.

- Jaké síly působí na vozíčky, jaká mají působiště, velikosti a směr?
- Lze tyto síly složit? Zakreslete.

## 6 Existence pseudosil v neinerciálních soustavách

- Co jsou to inerciální a neinerciální vztažené soustavy?
- Jaké síly vznikají v neinerciálních soustavách, jaká je příčina jejich vzniku?
- Jaké pseudosíly působí v následujících pokusech?
- Kde se projevují v běžném životě.

### 6.1 Kyvadlo na točně

Matematické kyvadlo umístíme na točnu tak, že v klidu visí kulička v ose otáčení. Kyvadlo uvedte do pohybu, otáčejte pomalu točnou.

- Jaké síly působí na kyvadlo.

- Zakreslete průmět trajektorie kuličky do roviny točny.

### 6.2 Nádoba s vodou na točně

Kádinku s vodou postavte na kotouč [ ] nechte jej otáčct.

- Zakreslete tvar hladiny v nádobě a síly působící na částice kapaliny.

### 6.3 Zrychlené systémy

Pomocí tělesa mezi dvěma pružinami demonstujte síly působící na těleso ve výtahu:

- v klidu, rovnoměrném pohybu vzhůru
- při zrychleném pohybu vzhůru,
- při zrychleném pohybu dolů.

Pomocí porušení rovnováhy Pogendorfova padostroje demonstujte tahy ve vlákněch. Pogendorfův padostroj je dvojramenná páka s kladkami na koncích ramen a pod závěsem (pod osou).

- Zakreslete do obrázků všechny síly působící na těleso ve výtahu.
- Jaká pseudosíla zde působí?
- Jaký je tah na konci ramene padostroje, když závaží na konci ramene zrychleně klesá (stoupá)?

## 7 Newtonovy zákony

- Jak zní Newtonovy zákony?
- Na jaké soustavy je jejich platnost omezena?

### 7.1 První Newtonův zákon

- Demonstujte klid a rovnoměrný přímočarý pohyb. Ukažte, že výslednice sil působících na těleso je nulová.

### 7.2 Druhý Newtonův zákon

Vysvětlete z hlediska 2.NZ pohyb vozíčkového padostroje, Etwoodova padostroje, let rakety, let střely z pušky, aj. příklady pohybů těles.

### 7.3 Třetí Newtonův zákon

- Vysvětlete, jaké síly působí na závaží položené na ruce a na ruku, na siloměr připevněný ke stěně a na stěnu atd.
- Na první siloměr zavěste první těleso, pak druhý siloměr a druhé těleso. Jaké síly působí na siloměry a jaké na tělesa?

- Přepalte nit spojující dva vozíčky spojené pružinou na vozíčkové dráze. Vysvětlete pohyb z hlediska 2. a 3. Newtonova zákona.
- Zavěste mezi dvě nitě závaží. Zatáhněte za spodní nit rychle a pomalu. V kterém případě a proč se přetrhne horní a kdy dolní nit?

- Pomocí I. a III.NZ poznávejte vlastnosti neznámých sil. Experimentálně ukažte na zákonu odpudivých sil dvou magnetů, zákonu sil tření, zákonu pružných sil.

## LA KINEMATIKA A DYNAMIKA POHYBU

### 8 Zákon zachování hybnosti

- Co je to izolovaná soustava?
- Vyslovte ZZ hybnosti pro izolovanou soustavu.
- Vyslovte ZZ energie (mechanické energie) pro izolovanou soustavu.

#### 8.1 ZZH na vzduchové dráze

Pozorujte srážky vozíčků na vzduchové dráze a odrazy vozíčků od konců dráhy.

- Ze ZZH odhadněte další pohyb vozíčků po srážce.
- Na základě ZZH interpretujte pohyb člověka (kyvadla) na loďce.

#### 8.2 Ráz koulí, náraz na stěnu

Na bifilárních, stejně dlouhých závěsech, jsou zavěšeny kuličky stejného objemu a hmotnosti. Popište, co se stane po nárazu koule do všech ostatních, do jedné koule, na dokonale pružnou stěnu, na stěnu s plastelinou. Předpovězte jev na základě výpočtu.

- Jedná se o středový náraz?

- Je ráz pružný nebo nepružný, platí zákony zachování energie a hybnosti?
- Získá stěna po nárazu nějakou rychlost?

#### 8.3 Balistické kyvadlo a pistolka

Zasáhněte střelou balistické kyvadlo. Zakreslete pohyb kyvadla.

- Jaké zákony zachování zde platí?
- Je možné z výšky výstupu kyvadla určit rychlost střely?
- Je potřebné uvažovat o deformační energii?

#### 8.4 Pád kuliček v rouře

Do trubice vhoďte těsně po sobě velkou a malou ocelovou kuličku. Velká se odrazí od kovadliny a malá pak od velké.

- Jak se budou pohybovat obě kuličky?
- Odhadněte na základě zákona zachování hybnosti rychlosti pohybu velké a malé kuličky po odrazech.
- Jak vysoko vyletí malá kulička v ideálním případě
- Proč je potřebné, aby ráz byl středový?
- Jak by se změnily výsledky pokusu, kdybychom nepoužili trubici?

# I.B STATIKA A ZÁKONY ZACHOVÁNÍ

Demonstrujte a objasněte:

## 1 Potenciální a kinetická energie, práce

- Definujte pojmy energie, energie potenciální a kinetická, mechanická práce.
- Vyslovte zákon zachování mechanické energie.

### 1.1 Potenciální energie gravitační

Zvedejte závaží položené na dlani z výšky  $h_2$  do výšky  $h_1$  nad povrchem stolu.

- Zakreslete do obrázku síly působící na závaží.
- Určete práci těchto sil při zvednutí závaží z výšky  $h_2$  do výšky  $h_1$ .
- Definujte pojem potenciální gravitační energie. Závisí její hodnota na volbě nulové hladiny energie?
- Určete potenciální energii závaží ve vrcholech  $A, B, C, D$  svislého čtverce stojícího na vrcholu  $A$ . Určete práci vykonanou při přenesení tělesa po dráze  $AB$  a  $ACB$ .
- Je správné tvrzení „těleso má potenciální energii ...?“ Zdůvodněte.

### 1.2 Potenciální energie pružnosti

Na pružinu zavěste závaží o hmotnosti  $m$ . Pružinu prodlužte, pozorujte její kmity. Pak pokus uspořádejte vodorovně (těleso volně klouzá po podložce, bez tření).

- Zakreslete do obrázku některé charakteristiky (rychlost, zrychlení, síly) kmitavého pohybu, napište rovnice popisující pohyb takového oscilátoru.
- Jaké druhy energie se zde přeměňují, je-li pokus uspořádán svisle? (vodorovně). Napište jejich matematické vyjádření.

- Ověřte platnost zákona zachování mechanické energie pro harmonické netlumené oscilátory.

### 1.3 Pružné a nepružné rázy, pády míčků

Realizujte srážku dvou vozíčků na vozíčkové dráze nebo vzduchové lavici. Kontakt vozíčků při srážce je jednou realizován prostřednictvím pružiny, podruhé prostřednictvím plastelíny.

Pokus opakujte pro různé hmotnosti vozíčků a rychlosti před srážkou.

Pád pinpongového míčku, dvou gumových kuliček (obyčejná guma a guma značky NORSOREX s pomalou restitucí deformace).

- Načrtněte do obrázku hmotnosti a rychlosti vozíčků před srážkou, do-  
kreslete situaci po srážce.
- Jaké druhy energie se přeměňují při rázu pružném a nepružném? Jaké zákony zachování zde platí?
- Objasněte vlastnosti gumových míčků při odraze a při valení na nakloněné rovině.
- Vysvětlete z tohoto hlediska pokusy s rázy kovových kuliček.
- Vysvětlete, proč míček dopadající na podložku po odrazu vystupuje do menších výšek, až se nakonec úplně zastaví. V libovolném bodě zakreslete do obrázku síly a rychlosti.

### 1.4 Práce gravitačních sil na horské dráze

Po horské dráze spouštějte kuličky různé velikosti a z různého materiálu. Sledujte, jak velkou část dráhy projdou.

- Jaká je celková energie kuličky před zahájením pohybu?



- Na jaké druhy mechanické energie se tato energie přeměňuje během pohybu?
- Co je příčinou toho, že některé kuličky nepřekouají potencionální val?
- Jakou podmínku je potřeba splnit, aby kulička prošla kruhovou smyčkou? (uvažujte o silách působících na kuličku)
- Má rozměr kuličky vliv na to, zda kulička projde celou dráhu?
- Jaké síly v tomto případě konají mechanickou práci?

### 1.5 Práce sil tření

Na nakloněné rovině táhneme těleso rovnoměrným pohybem nahoru, dolů. Pouštíme gumové míčky, naplněný pinpongový míček. 1.5.1  
Zakreslete všechny síly, které na těleso působí.

- Tíhovou sílu rozložte do složek, jejichž účinky jsou vzájemně nezávislé. Jakou mají tyto složky velikost?
- Napište vyjádření pro třecí sílu.
- Určete výslednici všech působících sil. Jakou má velikost a směr?
- Kdy se bude těleso po nakloněné rovině pohybovat rovnoměrně?
- Napište ZZE pro míčky i tažená tělesa.

### 1.5.2

Nechte těleso klouzat (míčky valit) dolů po nakloněné rovině. Na začátku je rychlost tělesa nulová.

- Vyjádřete celkovou mechanickou energii tělesa na začátku a na konci nakloněné dráhy.
- Určete sílu, která koná práci. Jaký je vztah mezi prací vykonanou touto silou a mechanickou energií na začátku a na konci dráhy? V co se přeměňuje rozdíl mechanické energie?

### 1.6 Kladkostroje

Předvedte činnost kladkostrojů, klínu a šroubu. Nakreslete je; odvoďte vztahy pro sílu, kterou působíme na zvedané břemeno. Uvažujte kdy nastane rovnováha.  
Kladka pevná:

### Diferenciální kladkostroj:

(Napište momentovou větu. silami vzhledem k ose souosých kladek)

### Klín

Odvoďte podmínku rovnováhy  $\frac{F'}{F} = \frac{c}{b}$

### Šroub

O šroubu uvažujte obdobně jako o nakloněné rovině;  $F' = F \frac{h}{2\pi r}$

### Kolo na hřídeli:

Určete práci vykonanou při jedné otáčce:

### Nakloněná rovina

Rozložte síly do složek, odvoďte podmínku rovnováhy  $F' = F \frac{h}{z}$

## 2 Moment síly a jejich rovnováha, rotace

### 2.1 Momentový kotouč

- Do různých vzdáleností od osy otáčení kotouče zavěšujeme závažíčka různých hmotností. Pozorujeme otáčení kotouče.
- Použitím vhodných závažíček ve vhodných vzdálenostech zastavíme otáčení kotouče.

Pokusy je možné provádět i se siloměty.

- Do dvou obrázků zakreslete působící síly a jejich ramena.
- Definujte veličinu moment síly. Práce při rotaci.
- Určete orientaci vektoru momentu síly v obou případech. Nakreslete.
- Co se děje, když je osa otáčení nad nebo pod těžištěm?
- Napište pohybovou rovnici pro těleso na nějž působí stálý moment sil.

### 2.2 Rovnováha na páce

Zakreslete do obrázků působící síly a sílu působící na osu.

Pokusy je možné provádět na páce nebo na momentovém kotouči.

Jaká síla působí na osu. Určete graficky její výslednici, určete ji i výpočtem.

### 2.3 Moment dvojice sil Pomocí siloměrů ukažte na točně působení dvojice sil.

- Jaká je jejich výslednice? Můžeme nahradit účinek dvojice účinkem jedné síly?
- Na momentovém kotouči demonstруйте správné (oběma rukama) a nesprávné (jednou rukou) držení volantů.

### 2.4 Okamžitá osa rotace při valení tělesa

Mějme cívku s navinutou nití. Táhneme-li za nit, cívka se pohybuje buď k nám (navíjí se), nebo od nás (rozdvíjí se).

- Co je příčinou rozdílného pohybu cívky?
- Zakreslete působící síly a jejich ramena vzhledem k bodu dotyku tak, aby se cívka pohybovala jedním nebo druhým směrem.

## 3 Těžiště tělesa, stabilita tělesa

### 3.1 Určení těžiště zavěšením

Na háček zavěšujeme různá tělesa, těžnici realizujeme pomocí nitě se závažím. Pro několik zavěšení každého tělesa určíme těžnici a jejich průsečík – těžiště.

- Co je těžiště tělesa?
- Jaký pohyb koná těleso upevněné v těžišti?
- V jaké poloze skončí otáčení tělesa nezavěšeného v těžišti a proč?
- Zakreslete těžiště těles různých geometrických tvarů.

### 3.2 Stabilita válce, dutého válce, těles na nakloněné rovině

Demonstrujte polohu stabilní, labilní a indiferentní pro těleso podepřené i zavěšené.

Těleso zavěšené  
(momentový kotouč, páka...)

Těleso podepřené  
(horská dráha, miska)

- Zakreslete do obrázků tíhovou sílu a reakci závěsu (podložky). Určete momenty sil, popřípadě síly, které způsobují navrácení tělesa do původní polohy, respektive vychýlení tělesa z této polohy.
- Definujte polohu stabilní, labilní a indiferentní. Jaký extrém potenciální energie tělesa je v těchto polohách?
- Co je mírou stability tělesa?

### 3.3 Stabilita nehomogenních těles

Prozkoumejte stabilitu nehomogenních kvádrů na nakloněné rovině. Jak se změní stabilita válečku přidáním plastelíny na jednu základnu mimo střed?

### 3.4 Stabilita těles na nakloněné rovině

Na nakloněnou rovinu se zarážkami postavte dřevěné kvádry podle obrázku a

naklánejte rovinu.

- Vyjádřete stabilitu kvádrů v různých polohách:
  - a) úhlem  $\alpha$ , o který se otočí těžiště při překlopení
  - b) velikostí síly  $F$ , kterou se otočí těžiště při překlopení
  - c) vykonanou prací, kterou se otočí těžiště při překlopení.

### 3.5 Stabilita zavěšených těles

Pomocí kahanu nahřejte dráty kola upevněného v těžišti.

- Jak se chovají dráty kola po nahřátí?
- Je potom těžiště totožné s osou otáčení?
- Proč se otáčení kola chvílemi zastavuje?

### 3.6 Stabilita rovnoramenných vah a poloha těžiště

Prohlédněte si laboratorní váhy.

- Co je osou otáčení vahadla?
- Jakou polohu musí zaujímat vahadlo, má-li se po vychýlení vrátit do původní polohy? Kde se nachází těžiště vahadla (vzhledem k ose otáčení)?
- Popište princip stolních vah. Co je příčinou, že roviny misek zůstávají při libovolné poloze vahadel vodorovné?
- Popište princip listovních vah. Odvoďte vztah pro hmotnost váženého tělesa v závislosti na hmotnosti závaží.

## 4 Moment setrvačnosti a rotační kinetická energie

### 4.1 Rotační (Wattův) regulátor otáček

Vyzkoušejte si činnost rotačního regulátoru otáček.

- V jaké poloze se ustálí koule při otáčení? Jaké síly na kouli v této poloze působí?
- Odvodte vztah pro úhel  $\alpha$ , které svírá rameno regulátoru se svislým směrem.
- Definujte veličiny moment setrvačnosti a rotační kinetická energie.

### 4.2 Válec na nakloněné rovině

Po nakloněné rovině spouštějte plné a duté válce různých hmotností a průměrů. Vždy předpovězte, který rychleji urazí danou dráhu.

- Válec koná posuvný i rotační pohyb. Co je příčinou rotačního pohybu?
- Pouštíme-li po nakloněné rovině plné válce různých hmotností, který bude první dole?
- Řešte předchozí úlohu pro válce stejné hmotnosti, ale plný a dutý.
- Ze zákona zachování energie odvodte vztah pro rychlost  $\bar{v}$  válce na konci nakloněné dráhy.

### 4.3 Volné osy rotace koule, válce, kruhové desky

Na osu odstředivky zavěste na niti připevněné předměty, např. řetízek, válec, miskou, desku ... Pozorujte jejich otáčení při různých úhlových rychlostech.

- Jaké síly působí na rotující těleso, když osa rotace není osou symetrie.
- Co je příčinou změny osy rotace?

## 5 Vlastnosti sil tření

- Co je to síla tření a jakým směrem působí?
- Jaké druhy tření známe, jaké pro ně platí vztahy?
- Na čem závisí velikost třecí síly?
- Na čem závisí odporová síla prostředí?

### 5.1 Pohyb kvádrů na nakloněné rovině

Kvádr položte na vodorovnou desku. Desku zdvíhejte až do té polohy, ve které se kvádr po slabém popostrčení bude pohybovat rovnoměrným pohybem.

- Jaké síly na kvádr působí. Jaká je výslednice třecích sil?
- Jedná se o tření smykové nebo valivé, statické nebo dynamické? Jaký pro ně platí vztah?
- Odvodte vztah pro výpočet součinitele smykového tření při tomto experimentálním uspořádání.
- Objasněte moment valivého tření.

### 5.2 Siloměrem tažené kvádry, různý povrch a hmotnost

#### 1) tření pohybové

##### a) na nakloněné rovině táhněte kvádr pomocí siloměru

- Určete velikost třecí síly.

##### b) měřte sílu při rovnoměrném pohybu

##### ba) pro různé podložky

##### bb) pro různou velikost normálové síly

- Zakreslete působící síly.
- Na čem závisí smykové tření?

#### 2) tření statické



- Jaký vztah platí pro statické smykové tření?
- Porovnejte velikost třecí síly statické a dynamické.

### 5.3 Železný válec tažený siloměrem po hladkém povrchu či písku

Železný válec táhněte po hladkém povrchu či po písku v misce.

- O jaké tření se jedná v tomto případě?
- Na čem toto tření závisí, jaký pro něj platí vztah?

### 5.4 Míček plněný glycerinem

Prázdný míček a míček (váleček) naplněný kapalinou o vysoké viskozitě použijte po nakloněné rovině.

- O jaké tření se jedná v tomto případě?
- Formulujte ZZĚ.

### 5.5 Kužel tření sypkých hmot

Do válcové nádoby a do kulové baňky ponořte kužílek, zasypejte solí, dobře setřepte a doplňte solí až po okraj. Pak se pokuste kužílek vytáhnout.

- Jaké síly působí na kužílek a na stěny nádoby při vytahování? Zakreslete do obrázků.
- Na čem závisí síla tření sypké hmoty?
- Jak by dopadl tento pokus, kdyby místo soli byly použity jemné kuličky?

## 6 Deformace tělesa

### 6.1 Elastická a plastická deformace drátu

Napnutý drát přes kladku napínejte pomocí závažiček. Určete prodloužení, oblast platnosti Hookova zákona, najděte začátek plastické deformace. Porovnejte vlastnosti drátu a silonového vlákna (tečení - creep).

- Jaký zákon popisuje oblast pružné deformace? Napište jej.
- Nakreslete deformační křivku (závislost  $\sigma$  na  $\epsilon$ ), pojmenujte její části a význačné body.
- Nakreslete přibližně závislost deformace drátu a silonového vlákna na čase.

### 6.2 Modely dislokací a deformačních účinků síly

Pomocí houby s nakreslenou strukturou krystalové mřížky modelujte dislokaci hranovou a šroubovou a deformaci materiálu tahem, tlakem, smykem a kroucením. Zakreslete obrázky, popř. určete velikost působících sil.

### 6.3 Monokrystaly a polykrystaly; modely kapalin, krystalů, plynů a plastů

- Jaký je rozdíl mezi látkami krystalickými a amorfními, mezi monokrystaly a polykrystaly.
- Na naleptaném pozinkovaném plechu pozorujte monokrystalická zrna nepravidelného tvaru.
- Pomocí soli modelujte některé vlastnosti kapalin. V čem se tento model shoduje a v čem se liší?

### III.C Molekulová fyzika

*Demonstrujte a objasněte*

#### C1. Tepelný pohyb atomů a molekul

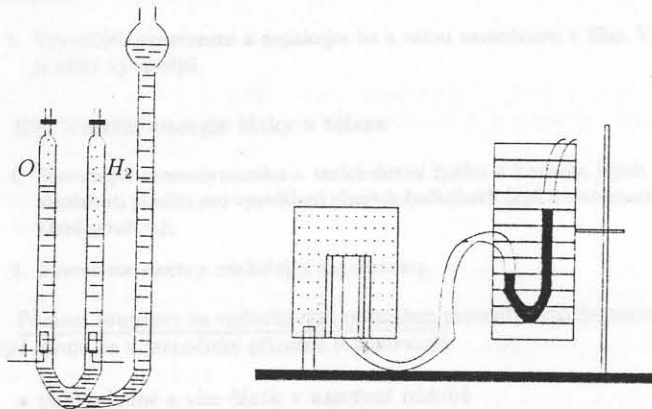
Brownův pohyb částic ve vodě demonstrujte pozorováním pod mikroskopem se zvětšením asi 600x. V destilované vodě rozmíchejte malé množství bíloby (na hodinovém sklíčku) a kapku přeneste na podložní sklíčko a shora překryjte krycím sklíčkem. Vrstvu mezi oběma skly pozorujte.

Věnujte pozornost zaostření zorného pole a správnému osvětlení.

1. Jaké je vysvětlení pohybu Brownovy částice a na čem závisí střední posunutí pohybu částice?

Difúzi kapalin předvedete na glycerínu, který vlijete asi do poloviny objemu do dvou zkumavek, shora pak opatrně přilijte cukerný roztok. Jednu ze zkumavek vložte do vlažné vody. Pozorujte rozhraní kapalin ve zkumavkách.

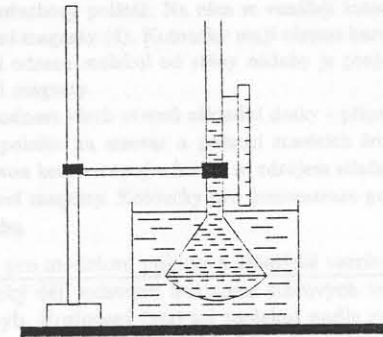
1. Co je to difúze?
2. Na jakých fyzikálních veličinách závisí střední rychlost částic při difúzi?
3. Co pozorujeme při zvýšení této rychlosti?



Transfúze plynů je difúze plynů přes průlinčitou nádobu. Rychlost průchodu molekul plynu stěnou je nepřímo úměrná jeho hustotě. Vodík, který necháte difundovat, si vyrobíte rozkladem třicetiprocentní kyseliny sírové v Hoffmanově přístroji (obrázek nalevo). Napětí přivádějte ze školního zdroje stejnosměrného proudu (svorky 10-40V, pouze do 10V); rozkladné napětí je asi 1.7V. Aparaturu na měření transfúze sestavte podle obrázku vpravo: kameninová průlinčitá nádoba je spojena s kapalinovým manometrem a překryta kádinkou. Na začátku pokusu je v nádobce atmosférický tlak. Když vyrobíte dostatečné množství vodíku, přiveďte jej hadičkou pod přiklopenou kádinku.

1. Určete převládající směr difúze molekul vzduchu a vodíku a porovnejte jejich rychlosti. Vysvětlete zahájení vzestupu tlaku a jeho ukončení.
2. Odstraňte kádinku. Podobně jako v 1. vysvětlete vznik podtlaku a ustálení tlaku na hodnotě atmosférického tlaku.
3. Jak se nazývá doba, po jejímž uplynutí se ustálí v nádobce atmosférický tlak a jaký je její fyzikální význam?
4. K difúzi můžete použít i jiný plyn, např. metan. Promyslete si, jaká základní kritéria musí jakýkoliv plyn splňovat, aby pro něj nastaly pozorované efekty a byly dostatečně výrazné.

Osmóza kapalin je pronikání molekul přes polopropustnou blánu do kapaliny jiné. Demonstrujte ji na vyobrazeném zařízení. Celofanová blána odděluje horní prostor, ve kterém je cukerný roztok ve vodě, od dolního prostoru - vody. K nádobce připevněte trubičku s dílkou, doplňte cukerný roztok k dolnímu dílku a ponořte do vody. Pokus nechejte probíhat dostatečně dlouho, aby vzestup hladiny v trubičce byl přesvědčivý. Po skončení pokusu *opatrně* zvedněte nádobku nad hladinu vody v kádince.



1. Molekuly sacharózy jsou příliš velké a mikroskopickými otvory v celofanové membráně nemohou projít, ale molekuly vody jimi procházejí. Určete směr koncentračního gradientu molekul vody a směr jejich difúze.
2. Vysvětlete pojem osmotický tlak a uveďte příklady dějů v živých organismech, při nichž dochází k osmóze.

**C2. Pojmy rovnovážný stav, izolovaná soustava, přechod mezi rovnovážnými stavy**

Adiabatické stlačování a rozpínání demonstřujete např. hustilkou: při kompresi dojde k zahřátí pístu. Expanzi realizujete tak, že z tlakové nádoby (sifonové bombičky) necháte po proražení uzávěru expandovat oxid uhličitý. Použijte z bezpečnostních důvodů hlavu sifonového přístroje, kam bombičku zašroubujete. Prázdná bombička se ochladí pod bod mrazu.

1. Napište tvar první věty termodynamické pro adiabatický děj. Na jejím základě vysvětlete ohřátí pístu a ochlazení bombičky.

Existenci relaxační doby, která uplyne do vzniku termodynamické rovnováhy, můžete demonstřovat i se svíčkou, kterou zapálíte a na lodičce umístíte na hladinu vody v nádobce. Překryjte svíčku nádobkou s dílkou a pozorujte vzestup vodní hladiny v nádobce.

1. Vysvětlete experiment a zopakujte ho s vatou namočenou v lihu. Vysvětlete, proč je efekt výraznější.

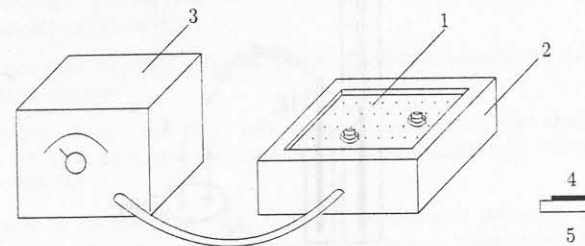
### C3. Vnitřní energie látky a tělesa

1. Porovnejte termodynamiku a molekulovou fyziku z hlediska jejich logické stavby, vhodnosti použití pro vysvětlení různých fyzikálních dějů a matematických postupů, které používají.
2. Vysvětlete všechny následující experimenty.

Pomocí soupravy se vzduchovým polštářem proveďte tyto demonstrace (podrobnější návod je v metodické příručce v laboratoři:

- pohyb jedné a více částic v uzavřené nádobě
- základní částicový model plynu
- rychlosti částic ve směsi plynů
- expanze plynu otvorem v nádobě
- míchání plynů difúzí
- stlačování a rozpínání plynů
- Brownův pohyb v plynu
- popřípadě další experimenty

Konstrukce a funkce soustavy a její příprava pro demonstraci  
 Soupravu tvoří tyto základní části: a) základní deska se vzduchovým polštářem b) speciální tělesa, tj. kotoučky a magnety c) zdroj stlačeného vzduchu d) drobné příslušenství.



Základní deska (1) (viz obr.) s pravidelně rozmístěnými malými otvory je opatřena obrubou ve tvaru dutého mantinelu (2). Mantinel tvoří přetlakovou komoru, která je připojena ke zdroji stlačeného vzduchu (3). Vzduch proudící otvory desky tvoří souvislou vzduchovou vrstvu - vzduchový polštář. Na něm se vznášejí kotoučky (5) na vrchní části opatřené permanentními magnety (4). Kotoučky mají různou barvu a velikost (druhy molekul). Pro modelování odrazu molekul od stěny nádoby je projekční plocha ohraničena snímatelnými tyčovými magnety.

Zkontrolujte průchodnost všech otvorů základní desky - případné nečistoty odstraňte profouknutím. Desku položte na meotar a pomocí stavěcích šroubů nastavte do vodorovné polohy. Přetlakovou komoru spojte hadicí se zdrojem stlačeného vzduchu. Na okraj mantinelu položte tyčové magnety. Kotoučky pro demonstrace pokládejte na desku až po zapnutí přívodu vzduchu.

Pomocí soupravy pro modelové pokusy z kinetické teorie plynů demonstřujte izobarický děj, izochorický děj, existenci fluktuace stavových veličin plynu (tlaku, objemu), Brownův pohyb. Rozložení četnosti molekul podle rychlosti je časově dosti náročné, pokud budete provádět, použijte kuličky o menším průměru.

Nevýhodou této soupravy je značná hlučnost, která neumožní při demonstraci výklad učitele.

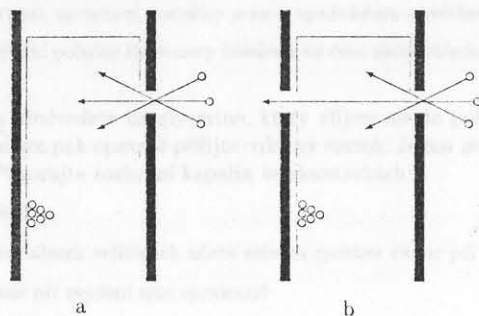
#### Konstrukce a funkce soustavy a její příprava pro demonstraci

Hlavní část soupravy tvoří základní těleso s elektromotorkem. Horní část základního tělesa tvoří rám s projekční komorou. Komora je ohraničena úzkými kovovými stěnami, dvěma skleněnými deskami a posuvným pístem, který lze upevnit. Nálevkovitým nástavcem v boční stěně se vysypou do komory kuličky. Ty jsou uváděny do pohybu pohyblivým dnem, ovládaným elektromotorkem a excentrem, jehož frekvenci lze stanovit stroboskopicky. Druhá postranní stěna má dva otvory o průměrech 5mm a 10mm, které lze uzavírat zástrčkou. Komůrka vložená do stěny je přidržována šoupátkem.

Běžně používáme jímací komůrku a, pro ověření Maxwellova zákona filtrační komůrku b. Tato komůrka realizuje vodorovný vrh kuliček s různou rychlostí, které zachycujeme do sektorového jímače s registrační komorou. Dbáme na těsné přiložení jímače k otvoru komůrky. Sektorový jímač je rozdělen na prstencovité sektory o šířce 1cm a registrační

komora na otevření buňky o šířce 1cm. Kuličky, které se v určitém počtu dostanou do uvažované buňky, jsou měrou četnosti kulíček v určitém intervalu rychlosti.

Před uvedením do chodu postavte obe části soupravy na gumovou podložku a vyrovnejte pomocí stavěcích šroubů. Komoru plňte kulíčkami nálevkovitým nastavcem. Kuličky musí být čisté a suché. Pokud kuličky opouštějí komoru, přidávejte každou minutu 45 kulíček, tj. udržujeme počet na 400. Po provedení pokusů vyprázdníte komoru vysunutím přední stěny a zachycením kulíček padajících z drážky do kádlinky. Pro úplně vyprázdnění je třeba komoru naklonit.



#### C4. Platnost stavové rovnice pro ideální plyn - pVT přístroj

Pomocí pVT přístroje demonstřujte děj izobarický, izochorický, izotermický a stavovou rovnici ideálního plynu.

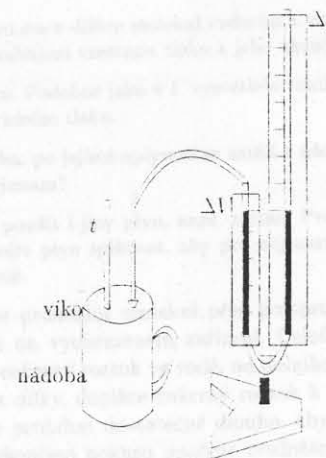
1. Napište zákony popisující tyto děje, diskutujte práci plynu vykonanou při těchto dějích.

##### Konstrukce a funkce soustavy a její příprava pro demonstraci

Přístroj má dvě základní části - trubice se stupnicemi a nádoby. Manometrická trubice a stupnice pro měření objemu plynu jsou vzájemně spojeny. Manometrická trubice se dá po uvolnění rýhovaného šroubu posouvat nahoru a dolů, trubice pro měření objemu se dá posouvat v pružných držácích.

Do vnější nádoby nalejte asi litr temperované vody, ve výlevce vodovodu zasuňte vnitřní nádobu do vnější a přístroj sešroubujte. Dolejte vodu, aby se celá vnitřní nádoba octla pod vodou. Hladinu kapaliny v manometru nastavte přesně na nulu.

Před zahájením pokusu zaznamenejte základní stav - skutečný tlak na aneroidu v laboratorii, počáteční teplotu vody a objem plynu v nádobce ( $1000\text{cm}^3$ ). Zahřejte na elektrické vařiči na nejnižším stupni za stálého míchání ruční míchačkou, dokud objem nevystoupí o  $5-7\text{cm}^3$ . Pak vypněte vařič, nádobu postavte na odkládací podložku a po ustájení údajů na stupnici změřte výsledky experimentu. Proveďte kontrolu platnosti odpovídajících zákonů.



#### C5. Existence práce vnějších sil při změně vnitřní energie látek nebo těles

Tyndalův pokus demonstruje přeměnu mechanické energie na teplo. Do nádoby na ročně nalijte vodu o laboratorní teplotě. Nádobku otáčejte a svírejte jemně korkovými kličkami.

1. Změřte teplotu vody a výsledek interpretujte.

Měrné tepelné kapacity kapalin a pevných látek jsou rozdílné. Na vahách vyvažte dvě stejné kádinky (400 ml), do jedné nalijte 200 ml vody, do druhé nasypete olovené broky. Do obou kádinek nalijte po 200 ml vody z ohříváče, promíchejte, změřte teplotu.

1. Vysvětlíte výsledek z hlediska termiky i kinetické teorie látek.

Statistickou interpretaci statistických veličin demonstřujte na Ehrenfestově statistickém stroji. Postupujte podle návodu v laboratorii, vykonajte alespoň 30 tahů.

1. Výsledek interpretujte např. z hlediska entropie.

Fázové přeměny modelujte dvourozměrným kuličkovým modelem. Další informace jsou na nástěnce.

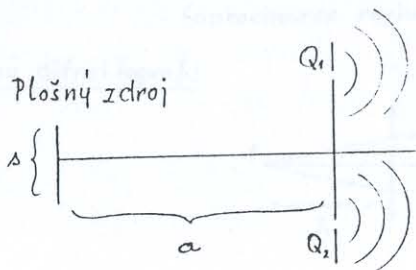
Modely parního stroje i benzinového motoru jsou funkční, seznámte se i s transparentními modely vhodnými pro promítání na meotaru. Na nástěnce si všimněte fázových diagramů pracovního cyklu výbušných motorů.

Schéma Tepelného čerpadla a chladničky je na nástěnce. Seznámte se s jejich konstrukcí a činností.



A1. Demonstrujte a objasněte jev zvaný prostorová koherence:

- za zdroj světla bílého světla proměnné velikosti u Youngova pokusu považujte štěrbinu;
- sestavte experiment (bez čoček) podle schématu a pozorujte, jak závisí viditelnost interferenčního jevu na velikosti štěrbinou a na vzdálenosti mezi štěrbinou a dvojštěrbinou.
- sestavte jednoduchý difraktograf podle schématu a opakujte předchozí pozorování.
- na čem závisí a jaký má význam koherenční šířka?



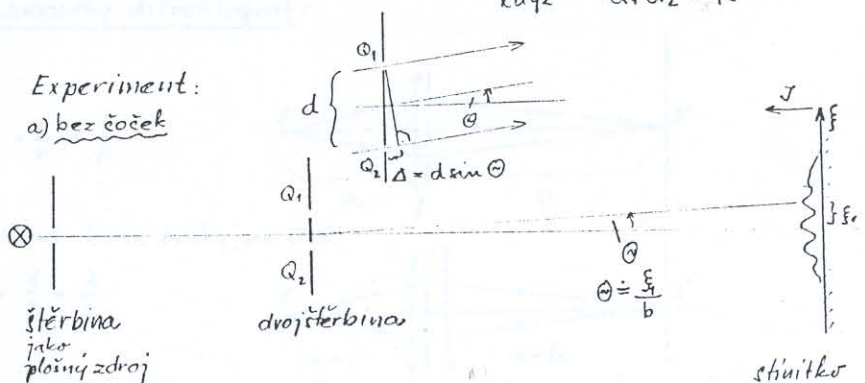
Prostorová koherence:

Koherenční šířka  $\beta$

$$\beta = \lambda \frac{a}{\Delta}$$

Sekundární zdroje  $Q_1$  a  $Q_2$  jsou koherentní (prostorově), když  $Q_1 Q_2 < \beta$

Experiment:  
a) bez čoček



b) jednoduchý difraktograf (čočkou vytvořit obraz štěrbinu na stínitku)

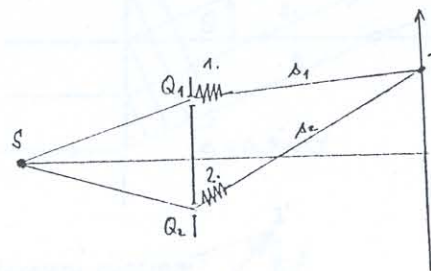
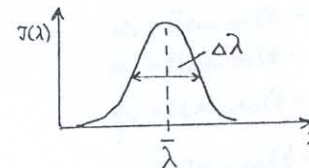


A2. Demonstrujte a objasněte jev zvaný časová koherence:

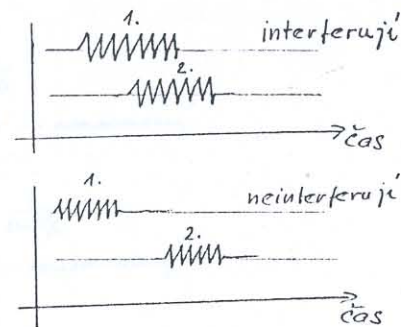
- sestavte Youngův pokus jako jednoduchý difraktograf;
- vlnové klubko zpoždíte zasouváním sklička před jednu štěrbinu a pozorujte viditelnost interferenčního jevu.
- na čem závisí a jaký má význam koherenční délka.

Koherenční délka:  $\delta = \frac{c}{\Delta \nu}$

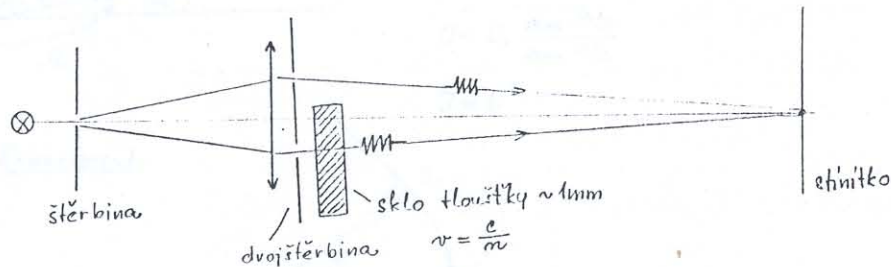
koherenční doba:  $\tau = \frac{\delta}{c}$



Sekundární zdroje  $Q_1$  a  $Q_2$  jsou časově koherentní, když  $|a_2 - a_1| < \delta$



Experiment:

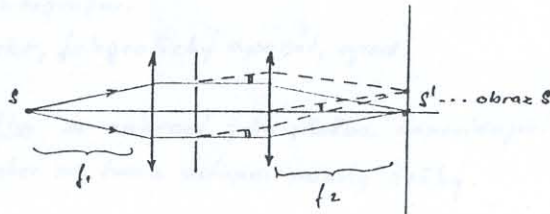


A3. Demonstrujte a objasněte určení vlnové délky Youngovým pokusem:

- sestavte jednoduchý difraktograf a pozorujte vzdálenost interferenčních proužků pro různé dvojštěrbiny.
- odvoďte výraz pro intenzitu při Youngově pokusu. Použijte fázorový diagram.

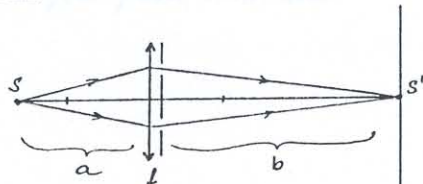
Youngův pokus  $\equiv$  Fraunhoferova difrakce na dvojštěbině  
(aproximace rovinných vln)

a) Úplný difraktograf:



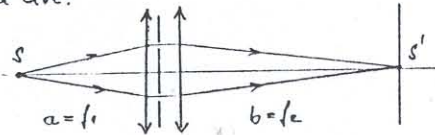
b) Jednoduchý difraktograf:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$



Rozklad tenké čočky na dvě:

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f}$$



Fázorový diagram: (učebnice §III.)

$$u_1 = U_0 \sin \omega \left( t - \frac{\Delta_1}{v} \right)$$

$$u_2 = U_0 \sin \omega \left( t - \frac{\Delta_2}{v} \right)$$

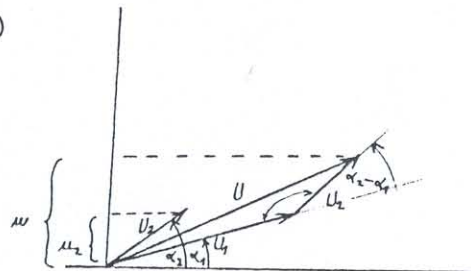
$$u = u_1 + u_2$$

kosinová věta:

$$U^2 = U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\alpha_2 - \alpha_1)$$

Intenzita:

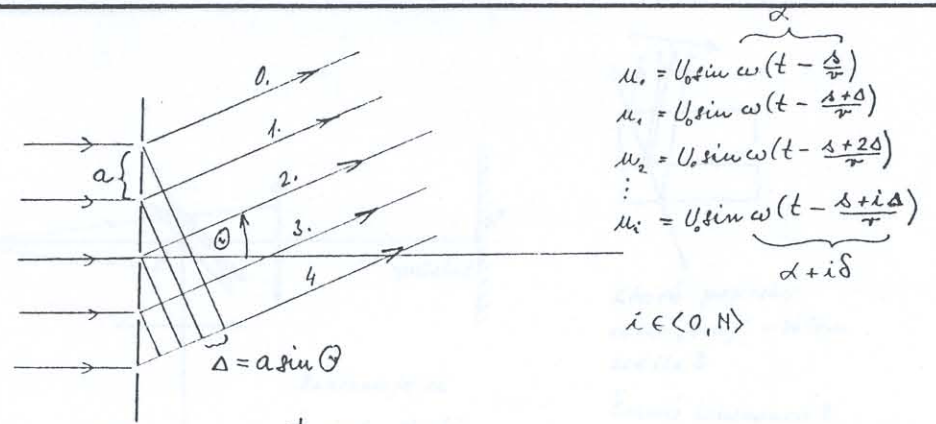
$$J \sim U^2$$



Analogie mat. definice  
geometrických funkcí

A4. Demonstrujte a objasněte difrakci světla na lineární optické mřížce:

- sestavte jednoduchý difraktograf a pozorujte difrakci bílého světla na různých mřížkách;
- použijte mřížky na průchod a na odraz, dávejte je těsně za čočku;
- odhadněte mřížkovou konstantu z pozorovaných jevů.
- objasněte princip funkce jednoduchého difraktografu při pozorování Fraunhoferových difrakčních jevů.



$$u_0 = U_0 \sin \omega \left( t - \frac{\Delta}{v} \right)$$

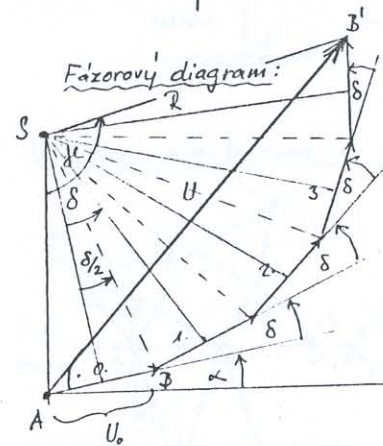
$$u_1 = U_0 \sin \omega \left( t - \frac{\Delta + \Delta}{v} \right)$$

$$u_2 = U_0 \sin \omega \left( t - \frac{\Delta + 2\Delta}{v} \right)$$

$$\vdots$$

$$u_i = U_0 \sin \omega \left( t - \frac{\Delta + i\Delta}{v} \right)$$

$$i \in \langle 0, N \rangle$$



$R = N\delta$

$\triangle SAB \dots$  rovnostranný

$\overline{SA} = R$

$R = \frac{U_0}{2} \frac{1}{\sin \delta/2}$

$\triangle SAB' \dots$  rovnostranný

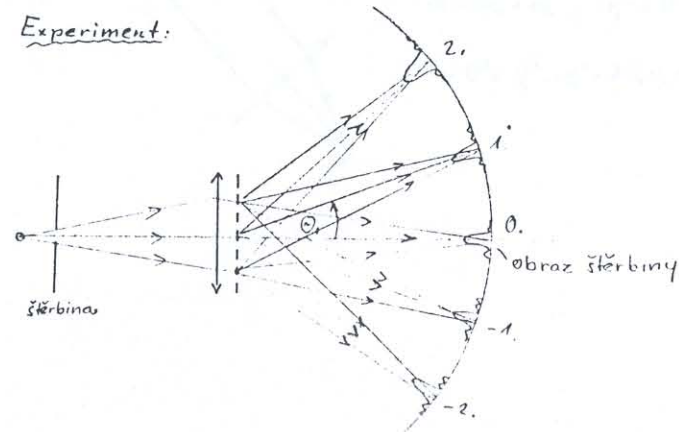
$\overline{BB'} = U$

$U = 2R \sin \delta/2$

$U = U_0 \frac{\sin \delta/2}{\sin \delta/2}$

$J \approx U^2$

Experiment:





- A5. Demonstrujte a objasněte princip pozorování difrakčních jevů okem a dalekohledem:
- na konec chodby dejte bodový zdroj světla a dívejte se na něj přes difrakční mřížky, které dáte těsně před oko, nebo těsně před objektiv dalekohledu;
  - jako difrakční objekty použijte dvojštěrbiny, lin. mřížky, tkaninu, čtvercovou síťku, aj.

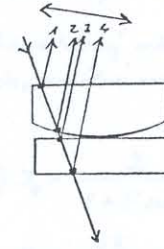
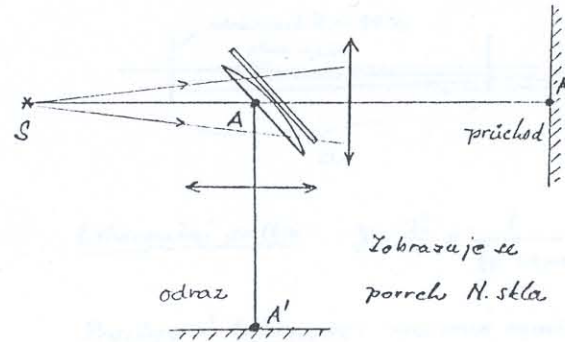
Princip vytváření obrazu dalekohledem je totožný s principem jednoduchého difraktografu.

Totéž platí i pro oko, fotografický aparát, apod.

Svitici bod předmětu se zobrazí jako ploška, odpovídající Fraunhoferově difraci na tvaru vstupní pupily čočky.

Vstupní pupilu nahradíme difrakčními objekty. Místo celého předmětu pozorujeme jen jeden svitici bod.

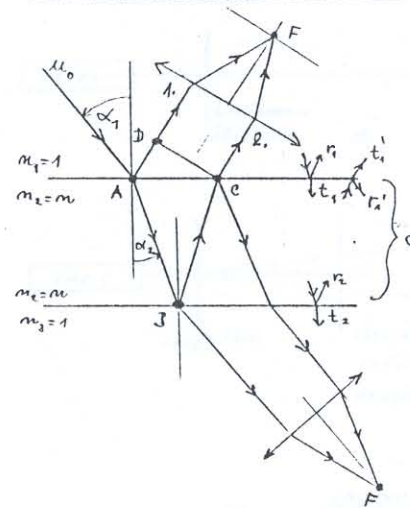
- A6. Demonstrujte a objasněte interferenci světla na tenké vrstvě:
- Zobraďte interferenční proužky na Newtonových sklech čočkou na stínítku, vysvětlete rozdíl v pozorovaném jevu na odraz a na průchod;
  - přitiskněte dvě skla na sebe a pozorujte okem interferenční jev na vzduchové mezeře.



Které paprsky interferují v bílém světle?  
Časová koherence?  
Prostorová koherence?  
Úloha čočky?

Zobrazuje se porrch N. skla

Odvození interference na planoparalelní vrstvě:



$$u_1 = \frac{U_0}{v_1} \sin \omega \left( t - \frac{s_0 + s_1}{v_1} \right) \quad v_1 = \frac{c}{n_1}$$

$$u_2 = \frac{U_0 t_1 r_2 t_1'}{v_2} \sin \omega \left( t - \frac{s_0}{v_1} - \frac{s_2}{v_2} \right) \quad v_2 = \frac{c}{n_2}$$

$$t_1 \approx t_2 \approx 1$$

$$r_1 (\text{vzduch} \rightarrow \text{sklo}) \approx \frac{1-n}{1+n} < 0 \Rightarrow \text{fázový posuv } \varphi_1 = \pi$$

$$r_2 (\text{sklo} \rightarrow \text{vzduch}) \approx \frac{n-1}{n+1} > 0 \Rightarrow \text{---} \varphi_2 = 0$$

$$s_1 = AD, \quad s_2 = AB + BC, \quad s_0 = DF = CF$$

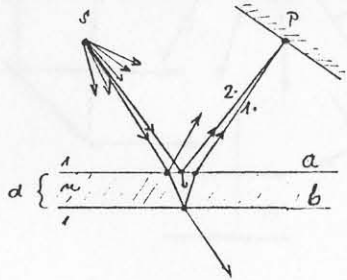
$$u = u_1 + u_2; \quad r_1^2 = R; \quad r_2^2 = R$$

$$I \sim U^2 = U_1^2 + U_2^2 + 2U_1 U_2 \cos \left[ \frac{2\pi}{\lambda} 2nd \cos \alpha_2 + \varphi_1 \right]$$

7. Demonstrujte a objasněte interferenční proužky stejného sklonu:

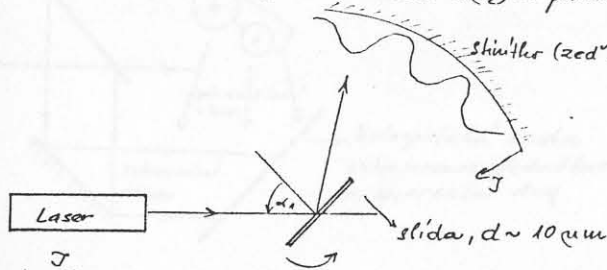
- Laserem vytvořte mírně rozbíhavý svazek a nechte jej dopadat na slídovou nebo skleněnou destičku pod různými úhly a pozorujte intenzitu odraženého svazku;
- Značně divergentní svazek světla ze sodíkové výbojky nechte dopadat na tenkou slídovou destičku. Na stěně pozorujte interferenční jev v odraženém světle (tzv. Pohlův pokus).

Interference na tenké vrstvě bez čočky:



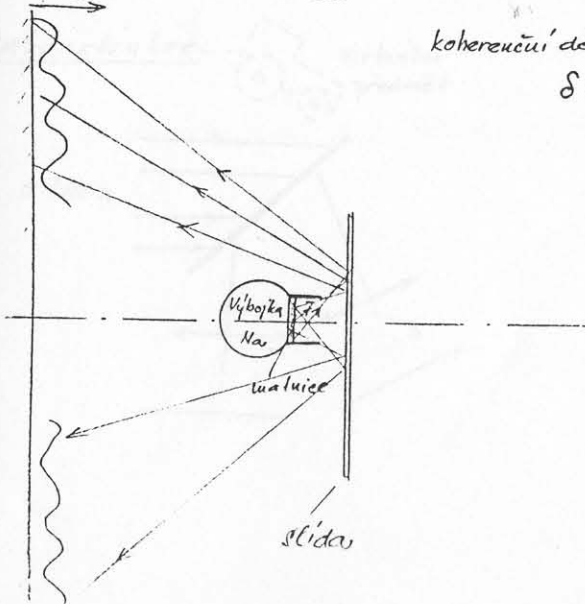
- Rozbíhavý svazek
- K paprsku 1. odraženému na rozhraní a se vždy najde paprsek 2. odražený na b, aby se oba protuly v P, kde interferují.
- důležité splnění podmínek časové i prostorové koherence.

$2e - 2t = 2nd \cos \alpha_2$  ... závislost  $I(\alpha_2)$  ... proužky stejného sklonu



koherenceční délka pro dublet Na:

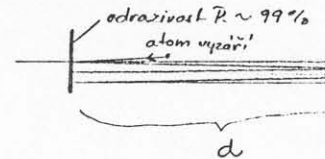
$$\delta = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} =$$



A8. Demonstrujte a objasněte difrakci na štěrbíně:

- Laserový svazek světla nechte dopadat na štěrbinu, měňte její šířku a pozorujte difrakční jev;
- Pozorujte difrakci laserového světla na jiných difrakčních objektech.

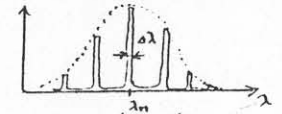
Plynový laser { aktivní prostředí, metastabilní stavy, nezářivá excitace  
optický rezonátor → mnohonásobný odraz na dvou paralelních zrcadlech, podélné mody



$$J_z = \frac{J_0}{1 + F \sin^2 \phi}$$

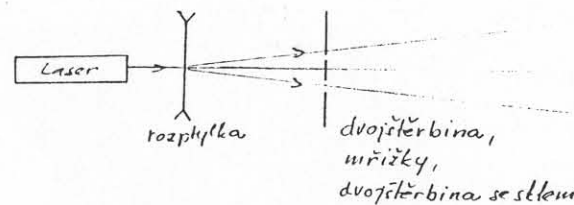
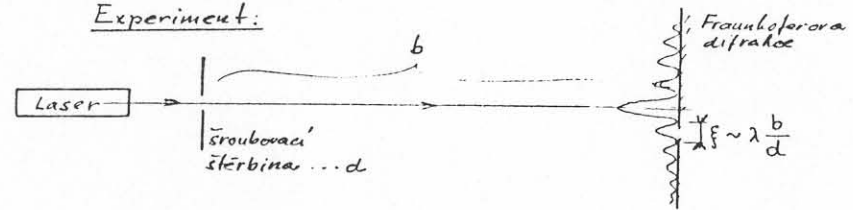
$$F = \frac{4R}{(1-R)^2}; \phi = \frac{2\pi}{\lambda} m d \cos \alpha_z$$

Koherenceční délka:  $\delta = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} = \frac{1}{F 2\pi m d \cos \alpha_z}$

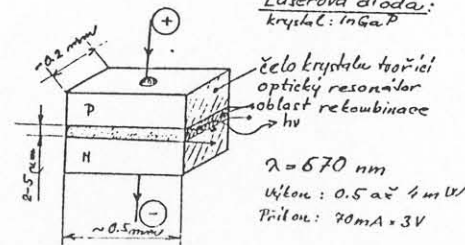


Prostorová koherence: vynucené vyzáření atomů v excitovaném stavu.  
 $\lambda_{HeNe} = 632,8 \text{ nm}$

Experiment:



Laserová dioda:  
krytal: InGaP

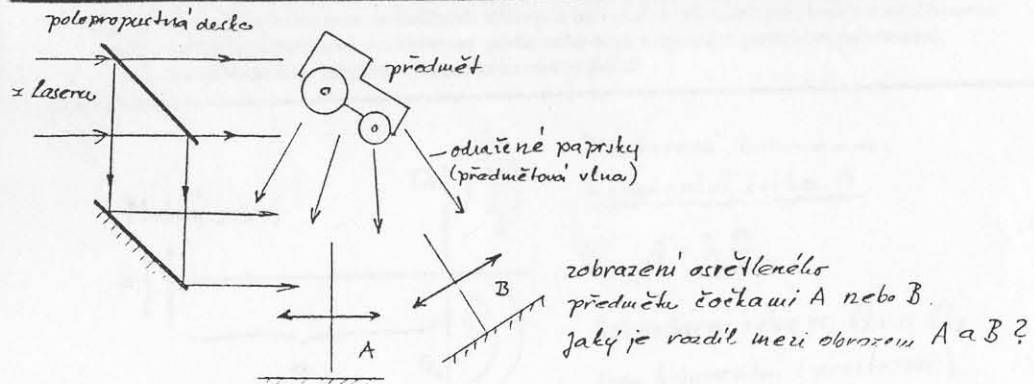


Koherenceční délka:  
 $\delta = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} \approx 2md \approx 1 \text{ mm}$

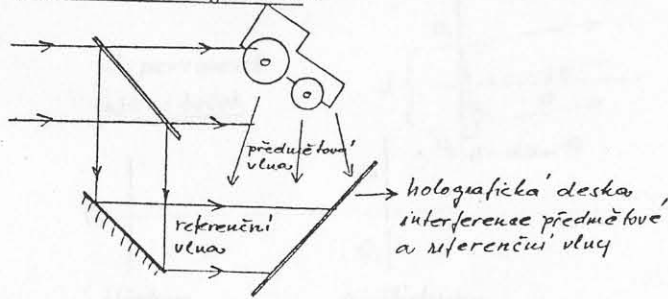
$\lambda = 670 \text{ nm}$   
úhel: 0.5 až 4 mV  
Průtok: 70 mA + 3V

A9. Demonstrujte a objasněte princip rekonstrukce holografického obrazu.

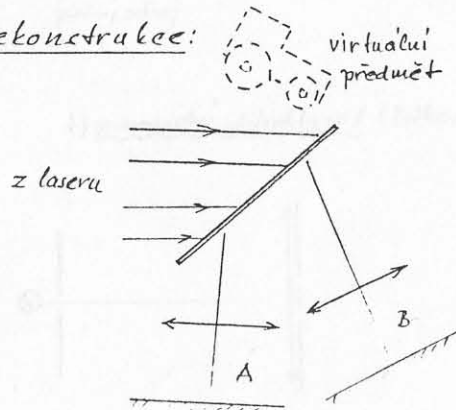
- Rozptýlkou zvětšíte průměr svazku z laseru, do cesty vložte hologram pod úhlem asi 45°
- obraz pozorujte okem a pak jej zobrazte na stínitko.



Záznam hologramu:



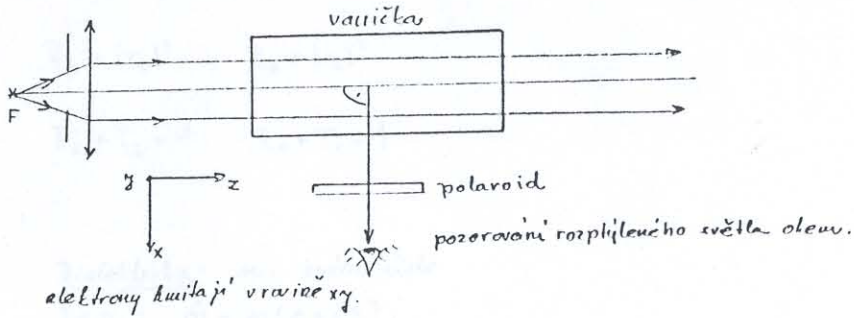
Rekonstrukce:



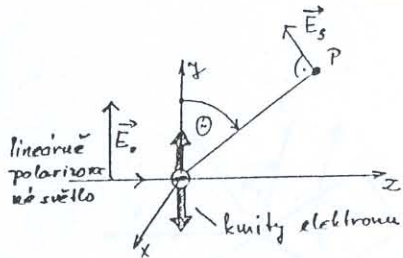


B1. Demonstrujte a objasněte polarizaci světla rozptylem: (objektivní způsob určení směru propustnosti polaroidů):

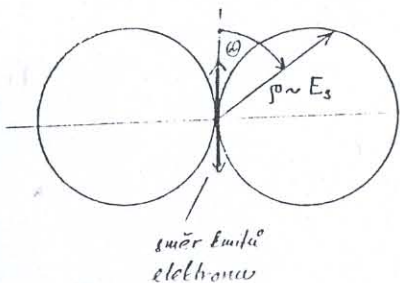
- vytvoříte rovnoběžný svazek světla o průměru asi 1 cm, který necháte procházet vaničkou v níž je roztok eozínu ve vodě;
- pozorujte světlo vycházející z vaničky ve směru kolmém na primární svazek do jehož cesty budete vkládat červený filtr, rozlišíte rozptyl světla od fluorescence.
- pozorujte okem rozptýlené světlo přes polaroid a určete směr jeho propustnosti;
- vložte do primárního svazku polaroid a pak opět okem pozorujte rozptýlené světlo při otáčení polaroidem.



Amplituda rozptýleného světla:  $E_s = E_0 \sin \Theta$   
 Intenzita  $I_s \sim E_0^2 \sin^2 \Theta$

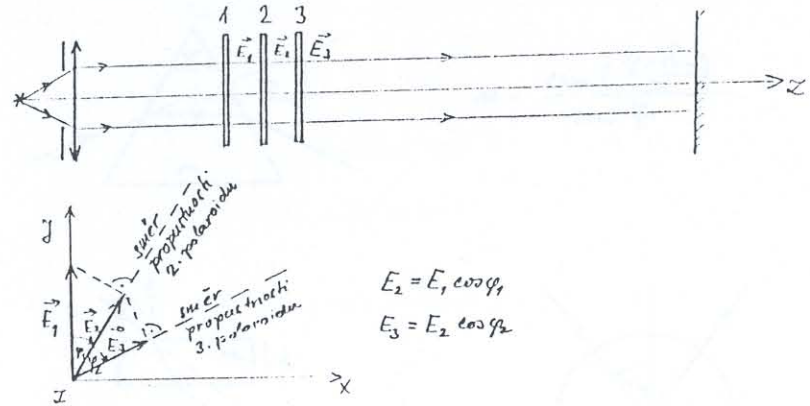


Vyzařovací diagram:



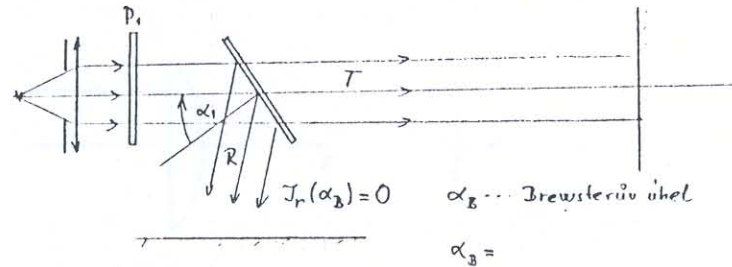
B2. Demonstrujte a objasněte polarizaci světla odrazem:

- vytvoříte rovnoběžný svazek světla o průměru asi 3 cm;
- do cesty primárnímu svazku postupně vkládejte jeden, dva a tři polaroidy a objasněte změny intenzity světla na stínítku.
- do primárního svazku vložte vhodně orientovaný polaroid a skleněnou desku (kovové zrcadlo?) nastavte tak, aby intenzita odraženého svazku byla nulová;
- polarizujte primární svazek odrazem (polarizace svazku prošlého?)



$$E_2 = E_1 \cos \varphi_1$$

$$E_3 = E_2 \cos \varphi_2$$



Demonstrujte a objasněte závislost intenzity odraženého světla na úhlu dopadu:

- k demonstraci využijte optického panelu;
- ukažte vícenásobný odraz na planoparalelní vrstvě;
- rušivé odrazy na čočkách apod.

$$r_{\parallel} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha_1 - \alpha_2)}{\operatorname{tg}(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

$$r_{\perp} = \frac{\sin(\alpha_1 - \alpha_2)}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}$$

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$

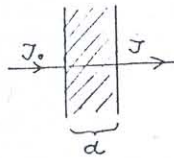
$$R_{\perp} = |r_{\perp}|^2 \quad R_{\parallel} = |r_{\parallel}|^2$$

$$R_{\perp} + T_{\perp} = 1 \quad R_{\parallel} + T_{\parallel} = 1$$

Dielektrika:  $n$ ... reálné číslo

kovy:  $\hat{n} = n(1 + ik)$  index absorpce

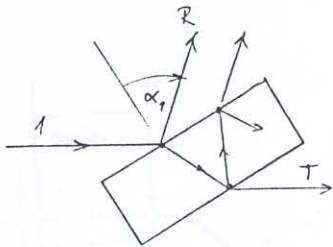
Absorpce světla:



$$J = J_0 e^{-\mu d}$$

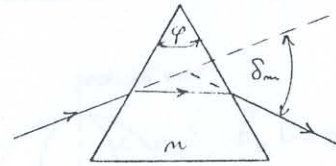
$$\mu = \frac{4\pi}{\lambda} nk$$

lineární koef. absorpce

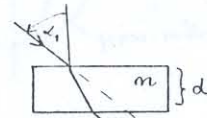


B6. Demonstrujte a objasněte různé metody měření indexu lomu:

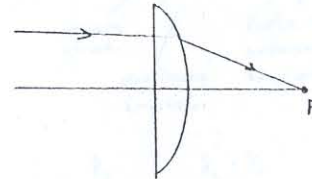
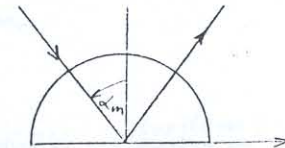
- využijte optického panelu;
- minimální deviace, totální odraz, lom;
- měřením odrazivosti.



$$n = \frac{\sin\left(\frac{\varphi + \delta_m}{2}\right)}{\sin\frac{\varphi}{2}}$$



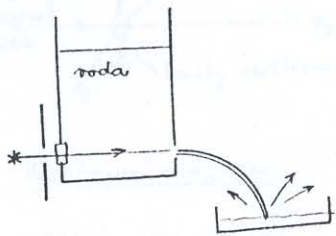
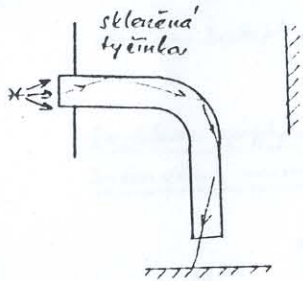
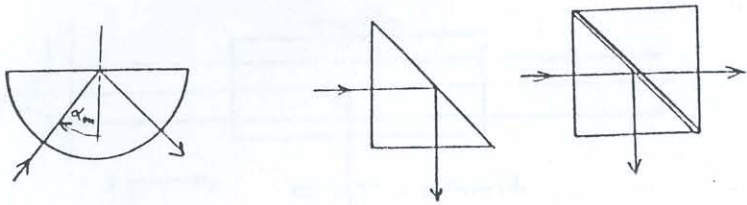
$$\Delta = f(n, \alpha, d)$$



$$\frac{1}{f} =$$

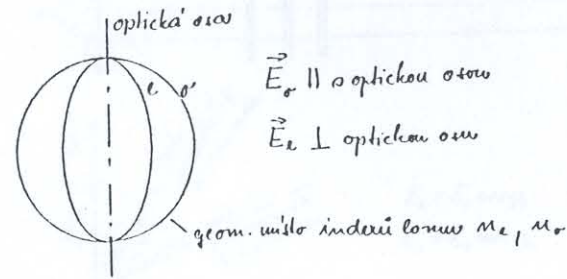
Demonstrujte a objasněte totální odraz světla:

- ukažte totální odraz světla na optickém panelu (půlkruh, hranol, aj.);
- demonstруйте funkci světlovodů (ohnuté skleněné tyčinky, vodní paprsek, skleněná vlákna);
- do rovnoběžného svazku paprsků vložte hranol a ukažte totální odraz, pak dva hranoly přitiskněte k sobě nasucho a s kapkou vody. Pozorujte rozdíl v intenzitě odraženého světla.

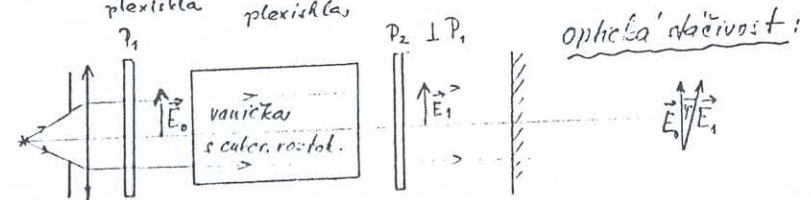
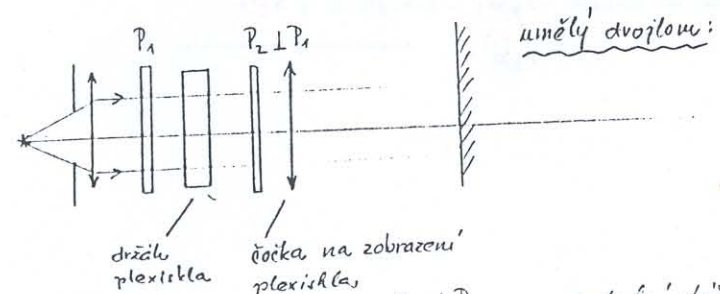
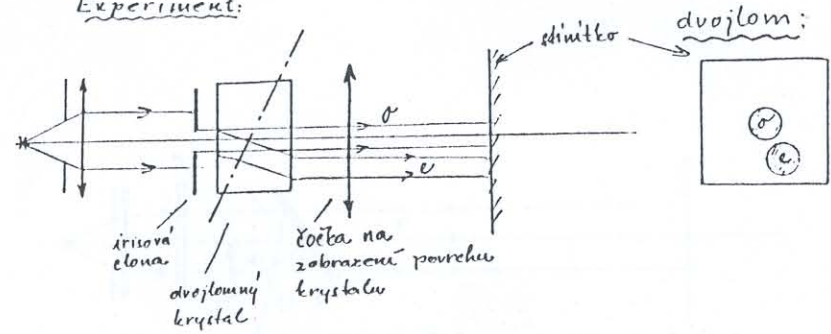


B4. Demonstrujte a objasněte dvojlom světla na krystalech:

- vytvoříme rovnoběžný svazek světla, těsně před dopadem na dvojlomný krystal jej omezíme irisovou clonou asi na 5 mm a čočkou tento otvor zobrazíme na stínítko.
- polaroidem pak prokážete polarizaci paprsku řádného a mimořádného;
- tlakem na vzorek z plexiskla vyvoláte umělý dvojlom, vznik dvojlomu pozorujete vložení vzorku mezi zkřížené polaroidy, vzorek přitom zobrazíme na stínítko čočkou. Místo plexiskla použijte deformovaný pásek polyetylenové folie.
- Mezi zkřížené polaroidy vložíme vaničku naplněnou cukerným roztokem a pozorujeme natočení polarizační roviny.



Experiment:





1. Sekundární vinutí transformátoru postupně zatěžujeme odporovou zátěží s klesajícím odporem. Poměr závitů primárního a sekundárního vinutí je  $n$ . Znáorníte graficky závislost proudu sekundárem a primárem na zátěžovém odporu. Čím je maximální proud sekundárem limitován?
2. Pokuste se určit alespoň jeden parametr transformátoru, na kterém závisí max. přenášený výkon.
3. Závísí maximální výkon přenášený transformátoru na frekvenci stříd. napětí?
4. Bylo by možné pomocí zvonkového transformátoru transformovat střídavé napětí o frekvenci 100 kHz? Proč?
5. Nakreslete schéma trojfázového transformátoru.
6. Jaký vliv má přetížení transformátoru na tvar výstupního signálu, je-li napájen sinusovým střídavým napětím.
7. Jak je konstruktčně zajištěno, že při zkratu elektrod elektrické svářečky nedojde k výpadku jističe? Jakým způsobem je stabilizován elektrický oblouk svářečky? (Záporný dif. odpor elektrického výboje v plynu.)
8. Uveďte, jakým způsobem je (principiálně) vytvářeno vysoké urychlovací napětí v televizoru.
9. Je-li poměr závitů primárního vinutí a sekundárního vinutí  $n$ , jaký je poměr a) napětí b) proudu na primární a sekundární cívice? Za jakých podmínek?
10. Jaký je fázový posuv mezi a) napětím b) proudem na primární a sekundární cívice? (Proveďte kvalitativní zdůvodnění)
11. Jaké požadavky jsou kladeny na materiál jádra transformátorů?
12. Napište pohybovou rovnici Waltenhofenova kyvadla. Všechny ztráty aerodynamickým a mechanickým třením zanedbejme.
13. Uveďte alespoň dvě aplikace indukční brzdy.
14. Nakreslete principiální schéma zapalování zážehového motoru.
15. Popište princip činnosti a) alternátoru b) dynamu.
16. Proč bylo dříve používáno v osobních automobilech dynamo a nikoliv alternátor.
17. Popište princip funkce komutátorového motoru.
18. Vinutí statoru komutátorového motoru může být zapojeno do série nebo paralelně s kartáčky komutátoru. Porovnejte momentovou charakteristiku (závislost momentu na otáčkách) obou verzí, schematicky načrtněte.
19. Která z obou variant (sériové nebo paralelní zapojení kartáčků komutátoru a statorové cívky) komutátorového motoru může být napájena střídavým napětím? Zdůvodněte.
20. Jaký typ motoru je použit v běžném vysavači, elektrické vrtáče, tramvaji, autičku elektrické autodráhy, stolního ventilátoru, automatické pračce.
21. Popište princip funkce zařízení pro demonstraci trojfázové soustavy "rotačního odporového měniče".
22. Definujte trojfázovou elektrickou soustavu. (Napětíové a fázové poměry)
23. Uveďte některé praktické důvody, proč je rozšířena trojfázová soustava 50 Hz.
24. Popište proces průchodu střídavého proudu indukčnosti, kapacitou, rezistancí.
- Uveďte, jaký je fázový posuv mezi napětím a proudem pro jednotlivé případy. Zdůvodněte.
25. Proč je výbojový proud v zářivce stabilizován předradnou tlumivkou a nikoliv kondenzátorem nebo odporem stejné impedance?
26. Popište princip funkce wattmetru. Uveďte, jaká praktická pravidla je třeba dodržovat při práci s wattmetrem. Zdůvodněte.
27. Uveďte výraz pro činný výkon na zátěži (s komplexní impedancí) napájené střídavým napětím.
- Uveďte výraz pro tzv. jalový výkon.
28. Vymenujte některé spotřebiče v domácnosti které odebírají ze sítě a) pouze činný výkon b) činný i jalový výkon.
29. Platí maloodběratel elektrárněským společenstem za jalový výkon? A velkoodběratel? Proč.
30. Napište diferenciální rovnici nethumeného LC oscilátoru.
31. Objasněte pojem rezonance.
32. Popište, jaké případy mohou nastat, připojíme-li k střídavému napětí (50 Hz) cívku s indukčností a kondenzátor.
33. Pro jakou hodnotu kapacity a indukčnosti v sériovém zapojení je splněna podmínka nulové impedance?
34. Nakreslete zapojení hvězda a trojúhelník, uveďte definici fázového a sdruženého napětí.
35. Objasněte vznik točivého magnetického pole.
36. Vysvětlete funkci synchronního a asynchronního motoru. Uveďte oblast použití.
36. Vysvětlete princip jednofázového elektrického motoru a) se závitem na krátko b) s rozběhovým kondenzátorem.
37. Zdůvodněte, proč při zapnutí trojfázového asynchronního motoru s kotvou na krátko dochází k proudovému rázu (mžikovému přetížení). Navrhněte, jak se tomuto jevu vyhnout (důležité u velkých motorů).
38. Uveďte výhody synchronních motorů oproti asynchronním a uveďte alespoň jeden příklad jejich užití.
39. Jak změníme směr rotace trojfázového motoru.
40. Vysvětlete funkci relé/ stykačů ovládaných střídavým proudem, aby jejich kotva nevíbrovala v důsledku periodicky se opakujících nulových hodnot střídavého proudu.
42. Vysvětlete, co se rozumí pod pojmem univerzální elektromotor. Uveďte příklad.
43. Vysvětlete funkci jističe a pojistky. Jakým způsobem je zajištěno zhášení oblouku?
45. Zakreslete schéma ochrany nulováním a ochrany nulováním se samostatným vodičem.
46. Zakreslete schéma ochrany zemněním.
47. Objasněte princip funkce chrániče.
48. Nakreslete schéma jednocestného a dvoucestného usměrňovače.
49. Je možné postavit dvoucestný usměrňovač pomocí dvou diod a transformátoru s vyvedeným středem?
50. Na jakou hodnotu napětí se nabije kondenzátor, který je připojen přes usměrňovací diodu na střídavé napětí 220 V.
51. Uveďte, jakou veličnou měří elektroměr.
52. Uveďte alespoň jeden fyzikální princip funkce elektronového zdroje. (Zařízení, které emituje elektrony do vakua.)
53. Uveďte příklad alespoň dvou zařízení, které využívá urychlený svazek elektronů. 54. Seznamte se se základním principem funkce elektronového prozařovacího a rastrovacího mikroskopu. Jakou mají (řádové) rozlišovací schopnost?



## Otázky – elektromagnetické vlnění

1. Popište šíři spektra elektromagnetického vlnění, jeho druhy a způsoby generace.
2. Určete energii fotonů mikrovlnné trouby o vlnové délce 4cm a porovnejte ji s energií fotonů emitovaných vysílací anténou Rádia Kiss Hády 88.3FM (88.3MHz).
3. Vysvětlete princip činnosti jiskrového generátoru elektromagnetických vln a metody detekce těchto vln.
4. Rovnice elektromagnetické vlny šířící se ve vakuu je dána vztahy

$$E_x = 0.25[\sin(2\pi \cdot 10^8(t + \frac{z}{c}))], E_y = E_z = 0$$

pro vektor elektrické intenzity.

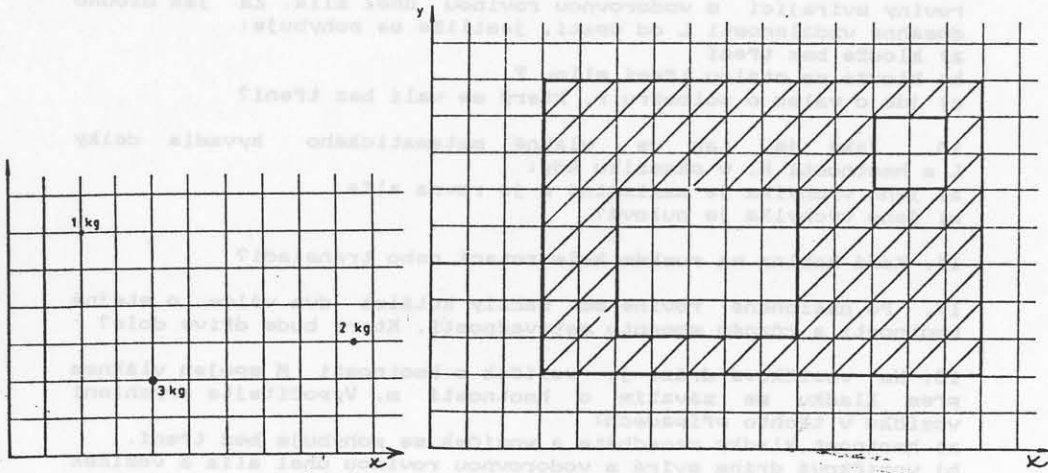
- Určete vlnovou délku, amplitudu el. intenzity, polarizaci a směr šíření.
  - Určete rovinu, ve které kmitá vektor magnetické indukce.
5. Vysvětlete pojem stojaté elektromagnetické vlnění. Jak a kde vzniká?
  6. Navrhněte princip metody, pomocí které lze měřit vlnovou délku decimetrových elektromagnetických vln.
  7. Vysvětlete jevy lineární a kruhové polarizace. Které veličiny určují index lomu elektromagnetického vlnění?
  8. Elektromagnetické vlnění o vlnové délce 240m proniká ze vzduchu do stejnorodého prostředí, kde se šíří rychlostí  $2 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ . Určete vlnovou délku vlnění v tomto prostředí. Pod jakým úhlem se bude v tomto prostředí šířit, dopadá-li na rozhraní ze vzduchu pod úhlem  $60^\circ$ ?
  9. Objasněte pojem elektromagnetický dipól a vyzařovací diagram antény. Diskutujte vliv reflektoru a direktoru na vyzařovací diagram antény.
  10. Určete délku půlvlnného dipólu pro vysílání a příjem elektromagnetického vlnění o frekvenci 430MHz ve vzduchu a ve vodě. Jak se úloha změní, je-li jeden konec dipólu uzemněn?

11. Popište princip radiolokátoru.
12. Objasněte konstrukci a funkci tzv. Lecherova vedení a parametry elektromagnetických vln, které na něm měříte.
13. Vysvětlete schematicky amplitudovou a frekvenční modulaci elektromagnetické vlny. Vysvětlete pojem nosné frekvence vysílače.
14. Nakreslete schéma krystalky a vysvětlete její činnost.
15. Popište konstrukci a funkci elektrodynamického mikrofonu.
16. Nakreslete blokové schéma rozhlasového přijímače a konstrukci antény pro rozhlasové vysílání na středních, dlouhých, krátkých a velmi krátkých vlnách.
17. Na jakém principu funguje přijímač středních vln s feritovou anténou?
18. Nakreslete blokové schéma televizoru. Vysvětlete princip činnosti barevné obrazovky.
19. Jak je ovlivněno šíření elektromagnetických vln vodivostí prostředí, ve kterém prochází?
20. Popište konstrukci a princip mikrovlnné trouby. Uveďte nejdůležitější zásady vaření v ní a fyzikálně je zdůvodněte.
21. Popište Teslův transformátor a experimenty, které s ním lze provádět. Proč je vysoké napětí na sekundární cívice transformátoru člověku zcela neškodné?

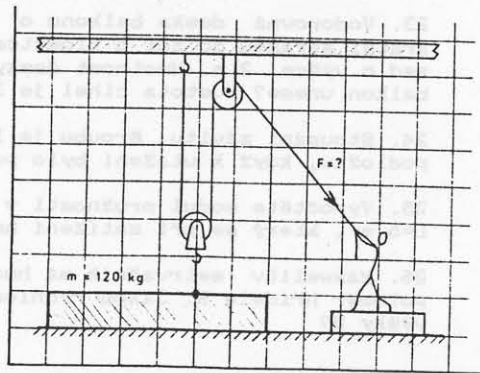
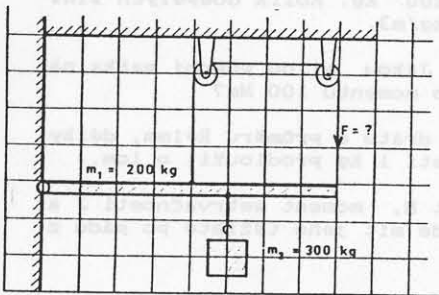
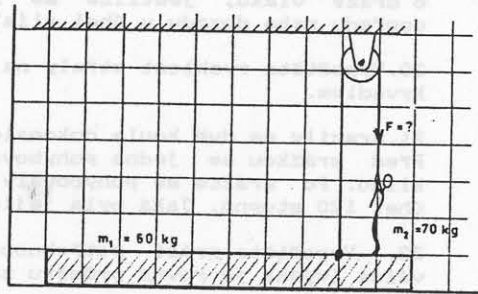
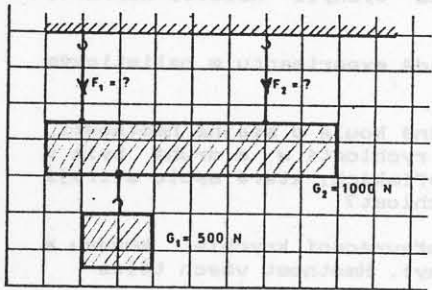
## Otázky – mechanika

- Na vodorovné desce jsou dva vozičky o stejné hmotnosti. První je tažen konstantní silou  $1N$ , druhý závažím o tíže  $1N$ . Který dříve ujede dráhu  $1m$ ?
- Na dřevěné cívce je namotán provázek. Vhodným taháním za provázek lze dosáhnout toho, že cívka se kutálí ke mně, nebo ode mne. Zdůvodněte.
- Jak může kosmonaut v družici na oběžné dráze kolem Země stanovit hmotnost tělesa?
- Na Zemi je doba kmitu matematického kyvadla  $T$ . Jaká bude
  - na Měsíci
  - ve výtahu, který jede dolů konstantní rychlostí  $v$
  - ve výtahu, který jede nahoru konstantní rychlostí  $v$
  - ve výtahu, který padá volným pádem
  - ve výtahu, který jede nahoru s zrychlením  $a$ ?
- Na Zemi je doba kmitu tělesa na pružině  $T$ . Jaká bude
  - na Měsíci
  - ve výtahu, který jede dolů konstantní rychlostí  $v$
  - ve výtahu, který jede nahoru konstantní rychlostí  $v$
  - ve výtahu, který padá volným pádem
  - ve výtahu, který jede nahoru s zrychlením  $a$ ?
- Proč mívají helikoptéry kromě velké hlavní vrtule i malou pomocnou? Co by se stalo, kdyby ji neměly?
- Co se děje, když krasobruslař při piruetě připažší? Zdůvodněte.
- Chlapec vyhodil míč svisle vzhůru. Nakreslete výslednici všech sil, které na míč působí:
  - při stoupání
  - v bodě obratu
  - při klesání.
- Nakreslete vektor rychlosti, zrychlení a výslednici všech sil pro střelu, která právě opustila hlaven pušky.
- Může kámen narazit na překážku větší silou než je jeho tíha? Zdůvodněte.
- Je možné, aby plachetnice doplula z místa  $A$  do  $B$  fouká-li vítr v protisměru? Objašněte.
- Ve vzdálenosti  $s$  a ve výšce  $h$  od střelce je umístěn terč. V okamžiku výstřelu začne terč padat volným pádem. Pod jakým úhlem musí střelec vystřelit, aby terč zasáhl? Zdůvodněte.
- Kus drátu visí na niti ve vodorovné poloze. Drát pak ohnete v  $1/4$  jeho délky do pravého úhlu a bod závěsu ponecháte. Nakreslete jeho novou polohu.
- Těleso o hmotnosti  $M$  je ve vzdálenosti  $D$  od úpatí nakloněné roviny svírající s vodorovnou rovinou úhel  $\alpha$ . Za jak dlouho dosáhne vzdálenosti  $L$  od úpatí, jestliže se pohybuje:
  - klouže bez tření
  - klouže se stálou třecí silou  $F$
  - jde o válec o poloměru  $r$ , který se valí bez tření?
- Jaký je tah ve vlákně matematického kyvadla délky  $L$  a hmotnosti  $M$ , v okamžiku kdy:
  - jeho výchylka je maximální a je rovna  $\alpha$
  - jeho výchylka je nulová?
- Koná kabina na ruském kole rotaci nebo translaci?
- Po nakloněné rovině se začaly kutálet dva válce o stejné hmotnosti a různém momentu setrvačnosti. Který bude dříve dole?
- Na vozičkové dráze je voziček o hmotnosti  $M$  spojen vláknem přes kladku se závažím o hmotnosti  $m$ . Vypočítejte zrychlení vozičku v těchto případech:
  - hmotnost kladky zanedbáte a voziček se pohybuje bez tření.
  - vozičková dráha svírá s vodorovnou rovinou úhel  $\alpha$  a voziček jede bez tření nahoru (dolů).
  - situace jako b), ale koeficient smykového tření vozičku je  $k$ .
- Ve vagoně bez oken je zavěšená kulička o hmotnosti  $M$  na vlákně délky  $L$ . Vlak jede stálou rychlostí  $36 \text{ km/hod}$ . Co lze říci o dráze vlaku, jestliže se kulička vychýlí nalevo, napravo, dopředu nebo dozadu u úhel  $\alpha$ ?
- Vypočtete rychlost střely na základě experimentu s balistickým kyvadlem.
- Srazilily se dvě koule dokonale pružné koule o stejné hmotnosti. Před srážkou se jedna pohybovala rychlostí  $w$  a druhá byla v klidu. Po srážce se pohybovaly po přímkách, které spolu svírají úhel  $120$  stupňů. Jaká byla jejich rychlost?
- Vypočtete práci potřebnou na převrácení krychle, kvádra a válce (výška je rovna průměru základny). Hmotnost všech těles je stejná.
- Vodorovná deska balkonu o rozměrech  $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$  je vetknuta kratší stranou do zdi o tloušťce  $40 \text{ cm}$ . Nad balkonem je postavena zed o výšce  $2 \text{ m}$ . Hmotnost desky je  $200 \text{ kg}$ . Kolik dospělých lidí balkon unese? Hustota cihel je  $3000 \text{ kg/m}^3$ .
- Stoupání závitu šroubu je  $1 \text{ mm}$ . Jakou silou působí matka na podložku, když k utažení bylo použito momentu  $100 \text{ Nm}$ ?
- Vypočtete modul pružnosti v tahu drátu o průměru  $R=1 \text{ mm}$ , délky  $L=5 \text{ m}$ , který se při zatížení hmotností  $1 \text{ kg}$  prodloužil o  $1 \text{ cm}$ .
- Maxwellův setrvačnick má hmotnost  $M$ , moment setrvačnosti  $J$  a poloměr hřídele  $R$ . Jakou rychlost bude mít jeho těžiště po pádu z výšky  $H$ ?

Určete souřadnice těžiště



Najděte neznámé síly (rovnováha)



## Otázky - optika

- Čemu se říká deviace při rozkladu světla hranolem?
- Jakou fázovou rychlostí se šíří monochromatické světlo ve skle o indexu lomu 1.5.
- Čemu se v optice říká vlnová disperze?
- Jak souvisí ohnisková vzdálenost s indexem lomu čočky?
- Co je příčinou tmavých pásové ve spektru kapalín?
- Proč kovy tak silně absorbují světlo? Objasněte z hlediska E-M teorie.
- Objasněte, jak souvisí pojem "mezní úhel" se Snellovým zákonem.
- Čím se vyznačuje světlo po odrazu rovinném a drsném rozhraní?
- Čemu se říká světlovod a jak jej lze demonstrovat? Připojte vysvětlující obrázek.
- K čemu se využívá totálního odrazu v praxi?
- Napište vzorce pro odrazivost světla pro obě významné polarizace.
- Čím je určena rovina dopadu, rozhraní a polarizace?
- Nepolarizované světlo o intenzitě I dopadá na polaroid. Jakou intenzitu má světlo po jeho průchodu?
- Světlo po průchodu prvním polaroidem má intenzitu I. Jakou intenzitu má po průchodu druhým polaroidem? Přislušné směry propustnosti svírají spolu úhel 30 stupňů.
- Jak lze demonstrací objasnit pojem "optický kontakt"?
- Nakreslete graf závislosti koherenční šířky na velikosti zdroje světla.
- Nakreslete graf závislosti koherenční šířky na vzdálenosti od zdroje.
- Za jaké podmínky se bude nemonochromatické světlo chovat při interferenci jako monochromatické?
- Za jaké podmínky lze plošný zdroj považovat za bodový při difrakci na dvojštěrbíně.
- Uveďte výraz pro délku vlnového klubka. Kdy je fázová a grupová rychlost světla stejná?
- Uveďte příklad, kdy interferující vlny vznikají dělením vlnoplochy.
- Uveďte příklad, kdy interferující vlny vznikají dělením amplitudy.
- Najděte výraz úměrný intenzitě světla při interferenci následujících dvou vln:
 
$$u_1 = U_1 \sin \omega(t - s_1/v)$$

$$u_2 = U_2 \sin \omega(t - s_2/v)$$
- Youngovým experimentem chcete změřit vlnovou délku světla. Které vzdálenosti odměříte a jak ji vypočtete?
- Nakreslete schéma jednoduchého difraktometru s čočkou a zdůvodněte.
- Nakreslete úplný optický difraktometr a objasněte jak pojem "difrakční úhel" souvisí s aproximací difrakce rovinnými vlnami.
- Jak lze demonstrací objasnit pojem "délka vlnového klubka"?
- Proč nepozorujeme interferenci bílého světla po odrazu na skleněné desce, kdežto laserového ano?
- Objasněte, čemu se říká interferenční proužky stejné tloušťky.
- Objasněte, čemu se říká interferenční proužky stejného sklonu.
- Sodíkový dublet je tvořen dvěma spektrálními čarami jejichž vlnové délky se liší o 1 nm. Odhadněte koherenční délku světla takové sodíkové výbojky.
- Dalekohledem pozorujete difrakci světla na dvojštěrbíně. Co se děje, když dvojštěrbinou otáčíte kolem osy dalekohledu a co, když jí posunujete před objektivem?
- Co se bude dít, když budete štěrbinou neustále zužovat svazek světla vycházející z laseru?
- Jakou podstatnou vlastnost musí mít aktivní prostředí laseru?
- Které dvě veličiny jsou podstatné pro optický rezonátor laseru?
- Jak dochází k excitaci metastabilních hladin u He/Ne laseru?
- Jak rozlišíte fluorescenci od rozptylu světla?
- Nakreslete optické schéma zařízení, kterým vytvoříte svazek světla o divergenci 0.6 stupně.
- Máte dvě čočky spojné o ohniskových délkách 10 cm a 25 cm. Která je vhodnější pro vytvoření rovnoběžného svazku a proč?
- Který úhel určuje amplitudu rozptýlené elmag. vlny?
- Kdy se vám bude světlo modré oblohy jevit nad hlavou jako lineárně polarizované. V poledne nebo při západu slunce?
- Jak určíte absolutním způsobem směr propustnosti polaroidu?
- Čím je určena rovina, v níž leží vektor amplitudy rozptýlené světelné vlny?
- Jak souvisí Brewsterův úhel s relativním indexem lomu rozhraní? Zdůvodněte.
- Při Brewsterově úhlu dopadu je vektor amplitudy odražené vlny kolmý na rovinu dopadu nebo je s ní rovnoběžný?
- Jaký úhel spolu svírají paprsek odražený a lomený při Brewsterově úhlu dopadu?
- Při Brewsterově úhlu dopadu je amplituda dopadající vlny rovnoběžná s rovinou dopadu. Jaká je intenzita odraženého světla?
- Upravte vzorec pro amplitudu odraženého světla tak, aby bylo zřejmé, že je funkcí pouze úhlu dopadu a relativního indexu lomu.
- Proč se nedaří pokusy s polarizací světla odrazem na pokoveném zrcadle?
- Rozpozná oko světlo nepolarizované od polarizovaného?
- Kdy může být světlo po průchodu optickým rozhraním lineárně polarizované?
- Napište zákon zachování toku světelné energie pro dielektrické

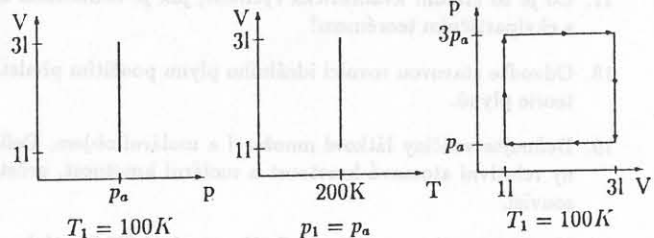
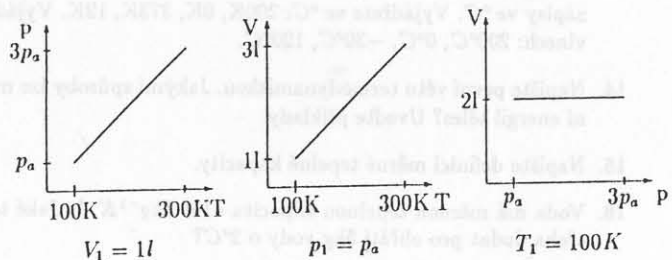


- rozhraní.
53. Čím je určena u dvojlomných látek optická osa?
  54. Čím se vyznačuje paprsek mimořádný a čím řádný?
  55. Čemu se říká fotoelasticimetrie a jak ji lze demonstrovat?
  56. Popište experiment, kterým prokážete stáčívost polarizační roviny cukerným roztokem.
  57. Které paprsky mohou spolu interferovat při odraze na Newtonových sklech a proč?
  58. Kdy říkáme o dvou vlnách, že jsou koherentní?
  59. Napište rovnici rovinné vlny šířící se v záporném směru osy  $y$  s amplitudou ležící v ose  $z$ .
  60. Pod jakým difrakčním úhlem budete pozorovat difrakční maximum druhého řádu na lineární mřížce o mřížkové konstantě  $a$  a vlnové délce  $\lambda$ ?
  61. Vypočtete dráhový rozdíl mezi sousedními paprsky, když na lineární mřížku při uspořádání na průchod nedopadá světlo kolmo, ale pod úhlem  $\beta$ .
  62. Při difrakci na lineární mřížce nastalo první difrakční maximum pro vlnovou délku  $\lambda$  při úhlu  $\beta$ . Při jakém úhlu leží difrakční maximum poloviční vlnové délky?
  63. Vypočtete dráhový rozdíl interferujících paprsků při interferenci na planoparalelní desce na odraz.
  64. Kolik procent intenzity světla se odrazí při kolmém dopadu na povrch skla o indexu lomu 1.5 a kolik při dopadu na povrch diamantu o indexu lomu 2.4 ?
  65. Nakreslete schéma experimentálního uspořádání při demonstraci absorpčního spektra.
  66. Čemu se při difrakci světla říká 1. Fresnelova zóna?
  67. Superpozicí jakých vln může vzniknout světlo elipticky polarizované.
  68. Napište ve složkách rovnici rovinné vektorové vlny šířící se podél osy  $z$ 
    - a) polarizované lineárně
    - b) polarizované elipticky.
  69. Na čem závisí šířka centrálního difrakčního maxima při Fraunhoferově difrakci na štěrbině.
  70. Napište Heisenbergovu relaci neurčitosti, která souvisí s jevem difrakce.
  71. Nakreslete schéma záznamu holografického obrazu.
  72. Čím bude tvořen hologram, jestliže předmětem bude rovinné zrcadlo?
  73. Jakou roli při rekonstrukci holografického obrazu hraje čočka?
  74. Odhadněte velikost zrna fotografické desky vhodné pro záznam hologramu.

## Otázky – molekulová fyzika

1. Vysvětlete na základě znalosti částicové stavby látek pojem difúze.
2. Proč se stopa, kterou za sebou zanechává zrnko barviva klesající ve vodě, nepravidelně rozšiřuje? Jakým způsobem můžete urychlit průběh difúze částic barviva ve vodě?
3. Co je to Brownův pohyb, na čem závisí střední velikost posunutí jednotlivých Brownových částic? Uveďte alespoň dva konkrétní příklady Brownova pohybu.
4. Čím se liší difúze od osmózy? Uveďte příklad osmózy v přírodě.
5. Nakreslete graf závislosti sil, které působí mezi dvěma částicemi, na jejich vzdálenosti. Objasněte.
6. Popište z hlediska molekulové fyziky jednotlivá skupenství látky, odhadněte střední vzdálenost molekul za jednotlivých podmínek.
7. Vysvětlete pojmy uzavřená soustava, otevřená soustava a izolovaná soustava.
8. Vysvětlete pojem relaxační doba a doložte ho několika příklady.
9. Definujte rovnovážný stav termodynamické soustavy a parametry, které ho charakterizují. Co je to pracovní diagram?
10. Vysvětlete pojem rovnovážný stav z hlediska statistické fyziky. Jak vysvětlíte fluktuaci stavových veličin?
11. Nádobka je rozdělena na dvě stejně velké části a je v ní celkem šest stejných kuliček.
  - Určete počet všech možných rozdělení kuliček do obou částí nádoby.
  - Určete pravděpodobnost nejpravděpodobnějšího stavu.
  - Určete pravděpodobnost samovolného přechodu všech kuliček do jedné části nádoby.
12. Co je to trojný bod vody, jak jej lze prakticky realizovat? Vysvětlete i pojem kritický bod, nakreslete odpovídající grafy v  $pT$  diagramu.
13. Jaký je rozdíl mezi zápisem  $\Delta T = 16\text{ K}$  a  $T = 16\text{ K}$ ? Vyjádřete oba zápisy ve  $^{\circ}\text{C}$ . Vyjádřete ve  $^{\circ}\text{C}$ : 200K, 0K, 373K, 12K. Vyjádřete v kelvinech:  $200^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $-30^{\circ}\text{C}$ ,  $120^{\circ}\text{C}$ .
14. Napište první větu termodynamickou. Jakými způsoby lze měnit vnitřní energii těles? Uveďte příklady.
15. Napište definici měrné tepelné kapacity.
16. Voda má měrnou tepelnou kapacitu  $4180\text{ J kg}^{-1}\text{ K}^{-1}$ . Jaké teplo je potřeba dodat pro ohřátí 5kg vody o  $2^{\circ}\text{C}$ ?
17. Co je to střední kvadratická rychlost, jak je definována a jak souvisí s ekvipartičním teorémem?
18. Odvoďte stavovou rovnici ideálního plynu použitím představ kinetické teorie plynů.
19. Definujte veličiny látkové množství a molární objem. Definujte veličiny relativní atomová hmotnost a molární hmotnost, určete, jak spolu souvisí.
20. V nádobě o objemu 3l je dusík  $N_2$  o teplotě  $27^{\circ}\text{C}$  a tlaku 1.7MPa.
  - Jaká je hmotnost dusíku?
  - Jaký je za těchto podmínek molární objem dusíku?
  - Za jak dlouho se vyčerpá všechny dusík z nádoby, jestliže každou sekundu odebíráme  $10^9$  molekul?
  - Jaký je tlak na stěny nádoby, je-li nádoba stejného objemu naplněna při stejné teplotě 64g kyslíku?
21. Napište zákony platné pro izotermický, izobarický, izochorický a adiabatický děj. Určete velikost vykonané práce při těchto dějích.

22. Určete vykonanou práci při následujících dějích. O jaké děje se jedná?



23. Napište van der Waalovu rovnici, vysvětlete všechny použité symboly a znázorněte její izotermy.
24. Napište druhou větu termodynamickou, vysvětlete princip činnosti tepelného stroje a tepelného čerpadla.
25. Znázorněte Carnotův cyklus a vyjádřete jeho účinnost. Jaká je účinnost chlazení při obráceném Carnotově cyklu?
26. Jaká je maximální možná účinnost tepelných strojů?
27. Definujte veličinu entropie. Jaký je její fyzikální význam?

## Otázky – molekulová fyzika

1. Vysvětlete se střední hodnotou rychlosti částic plynové látky.
2. Proč se stoupá tlakem v atmosféře? Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
3. Co je to Brownův pohyb? Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
4. Co je to difúze? Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
5. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
6. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
7. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
8. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
9. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
10. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
11. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
12. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
13. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
14. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
15. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
16. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
17. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
18. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
19. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?
20. Jaký vliv má teplota na rychlost částic?