

FYZIKA G2 – G4 v kostce



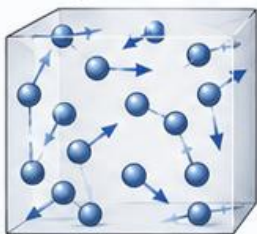
ZÁKLADY KINETICKÉ TEORIE STAVBY LÁTKY

Látka je tvořena částicemi (atomy, molekulami, ionty), které jsou v neustálém neuspořádaném pohybu.

Vlastnosti látek vznikají z pohybu a vzájemného působení jejich částic.

1. TEPELNÝ POHYB

Částice látky se neustále a neuspořádaně pohybují. Jejich průměrná kinetická energie je úměrná absolutní teplotě.

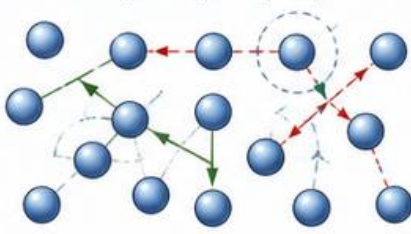


$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} k_B T$$

k_B ... Boltzmannova konstanta
 T ... absolutní teplota

2. DISKRÉTNÍ STRUKTURA

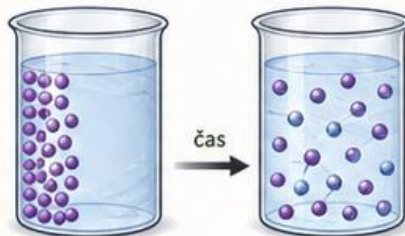
Látka má částicovou (diskrétní) strukturu. Mezi částicemi jsou mezery a působí na sebe silami přitažlivými i odpudivými.



- přitažlivé síly (při větší vzdálenosti)
- - - odpudivé síly (při malé vzdálenosti)

3. DIFUZE

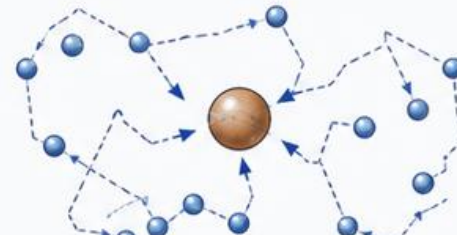
Částice různých látek se samovolně pronikají a rovnoměrně se rozptýlí v celém dostupném prostoru.



Důsledek tepelného pohybu částic.

4. BROWŇŮV POHYB

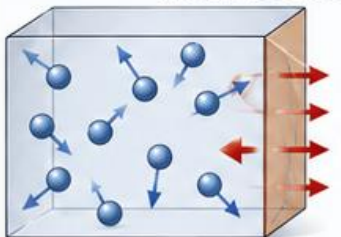
Nerovnoměrný, neuspořádaný pohyb drobných částic v kapalině nebo plynu způsobený srážkami s rychle se pohybujícími částicemi okolí.



Důkaz existence částic a jejich tepelného pohybu.

5. TLAK PLYNU

Plyn vyvíjí tlak na stěny nádoby v důsledku nárazů částic na stěny. Tlak roste s počtem částic, jejich rychlostí a s teplotou.



$$p = \frac{1}{3} \frac{Nm\overline{v^2}}{V}$$

p ... tlak plynu
 N ... počet částic
 m ... hmotnost částice
 $\overline{v^2}$... průměr druhé mocniny rychlosti
 V ... objem nádoby

6. STAVOVÉ VELIČINY

Makroskopické vlastnosti látek popisujeme stavovými veličinami. U ideálního plynu platí stavová rovnice.

p

tlak
[Pa]

V

objem
[m³]

T

teplota
[K]

n

látkové množství
[mol]

Stavová rovnice ideálního plynu:

$$pV = nRT$$

R ... univerzální plynová konstanta

$$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Změna jednoho stavu v jiný probíhá změnou těchto veličin.

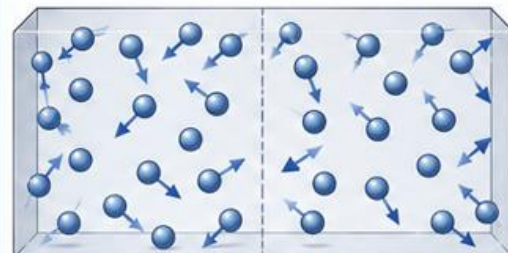


Příklad změn stavových veličin:

- zvýšení teploty → roste tlak (při stálém V)
- stlačení plynu → roste tlak (při stálé T)
- přidání plynu → roste tlak (při stálé T a V)

7. ROVNOVÁŽNÝ STAV

V uzavřené soustavě se časem ustálí stav, ve kterém se makroskopické veličiny (p , V , T , ...) nemění.



Dynamická rovnováha:

microscopické děje stále probíhají, ale jejich účinky se navzájem vyrovnávají.

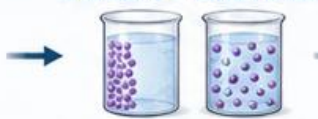
SHRNUTÍ – KINETICKÁ TEORIE LÁTKY



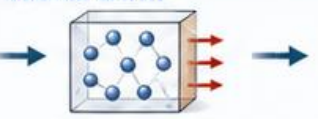
Částice jsou v neustálém tepelném pohybu.



Částice na sebe působí silami (přitažlivými i odpudivými).



Tepelný pohyb způsobuje difuzi a Brownův pohyb.



Nárazy částic na stěny vyvolávají tlak plynu.



Stav látek popisují stavové veličiny, propojené stavovou rovnicí.



V uzavřené soustavě se ustaluje rovnovážný stav.

TERMODYNAMICKÁ TEPLOTA A JEJÍ MĚŘENÍ

1. TERMODYNAMICKÁ TEPLOTA – ZÁKLADNÍ POJMY

Teplota je veličina, která vyjadřuje stav tepelné rovnováhy soustavy a určuje směr spontánního přenosu tepla.

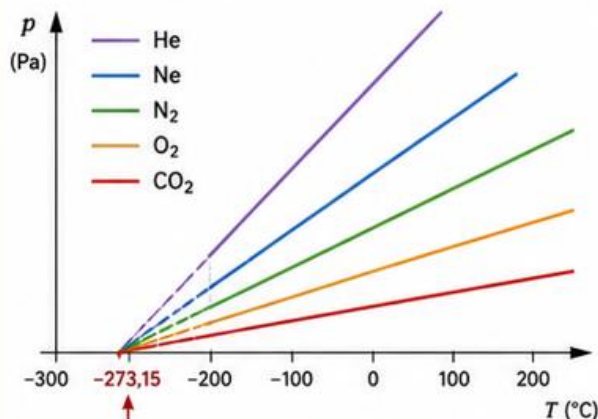
Termodynamická teplota T je definována na základě chování ideálního plynu: při konstantním objemu je tlak plynu přímo úměrný jeho termodynamické teplotě.

Jednotka: kelvin (K)
1 K je 1/273,16 termodynamické teploty trojného bodu vody.



$$p \sim T \quad (V = \text{konst.})$$

2. p-T GRAF PRO RŮZNÉ PLYNY (V = konst.)



Absolutní nula: $-273,15^\circ\text{C}$

Při této teplotě by tlak ideálního plynu klesl na nulu. Do tohoto bodu všechny přímky extrapolují.

3. DRUHY TEPLOMĚRŮ A JEJICH PRINCIP



Kapalinový teploměr

Změna objemu kapaliny (nejčastěji rtuti nebo alkoholu) v závislosti na teplotě. Lineární roztažnost kapaliny.



Bimetalový teploměr

Dva kovy s různou teplotní roztažností jsou spojené do pásku, který se při změně teploty ohýbá a uvádí ručičku v pohyb.



Termograf (záznamový)

Teplotně citlivé pero zaznamenává teplotu na rotující papír. Princip: roztažnost kapaliny nebo kovu.



Bezkontaktní IR teploměr

Měří infračervené záření vyzařované povrchem tělesa. Výsledek závisí na emisivitě povrchu.



Termistorový digitální teploměr

Termistor – polovodičový rezistor, jehož odpor se mění s teplotou. Změna odporu → elektrický signál → zobrazení teploty.

4. TEPLOTNÍ STUPNICE A VZTAHY MEZI NIMI

	Kelvinova (K)	Celsiova ($^\circ\text{C}$)	Fahrenheitova ($^\circ\text{F}$)
Definice bodů	0 K – absolutní nula 273,16 K – trojný bod vody	0 $^\circ\text{C}$ – bod tání ledu 100 $^\circ\text{C}$ – bod varu vody (při normálním tlaku)	32 $^\circ\text{F}$ – bod tání ledu 212 $^\circ\text{F}$ – bod varu vody (při normálním tlaku)
Velikost dílku	1 K	1 $^\circ\text{C}$	1 $^\circ\text{F}$
Vztahy	$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15$	$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9}(T(^{\circ}\text{F}) - 32)$	$T(\text{K}) = \frac{5}{9}(T(^{\circ}\text{F}) - 32) + 273,15$
Přímý převod		$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5}t(^{\circ}\text{C}) + 32$	

5. PRAKTICKÉ HODNOTY NA JEDNOTLIVÝCH STUPNICÍCH

Stav / bod	Absolutní nula	Trojný bod vody	Bod tání ledu	Bod varu vody (normální tlak)	Lidské tělo (normální teplota)	Horká voda	Povrch Slunce	Teplota vesmíru (reliktní záření)
Kelvin (K)	0	273,16	273,15	373,15	310,15	353,15	$\approx 5778 \text{ K}$	$\approx 2,73 \text{ K}$
Celsiova ($^\circ\text{C}$)	-273,15	0,01	0	100	37	80	$\approx 5505 \text{ }^\circ\text{C}$	$\approx -270,42 \text{ }^\circ\text{C}$
Fahrenheit ($^\circ\text{F}$)	-459,67	32,02	32	212	98,6	176	$\approx 9950 \text{ }^\circ\text{F}$	$\approx -454,76 \text{ }^\circ\text{F}$

6. POZNÁMKY

- Termodynamická teplota je nezávislá na látkovém složení a vlastnostech teploměru.
- Je to základní stavová veličina v termodynamice.
- Všechny termodynamické děje probíhají tak, že teplo samovolně přechází z vyšší teploty na nižší (2. termodynamický zákon).

VNITŘNÍ ENERGIE A JEJÍ ZMĚNY

Vnitřní energie U je součet veškerých mikroskopických energií částic látky.

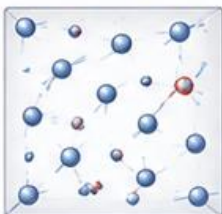
Zahrnuje jejich neuspořádaný pohyb (kinetickou energii) a vzájemné působení (potenciální energii).

1. VNITŘNÍ ENERGIE – DEFINICE

Vnitřní energie U je stavová veličina.

Závisí pouze na stavu systému, nikoli na cestě, kterou se do tohoto stavu dostal.

Jednotka SI: joule (J).



Příspěvky k vnitřní energii:

- pohyb částic
- vazby a přitažlivé síly mezi částicemi

Vnitřní energie ideálního plynu závisí pouze na teplotě: $U = nc_v T$

kde c_v je molární tepelná kapacita při stálém objemu.

2. ZMĚNY VNITŘNÍ ENERGIE

Vnitřní energie se může měnit třemi základními způsoby:

$$\Delta U = W + Q + E_{\text{rad}}$$

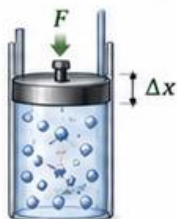
W ... práce vykonaná na systému

Q ... teplo přijaté systémem

E_{rad} ... energie přijatá zářením

2.1 ZMĚNA KONÁNÍM PRÁCE (MECHANICKÁ VÝMĚNA)

Práce vykonaná na systému zvětšuje jeho vnitřní energii.



Příklad:

Stlačování plynu pístem.

$$W = \int p dV$$

(kladné, koná-li se práce na systému)

$$\Delta U = +W$$

2.2 ZMĚNA TEPELNOU VÝMĚNOU (VEDENÍ, PROUDĚNÍ, KONVEKCE)

Teplo přijaté systémem z okolí zvětšuje jeho vnitřní energii.



Příklad:

Ohřev vody vařičem.

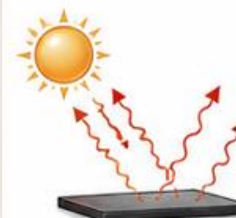
$Q > 0$... teplo přijaté systémem

$Q < 0$... teplo odevzdané systémem

$$\Delta U = +Q$$

2.3 ZMĚNA ZÁŘENÍM (ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ)

Systém může přijímat nebo vyzařovat energii elektromagnetickým zářením.



Příklad:

Zahřívání tmavého povrchu slunečním zářením.

$E_{\text{rad}} > 0$... energie přijatá zářením

$E_{\text{rad}} < 0$... energie vyzařovaná systémem

$$\Delta U = +E_{\text{rad}}$$

3. SOUHRN ZNAMÉNEK A VÝZNAMU

PRÁCE W



$W > 0$... práce je konána NA systém $\rightarrow U$ roste

$W < 0$... systém koná práci NA okolí $\rightarrow U$ klesá

TEPLO Q



$Q > 0$... teplo je PŘIJATO systémem $\rightarrow U$ roste

$Q < 0$... teplo je ODEVZDÁNO okolí $\rightarrow U$ klesá

ZÁŘENÍ E_{rad}



$E_{\text{rad}} > 0$... energie je PŘIJATA zářením $\rightarrow U$ roste

$E_{\text{rad}} < 0$... energie je VYZÁŘENA $\rightarrow U$ klesá

Obecně:

Změna vnitřní energie závisí pouze na počátečním a konečném stavu:

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

4. PŘÍKLADY Z PRAXE

A) PUMPIČKA NA KOLE

Stlačujeme vzduch v pumpičce.

Konáme práci na plyn $\rightarrow$ jeho teplota roste.



$$W > 0 \rightarrow \Delta U > 0 \rightarrow T \text{ roste}$$

B) OHŘEV VODY V HRNCI

Vařič předává teplo vodě.

Teplo přijaté vodou $\rightarrow$ její vnitřní energie roste.



$$Q > 0 \rightarrow \Delta U > 0 \rightarrow T \text{ roste}$$

C) EXPANZE PLYNU

Plyn se rozpíná a koná práci na okolí.

Jeho vnitřní energie klesá.



$$W < 0 \rightarrow \Delta U < 0 \rightarrow T \text{ klesá}$$

D) ZÁŘENÍ SLUNCE

Tmavý povrch přijímá sluneční záření.

Energie zářením $\rightarrow$ vnitřní energie roste.



$$E_{\text{rad}} > 0 \rightarrow \Delta U > 0 \rightarrow T \text{ roste}$$

E) CHLADNUTÍ VESMÍREM

Těleso vyzařuje tepelné záření do okolí.

Odevzdává energii $\rightarrow$ vnitřní energie klesá.



$$E_{\text{rad}} < 0 \rightarrow \Delta U < 0 \rightarrow T \text{ klesá}$$



Vnitřní energie není přímo měřitelná, ale její změny pozorujeme jako změny teploty, tlaku, objemu nebo skupenského stavu. Změny vnitřní energie jsou důsledkem výměny energie mezi systémem a okolím.

TEPLO A MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA

1. TEPLLO – DEFINICE

Tepllo Q je energie, která se přenáší mezi soustavami nebo tělesy v důsledku rozdílu teplot.

Tepllo není vlastnost tělesa, ale způsob přenosu energie.



Tepllo se vždy předává od teplejšího k chladnějšímu tělesu.

ZNAČKA: Q

Jednotka: joule (J)

2. VZOREC PRO TEPLLO

Tepllo potřebné ke změně teploty tělesa:

$$Q = m c \Delta T$$

kde:

Q ... tepllo [J]

m ... hmotnost tělesa [kg]

c ... měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]

ΔT ... změna teploty [K] nebo [$^{\circ}C$]

$$(\Delta T = T_2 - T_1)$$

3. VAZBA NA TEPELNOU VÝMĚNU

Při tepelné výměně platí zákon zachování energie:

$$Q_{\text{odevzdané}} + Q_{\text{přijaté}} = 0$$

Tepllo odevzdané teplejším tělesem je rovno teplu přijatému chladnějším tělesem.

4. MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA c

Měrná tepelná kapacita udává, kolik tepla je třeba dodat 1 kg látky, aby se jeho teplota zvýšila o 1 K (nebo 1 $^{\circ}C$).

Jednotka:

$$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$$

(joule na kilogram na kelvin)

VÝZNAM

Čím větší hodnota c , tím více tepla je potřeba k ohřátí látky o stejný teplotní rozdíl.



1 kg Al
 $c = 900$

stejně tepllo Q



1 kg vody
 $c = 4180$

Voda má přibližně 4,6 × větší měrnou tepelnou kapacitu než hliník. Zahřeje se tedy mnohem pomaleji.

TABULKA MĚRNÝCH TEPELNÝCH KAPACIT (při 20 $^{\circ}C$, přibližné hodnoty)

LÁTKA	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA c [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]	LÁTKA	MĚRNÁ TEPELNÁ KAPACITA c [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
Hliník (Al)	900	Voda (kapalná)	4180
Měď (Cu)	385	Vzduch (při stálém tlaku)	1005
Železo (Fe)	450		
Olovo (Pb)	130		



Poznámka:

Hodnoty měrné tepelné kapacity se mohou mírně lišit v závislosti na teplotě a stavu látky.

5. VYUŽITÍ V PRAXI

A) RYCHLÉ ZAHŘÁTÍ KOVŮ PŘI ŘEZÁNÍ DŘEVA

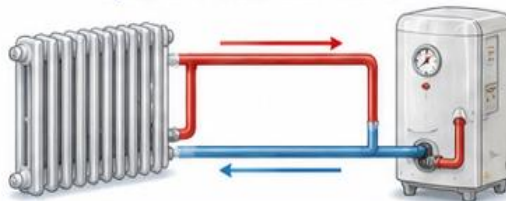


Tření mezi pilovým kotoučem (a jeho zuby) a dřevem přeměňuje mechanickou energii na tepllo.

Kovy mají relativně malou měrnou tepelnou kapacitu → jih teplota rychle stoupá.

To pomáhá při řezání, ale zároveň vyžaduje chlazení nebo odvod tepla, aby se nástroj nepřehřál.

B) VODA V ÚSTŘEDNÍM TOPENÍ



Voda má vysokou měrnou tepelnou kapacitu → při stejné dodané energii se ohřeje jen málo, ale dokáže přenést velké množství tepla do radiátorů. Vytápění je tak účinné a teplota v místnostech stabilnější.

C) VODA V OCEÁNECH – MÍRNÉ ZMĚNY KLIMATU



Oceány pohlcují obrovské množství tepla ze slunečního záření.

Díky vysoké měrné tepelné kapacitě vody se jejich teplota mění jen velmi pomalu.

To zmírňuje výkyvy klimatu a přispívá ke stabilitě počasí na Zemi.



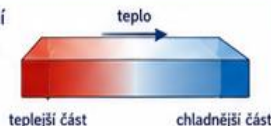
Shrnutí: Tepllo je energie přenášená mezi tělesy. Množství tepla potřebné ke změně teploty závisí na hmotnosti tělesa a jeho měrné tepelné kapacitě. Látky s velkou měrnou tepelnou kapacitou se ohřívají a ochlazují pomalu – což nachází široké uplatnění v technice i v přírodě.

PŘENOS VNITŘNÍ ENERGIE

Vnitřní energie se může přenášet třemi základními způsoby: vedením, prouděním a zářením.

1. VEDENÍ (KONDUKCE)

Přenos vnitřní energie z částic s vyšší energií na částice s nižší energií v pevných látkách bez přenosu hmoty.



Fourierův zákon vedení tepla:

$$\dot{Q} = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$\dot{Q}$... tepelný tok [W]

λ ... součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

A ... plocha [m^2]

ΔT ... teplotní rozdíl [K]

Δx ... tloušťka vrstvy [m]

Tepelná vodivost λ
[$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]

měď	390
hliník	205
železo	80
sklo	1,0
cihla	0,6
dřevo	0,15
polystyren	0,033

PŘÍKLADY Z PRAXE



Cihly

Cihly mají nízkou tepelnou vodivost a dobře izolují. Zadržují teplo v domě v zimě a chlad v létě.



Okna

Dvojskla a trojskla omezují vedení tepla. Meziivrstva vzduchu nebo plynu snižuje tepelné ztráty.



Rukojeti pánví

Rukojeti jsou z materiálů s nízkou tepelnou vodivostí (plast, dřevo), aby se nezahřívaly a nespálily ruce.



Oblečení

Vláknité materiály (vlna, fleece) vedou teplo špatně. Mezi vlákny je vzduch, který izoluje a brání úniku tepla těla.



Termoska

Dvojitá stěna s vakuem mezi nimi výrazně omezuje vedení tepla. Vakuum nevede teplo téměř vůbec.

Typické materiály a jejich role

Dobré vodiče tepla (vysoká λ)

kovy – využití např. v radiátorech, chladičích

Špatné vodiče tepla (nízká λ)

izolace – využití ve stavebnictví, oblečení, nádobách

2. PROUDĚNÍ (KONVEKCE)

Přenos vnitřní energie pohybem tekutin (kapalin a plynů).

Teplejší částice jsou lehčí a stoupají vzhůru, chladnější klesají.

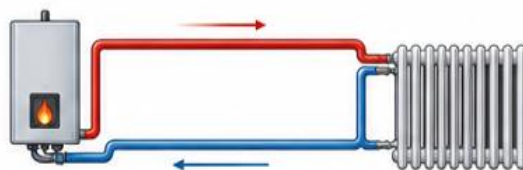


Princip:

rozdíly hustoty způsobené rozdíly teplot vedou ke vzniku proudění, které přenáší teplo.

PŘÍKLADY Z PRAXE

a) Vytápění domu (teplovodní ústřední topení)



1. Voda v kotli se ohřeje → její hustota klesne.
2. Teplá voda stoupá do radiátorů.
3. V radiátoru předá teplo vzduchu v místnosti.
4. Ochlazená voda klesá zpět do kotle.
5. Cirkulace zajišťuje rovnoměrné rozložení tepla v domě.

b) Vaření v hrnci



1. Voda u dna se ohřívá.
2. Teplejší voda stoupá vzhůru.
3. Chladnější voda klesá ke dnu.
4. Vzniká proudění – teplo se rovnoměrně rozvádí a pokrm se ohřívá.

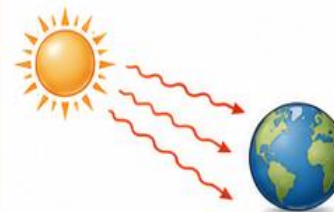
Kde proudění neprobíhá?

V pevných látkách proudění neprobíhá, v kapalinách a plynech ano. Proudění lze potlačit např. viskózní kapalinou nebo uzavřením prostoru.

3. ZÁŘENÍ (RADIACE)

Přenos vnitřní energie elektromagnetickým zářením.

Neprobíhá prostřednictvím látky – může probíhat i ve vakuu.



Záření nezávisí na látkovém prostředí. Šíří se rychlostí světla $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

PŘÍKLADY Z PRAXE

a) Solární vodní kolektory

Sluneční záření ohřívá absorber kolektoru, který předá teplo vodě v potrubí.



Solární konstanta

Množství sluneční energie dopadající kolmo na plochu 1 m^2 mimo zemskou atmosféru.

$$S_0 \approx 1361 \text{ W m}^{-2}$$

b) Opatování

UV záření ze Slunce dopadá na kůži, kde se mění na teplo a způsobuje opálení.



c) IR panely (infračervené vytápění)

IR záření ohřívá předměty a povrchy v místnosti, které pak ohřívají vzduch.



d) Mikrovlnná trouba

Mikrovlnné záření excituje molekuly vody v potravinách → zvyšuje jejich pohyb → ohřívání potravin.



Vlastnosti tepelného záření

- Pohlcováno, odráženo nebo prostupuje látkami.
- Tmavé povrchy záření pohlcují lépe než světlé.
- Vesmírný prostor – hlavní způsob přenosu tepla mezi hvězdami a planetami.

PRVNÍ TERMODYNAMICKÝ ZÁKON

SOUSTAVA A OKOLÍ

Soustava je část vesmíru, kterou zkoumáme. Okolí je vše ostatní.



Zákon zachování energie pro termodynamické děje.

$$\Delta U = Q - W$$

ΔU ... změna vnitřní energie soustavy

závisí pouze na počátečním a konečném stavu

Q ... teplo dodané soustavě

přenesené mezi soustavou a okolím díky rozdílu teplot

W ... práce vykonaná soustavou

přenesená mezi soustavou a okolím silovým působením

ZNAMÉNKA

TEPLO Q

$Q > 0$... teplo dodáno soustavě

$Q < 0$... teplo odebráno soustavě

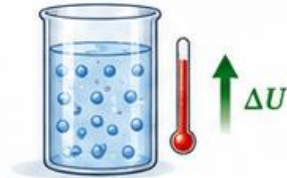
PRÁCE W

$W > 0$... práce vykonaná soustavou

$W < 0$... práce vykonaná na soustavě

FYZIKÁLNÍ VÝZNAM

$\Delta U > 0$... vnitřní energie soustavy se zvětší



$\Delta U = 0$... vnitřní energie soustavy se nemění

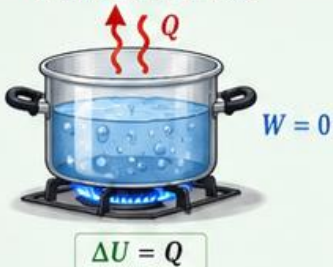


$\Delta U < 0$... vnitřní energie soustavy se zmenší

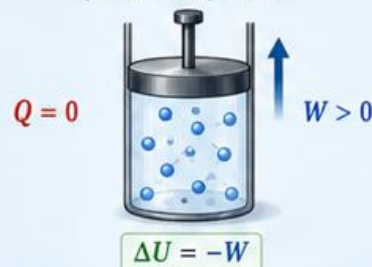


PŘÍKLADY

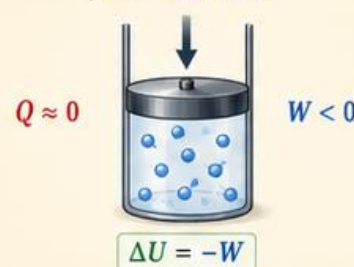
1) OHŘEV VODY V HRNCI



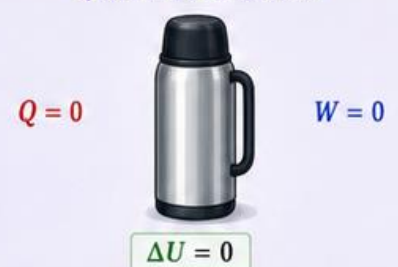
2) PLYN KONAJÍCÍ PRÁCI



3) KOMPRESIE PLYNU



4) IZOLOVANÁ SOUSTAVA



ENERGIE SE NEDÁ VYTVOŘIT ANI ZNIČIT,
LZE JI POUZE PŘEMĚŇOVAT Z JEDNÉ FORMY NA DRUHOU.



UZAVŘENÝ SYSTÉM

Celková energie (vnitřní + kinetická + potenciální) izolované soustavy je konstantní.



Žádná výměna energie s okolím.

DRUHÝ TERMODYNAMICKÝ ZÁKON

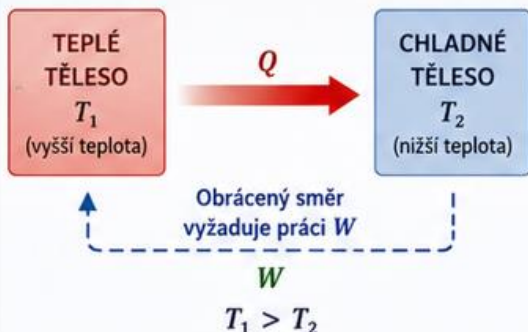
Teplu samovolně přechází z teplejšího tělesa na chladnější.

Přeměna energie je vždy spojena se ztrátami – entropie izolované soustavy nikdy neklesá.

SMĚR SAMOVOLNÝCH DĚJŮ

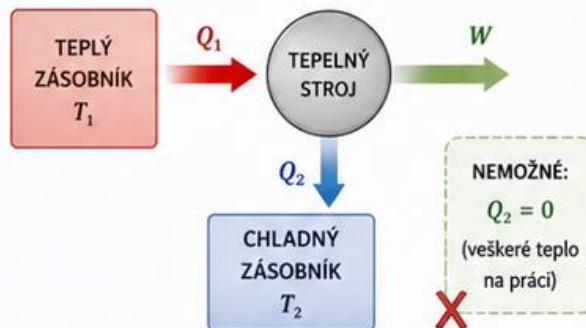
Teplu samovolně přechází z teplejšího tělesa na chladnější.

Obrácený děj je možný jen s vynaložením práce.



KELVINŮV-VÝROK

Není možné sestavit periodicky pracující tepelný stroj, který by veškeré teplo přijaté z jednoho zásobníku přeměnil na práci.



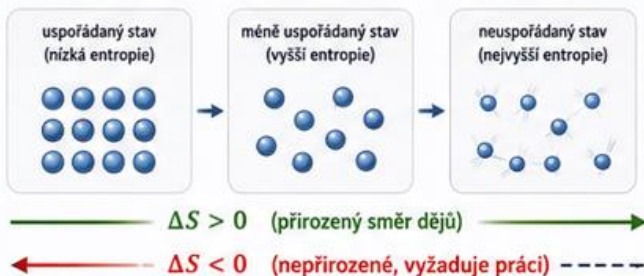
CLAUSIŮV-VÝROK

Není možné sestavit zařízení, které by samovolně přenášelo teplo z chladnějšího tělesa na teplejší.



ENTROPIE – MÍRA NEPOŘÁDKU

Druhý zákon: Entropie izolované soustavy nikdy neklesá.



MATEMATICKY

Pro izolovanou soustavu:

$$\Delta S \geq 0$$

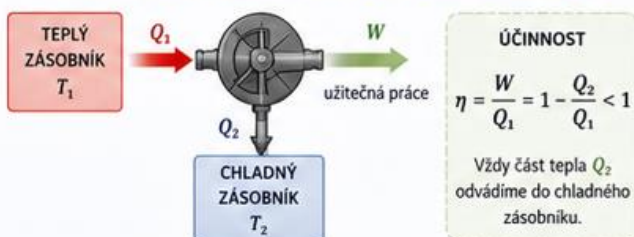
Rovnost platí jen pro vratné děje.

PŘÍKLADY RŮSTU ENTROPIE V PŘÍRODĚ

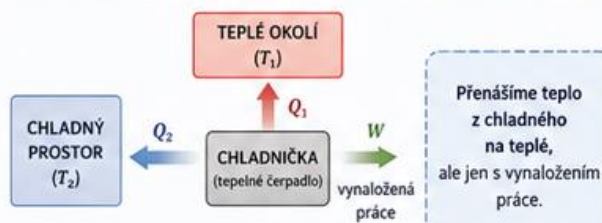


PŘÍRODNÍ DĚJE PROBÍHAJÍ SMĚREM K VĚTŠÍ ENTROPII.

TEPELNÝ STROJ – ÚČINNOST JE VŽDY MENŠÍ NEŽ 100 %



CHLADNIČKA / TEPELNÉ ČERPADLO – VYŽADUJE PRÁCI



DŮSLEDKY DRUHÉHO ZÁKONA

- Čas má směr (minulost → budoucnost).
- Žádný proces nemůže mít 100% účinnost.
- Vesmír se neustále mění a směřuje k většímu nepořádku.
- Energii lze přeměňovat a přenášet, ale nikdy ji nelze dokonale využít.

✓ Druhý termodynamický zákon je jedním ze základních zákonů přírody – určuje směr dějů v každodenním životě, v technice, i ve vesmíru.

VLASTNOSTI LÁTEK

Látky se liší svými vlastnostmi v pevném, kapalném a plynném skupenství.

1. PEVNÉ LÁTKY

1.1 Hookův zákon

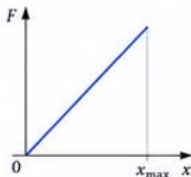
V pružné oblasti je prodloužení tělesa úměrné působící síle.

$$F = kx$$

F ... síla [N]

k ... tuhost [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$]

x ... prodloužení [m]



Využití v praxi:

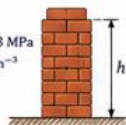
- pružiny, odpružení vozidel
- tenzometry (měření deformací)
- luky, trampoliny

1.2 Příklad – max. výška cihlové zdi

Jak vysoká může být cihlová zeď, aby napětí v dolních cihlách nepřekročilo dovolené napětí?

Zadáno:

- dovolené napětí zdiva $\sigma_{\text{dov}} = 3 \text{ MPa}$
- hustota zdiva $\rho = 1800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$



Řešení:

Napětí v dolní části zdi: $\sigma = \rho g h \leq \sigma_{\text{dov}}$

$$h_{\text{max}} = \frac{\sigma_{\text{dov}}}{\rho g} = \frac{3 \cdot 10^6}{1800 \cdot 9,81} \approx 170 \text{ m}$$

Odpověď: Maximální výška zdi je přibližně 170 m.

1.3 Teplotní roztažnost pevných látek

Při změně teploty se tělesa rozměrově mění.

Lineární roztažnost:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta T$$

α ... součinitel lineární roztažnosti [K^{-1}]

l_0 ... původní délka [m]

ΔT ... změna teploty [K]

Využití v praxi:

- Bimetal – dvě spojené vrstvy kovů s různou α → ohyb při změně teploty (termostaty, jističe).



Železobeton – ocelové pruty a beton mají podobnou roztažnost → společná práce bez prasklin.



Koleje – dilatační mezery umožňují roztažnost a zabráňují vyboulení kolejí.

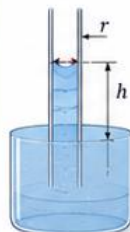


Dráty vysokého napětí – při teple se prodlužují → proto jsou napínány s rezervou.

2. KAPALINY

2.1 Kapilární jevy

V úzkých trubicích (kapilárách) dochází k vztlínání nebo klesání kapaliny.



Výška vztlínání:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

σ ... povrchové napětí [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$]

θ ... smáčecí úhel

ρ ... hustota kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

g ... tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

r ... poloměr kapiláry [m]

Využití v praxi:

- příjem vody rostlinami kořeny a transport v cévních svazcích
- savost papíru, ubrousků, textilií
- kapilární trubice v lékařství a laboratořích
- inkoustová pera a tiskárny

2.2 Teplotní roztažnost kapalin

Objem kapalin se s teplotou mění.

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T$$

β ... objemový součinitel roztažnosti [K^{-1}]

V_0 ... původní objem [m^3]

ΔT ... změna teploty [K]

Využití v praxi:

- kapalinové teploměry (rtuťové, lihové)
- expanzní nádoby v ústředním topení
- kontrola hladiny oleje a paliv v nádržích



3. PLYNY

3.1 Stavová rovnice ideálního plynu

Spojuje základní stavové veličiny plynu.

$$pV = nRT$$

p ... tlak [Pa]

V ... objem [m^3]

n ... látkové množství [mol]

R ... univerzální plynová konstanta

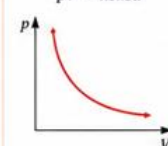
$$(R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$$

T ... termodynamická teplota [K]

3.2 Izoprocesy (izo děje)

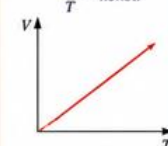
Izotermický ($T = \text{konst.}$)

$$pV = \text{konst.}$$



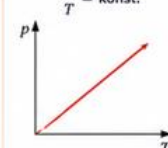
Izobarický ($p = \text{konst.}$)

$$\frac{V}{T} = \text{konst.}$$



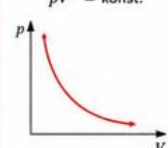
Izochorický ($V = \text{konst.}$)

$$\frac{p}{T} = \text{konst.}$$



Adiabatický ($Q = 0$)

$$pV^\kappa = \text{konst.}$$



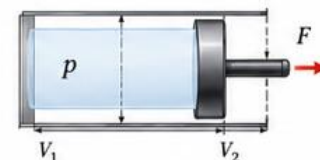
3.3 Práce plynu

Práce vykonaná plynem při změně objemu:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

Užitná práce plynu v praxi:

- spalovací motory
- parní turbíny
- kompresory a expanzní zařízení
- stlačený vzduch v nářadí a pneumatice



4. ZMĚNY SKUPENSTVÍ A JEJICH VYUŽITÍ V PRAXI

TÁNÍ (tuhé → kapalné)

Při tání látka přijímá teplo.

Příklad: tání ledu → chlazení nápojů, ledové obklady.



TUHNUTÍ (kapalné → tuhé)

Při tuhnutí se teplo uvolňuje.

Příklad: výroba ledu, odlévání kovů do forem.



VYPAROVÁNÍ (kapalné → plynné)

Probíhá na volném povrchu kapaliny.

Příklad: sušení prádla, ochlazování pocením.



KONDENZACE (plynné → kapalné)

Při kondenzaci se teplo uvolňuje.

Příklad: rosení oken, oblaka, chladiče.



SUBLIMACE (tuhé → plynné)

Přímý přechod bez tání.

Příklad: suchý led (CO_2), jód.



DESUBLIMACE (plynné → tuhé)

Přímý přechod bez tuhnutí.

Příklad: námraza, sněhové vločky.



SHRNUTÍ – KLÍČOVÉ BODY

- Pevné látky se deformují podle Hookova zákona a mění rozměry s teplotou.
- Kapaliny mají kapilární jevy a mění objem s teplotou.
- Plyny se řídí stavovou rovnicí a mohou konat práci.
- Změny skupenství provázejí běžný život i technická zařízení.

Porozumění vlastnostem látek umožňuje jejich účinné a bezpečné využití v praxi.



⚡ ELEKTRICKÉ POLE ⚡

1. ELEKTRICKÝ NÁBOJ

Elektrický náboj je základní fyzikální veličina, která je příčinou elektrických jevů.

Značka	Q
Jednotka (SI)	coulomb (C)
Náboj tělesa	$Q = ne$

n ... počet elementárních nábojů
 e ... elementární náboj
 $e = 1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C

MĚŘENÍ NÁBOJE

Elektrometrem – přístroj se známou kapacitou.



2. ELEKTROSTATIKA V PRAXI

Laserová tiskárna

Náboj na válci přitahuje toner (jemně nabité částice) na papír.



Odličovače popluku

Nabitě částice popluku jsou přitahovány k opačně nabitým deskám.



Elektrické zvlhčovače

Nabitě kapičky vody jsou přitahovány k povrchům – zvlhčování vzduchu.



6. ELEKTRICKÝ VÍTR A ELEKTRICKÝ VĚTRNÍK

Elektrický vítr (iontový vítr)

Vysoké napětí ionizuje vzduch, ionty jsou unášeny a předsávají hybnost neutrálním molekulám → vzniká proud vzduchu.



Elektrický větrník

Nabitě vodiče odpuzují stejný náboj na lopatkách → lopatky se otáčejí.



10. KAPACITA VODIČE

Kapacita vodiče je poměr náboje a potenciálu vodiče vzhledem k nekonečnu.

$$C = \frac{Q}{\varphi} \quad \text{jednotka: farad (F)}$$

Závisí na tvaru a velikosti vodiče a na prostředí. Větší vodič → větší kapacita.



11. KONDENZÁTOR

Zařízení tvořené dvěma vodiči (deskami) oddělenými dielektrikem.

$$C = \frac{Q}{U} \quad \text{jednotka: farad (F)}$$

Deskový kondenzátor:

$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

ϵ ... permitivita prostředí [$F \cdot m^{-1}$]

S ... plocha desek [m^2]

d ... vzdálenost desek [m]

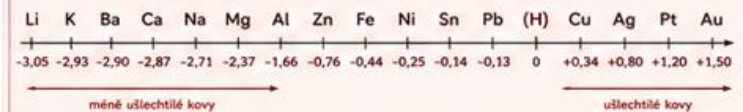


5. ELEKTRICKÉ NAPĚTÍ – ROZDÍL POTENCIÁLŮ

Elektrické napětí U je rozdíl elektrických potenciálů mezi dvěma body.

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \quad \text{jednotka: volt (V)}$$

BECKETOVA ŘADA KOVŮ (napětí vůči vodíkové elektrodě)



KROKOVÉ NAPĚTÍ

Při zásahu bleskem do země vzniká rozdíl potenciálů mezi body na zemi → nebezpečné pro člověka. Čím větší krok (rozteč nohou), tím větší napětí.



ROZDĚLENÍ NÁBOJE NA TĚLESECH

Hroty

náboj se soustředí na špičkách → velká intenzita pole



Rovné plochy

náboj je rozložen rovnoměrně



Dutiny (klesce)

náboj se rozkládá jen na vnějším povrchu, uvnitř je $E = 0$



3. COULOMBŮV ZÁKON

Síla mezi dvěma bodovými náboji je přímo úměrná součinu nábojů a nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti.

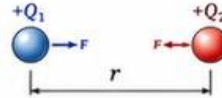
$$F = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2}$$

$k = 8,987\,551\,792 \times 10^9$ N·m²·C⁻² (Coulombova konstanta)

F ... síla [N]

Q_1, Q_2 ... náboje [C]

r ... vzdálenost [m]



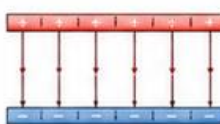
4. ELEKTRICKÉ POLE

Bodového náboje
intenzita pole

$$E = k \frac{|Q|}{r^2}$$



Homogenní elektrické pole
(mezi rovnoběžnými deskami)

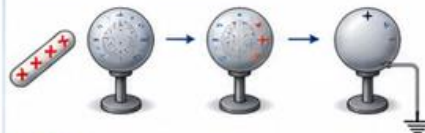


$$E = \frac{U}{d}$$

U ... napětí [V], d ... vzdálenost desek [m]

8. ELEKTROSTATICKÁ INDUKCE

Působením nabitého tělesa dojde v neutrálním vodiči k oddělení nábojů – bez dotyku.



Příklad:

Přiblížíme-li kladně nabitou tyč k vodiči, na bližší straně se indukuje záporný náboj, na vzdálenější kladný.

9. POLARIZACE DIELEKTRIKA

V elektrickém poli se v dielektriku mírně posunou kladné a záporné náboje – vznikají dipóly.



Příklad:

Polarizace v kondenzátoru, v izolantech kabelů, v kapalinách. Zvyšuje kapacitu kondenzátoru.

SHRNUTÍ

- Elektrický náboj je kvantovaný, jeho základní jednotkou je coulomb.
- Elektrické pole působí silou na náboje, popisujeme ho intenzitou E .
- Napětí je rozdíl potenciálů, práce na jednotkový náboj.
- Náboje se mohou přemísťovat, indukovat, polarizovat.
- Vodiče mohou ukládat náboj – kapacita, kondenzátory.
- Elektrostatika má široké využití v technice i v přírodě.

DŮLEŽITÉ VZTAHY

$$F = k \frac{|Q_1 Q_2|}{r^2}$$

$$E = k \frac{|Q|}{r^2}$$

$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$W = QU$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

ELEKTRICKÝ PROUD V KOVECH

1. ELEKTRICKÝ PROUD – VELIČINA A DĚJ

Proud jako veličina

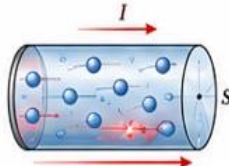
Elektrický proud I je fyzikální veličina, která udává množství elektrického náboje Q , které projde průřezem vodiče za čas t .

$$I = \frac{Q}{t}$$

I ... elektrický proud [A]
 Q ... elektrický náboj [C]
 t ... čas [s]

Proud jako děj

Elektrický proud je uspořádaný pohyb volných elektronů v kovovém vodiči vlivem elektrického pole.



elektrony se pohybují proti směru proudu

Jednotka: ampér (A)
 $1 \text{ A} = 1 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1}$

2. PRAKTICKÉ ÚČINKY ELEKTRICKÉHO PROUDU

Světelné

Proud rozzhívá vlákno žárovky, které vyzařuje světlo.



Tepelné

Proud se mění v teplo, ohřívá vodiče a spotřebiče.



Chemické

Proud vyvolá chemické reakce v roztocích nebo taveninách.



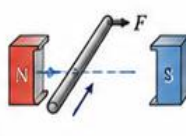
Magnetické

Proud vytváří magnetické pole kolem vodiče.



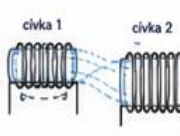
Elektrodynamické (sílové)

Proud působí silou na vodič v magnetickém poli.



Indukční

Měnný proud v jedné cívce vyvolá napětí v jiné cívce.

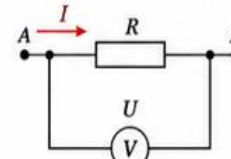


3a. OHMŮV ZÁKON – ČÁST OBVODU

Při konstantní teplotě je proud I procházející vodičem přímo úměrný napětí U na jeho koncích.

$$I = \frac{U}{R}$$

U ... napětí [V]
 I ... proud [A]
 R ... odpor [Ω]

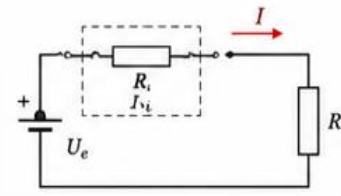


3b. OHMŮV ZÁKON – UZAVŘENÝ OBVOD

V uzavřeném obvodu se zdrojem (elektromotorické napětí U_e) platí:

$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

U_e ... elektromotorické napětí zdroje [V]
 R ... vnější odpor [Ω]
 R_i ... vnitřní odpor zdroje [Ω]



4. ZÁVISLOST ODPORU NA VLASTNOSTECH VODIČE

Odpor vodiče závisí na jeho délce l , průřezu S a materiálu (rezistivitě ρ).

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

R ... odpor [Ω]
 ρ ... měrný odpor (rezistivita) [Ω · m]
 l ... délka vodiče [m]
 S ... obsah průřezu vodiče [m²]

Měrné odpory některých kovů (20 °C)

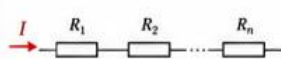
Materiál	ρ [Ω · m]
Stříbro	$1,59 \times 10^{-8}$
Měď	$1,68 \times 10^{-8}$
Hliník	$2,82 \times 10^{-8}$
Wolfram	$5,60 \times 10^{-8}$
Ocel	$1,0 \times 10^{-7}$

Závěr:

- delší vodič → větší odpor
- menší průřez → větší odpor
- materiál s větší ρ → větší odpor

5. SPOJOVÁNÍ REZISTORŮ

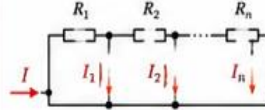
Sériové spojení



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Proud je ve všech rezistorech stejný.

Paralelní spojení



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Napětí je na všech rezistorech stejné.

6. VÝKON STEJNOSMĚRNÉHO PROUDU

Výkon udává, jak rychle se elektrická energie mění na jiné formy (světlo, teplo, práci...).

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

P ... výkon [W]
 U ... napětí [V]
 I ... proud [A]
 R ... odpor [Ω]

Využití v praxi:

- žárovky, LED osvětlení
- topná tělesa, varné desky
- elektromotory, ventilátory
- nabíječky, adaptéry
- elektronika, počítače



7. JOULEOVO TEPLLO

Při průchodu proudu odporem se uvolňuje teplo.

$$Q = I^2 R t$$

Q ... teplo [J]
 I ... proud [A]
 R ... odpor [Ω]
 t ... čas [s]



Využití:

- elektrické spotřebiče (ohřev vody, vaření)
- pojistky (rozpálením se přeruší obvod)
- odporové svařování

8. JISTIČE

Jistič automaticky odpojí obvod při příliš velkém proudu (zkrat, přetížení).

- ✓ chrání kabely a spotřebiče
- ✓ po odstranění poruchy lze znovu zapnout



9. POJISTKY

Pojistka přeruší obvod, když proud překročí dovolenou hodnotu – roztaví se její tavný drátek.

- ✓ jednorázové použití
- ✓ jednoduché a spolehlivé
- ✓ různé proudové hodnoty



SHRNUTÍ

- Elektrický proud v kovech je uspořádaný pohyb volných elektronů.
- Základní vztahy: $I = \frac{Q}{t}$, $I = \frac{U}{R}$, $I = \frac{U_e}{R + R_i}$, $R = \rho \frac{l}{S}$, $P = UI$, $Q = I^2 R t$.
- Proud má různé účinky, které nacházejí široké využití v praxi.
- Bezpečnost zajišťují jističe a pojistky.



Pozor na nebezpečné proudy a napětí!
Vždy dodržuj pravidla bezpečné práce s elektřinou.

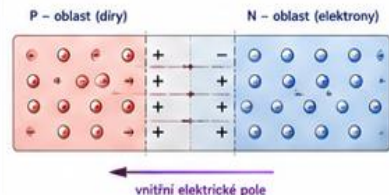
ELEKTRICKÝ PROUD V POLOVODIČÍCH, KAPALINÁCH A PLYNECH

1. ELEKTRICKÝ PROUD V POLOVODIČÍCH

1.1 PN PŘECHOD – VZNIK A VLASTNOSTI

Přechod P–N vzniká spojením polovodiče typu P (díry – kladné nosiče) a polovodiče typu N (elektrony – záporné nosiče).

Na rozhraní dojde k difuzi částic a vytvoření tzv. přechodové (ochuzené) vrstvy s vnitřním elektrickým polem.



Vlastnosti PN přechodu:

- V přechodové vrstvě jsou volné nosiče zrekombinovány.
- Vzniká elektrické pole bránící další difuzi.
- Přechod vede proud pouze v jednom směru (usměrňuje).

1.2 DIODA – PROPUSTNÝ A ZÁVĚRNÝ SMĚR

Propustný směr (dopředné zapojení)

P je na + pól zdroje, N na - pól.



Přechodová vrstva se zmenší, proud prochází diodou.



Závěrný směr (zpětné zapojení)

P je na - pól zdroje, N na + pól.



Přechodová vrstva se zvětší, proud neprotéká (jen nepatrný závěrný proud). Při překročení zkušebního napětí dojde k průrazu.



1.3 PŘÍKLADY DIOD



VYUŽITÍ POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK V PRAXI

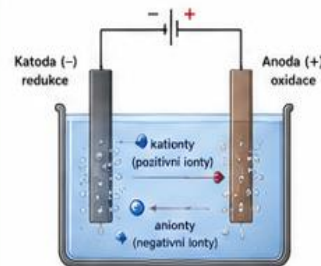
- usměrňování střídavého proudu (napájecí zdroje)
- světelné diody LED (osvětlení, displeje)
- stabilizace napětí (Zenerova dioda)
- solární články (fotodiody, polovodičové přechody)
- elektronika, počítače, telefony



2. ELEKTRICKÝ PROUD V KAPALINÁCH (ELEKTROLYTECH)

2.1 ELEKTROLÝZA

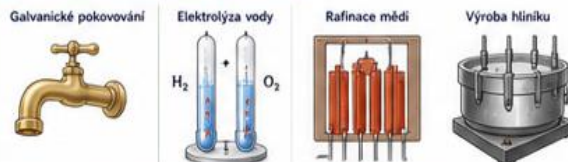
Působením stejnosměrného elektrického proudu dochází v kapalinách (elektrolytech) k chemickým reakcím na elektrodách.



Příklady elektrolýzy:

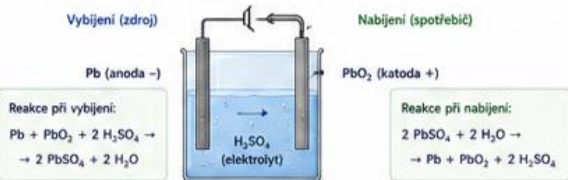
- Získávání kovů (např. mědi, hliníku)
- Pokovování předmětů
- Rozklad vody na vodík a kyslík
- Výroba chemických látek (chlor, hydroxid sodný)

2.2 VYUŽITÍ ELEKTROLÝZY V PRAXI



2.3 AKUMULÁTOR (OLOVĚNÝ)

Akumulátor je sekundární článek – lze ho opakovaně nabíjet. Prohrají v něm vratné chemické reakce.



Využití:



SHRNUTÍ – KAPALINY

- Proud v kapalinách vedou ionty.
- Elektrolýza využívá chemické účinky proudu.
- Akumulátor ukládá elektrickou energii ve formě chemické energie.

3. ELEKTRICKÝ PROUD V PLYNECH

Proud v plynech je veden pohybem volných elektronů a iontů.

Vzniká při ionizaci plynu (např. vysokou teplotou, UV zářením, silným elektrickým polem).

3.1 DRUHY ELEKTRICKÝCH VÝBOJŮ V PLYNECH

JISKROVÝ VÝBOJ

Krátkodobý výboj při vysokém napětí. Vzniká průrazem izolantu (vzduchu).

Příklady:

- blesk
- zapalovací svíčka
- jiskřiště



OBLOUKOVÝ VÝBOJ

Dlouhotrvající výboj s velkým proudem a vysokou teplotou.

Příklady:

- obloukové svařování
- Křižkova oblouková lampa
- hutní průmysl



DOUTNAVÝ VÝBOJ

Výboj při nízkém tlaku a malém proudu. Plyn svítí bez vysoké teploty elektrod.

Příklady:

- neonové reklamní trubice
- doutnavky a kontrolky
- plazmové displeje



KORÓNOVÝ VÝBOJ

Výboj kolem hroty vodičů při vysokém napětí, bez úplného průrazu vzduchu.

Příklady:

- elektrický vítr
- čističky vzduchu
- koróna na vedení VN



3.2 VYUŽITÍ VÝBOJŮ V PRAXI



SHRNUTÍ – PLYNY

- V plynech je proud veden ionty a elektrony.
- Podle podmínek vznikají různé typy výbojů.
- Výboje v plynech mají široké využití v technice i každodenním životě.



BEZPEČNOST: Při práci s elektrickým proudem vždy dodržujte bezpečnostní pravidla! Vysoké napětí může způsobit úraz elektrickým proudem, popáleniny nebo požár.

STACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

1. PERMANENTNÍ MAGNET

Permanentní magnet je těleso, které vytváří stálé magnetické pole.
Má dva póly – severní (N) a jižní (S).

Stejné póly se odpuzují,
opačné se přitahují.



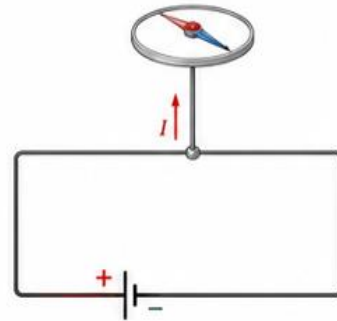
Magnetické siločáry vycházejí ze severního pólu a vstupují do jižního pólu.

Materiály:

- magneticky tvrdé – udržují magnetismus (ocel, AlNiCo, NdFeB)
- magneticky měkké – snadno se zmagnetují (železo, ferit)

2. OERSTEDŮV EXPERIMENT (1820)

Elektrický proud v vodiči vytváří magnetické pole.
To lze dokázat výchylkou magnetky (kompasu).



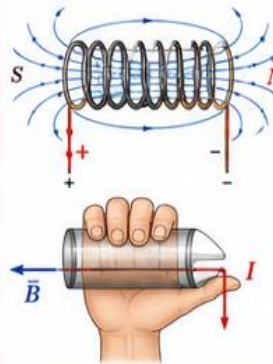
Závěr:

Kolem vodiče s proudem vzniká magnetické pole.

3. MAGNETICKÉ POLE PROUDU

3.1 CÍVKA – AMPÉROVO PRAVIDLO PRÁVÉ RUKY

Prsty pravé ruky obepnou cívku ve směru proudu (od palce ke konečkům prstů), palec ukazuje směr magnetických siločar uvnitř cívky (k severnímu pólu).



3.2 PŘÍMÝ VODIČ S PROUDEM

Siločáry jsou soustředné kružnice se středem na vodiči.

Směr určuje pravidlem pravé ruky: palec ukazuje směr proudu, prsty směr magnetických siločar.



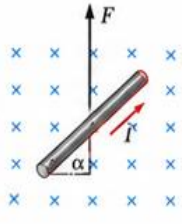
4. MAGNETICKÁ SÍLA

Magnetické pole působí silou na pohybující se náboj nebo na vodič s proudem.

4.1 Síla na vodič s proudem v magnetickém poli

$$F = BIl \sin \alpha$$

F ... magnetická síla [N]
 B ... magnetická indukce [T]
 I ... proud [A]
 l ... délka vodiče v poli [m]
 α ... úhel mezi směrem proudu a magnetickým polem



4.2 Síla na pohybující se náboj

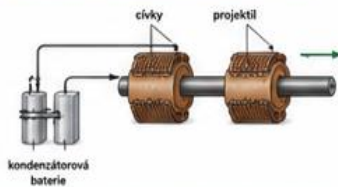
$$F = qvB \sin \alpha$$

q ... náboj [C]
 v ... rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
 B ... magnetická indukce [T]
 α ... úhel mezi směrem rychlosti a magnetickým polem

5. VYUŽITÍ MAGNETICKÉHO POLE V PRAXI

5.1 ELEKTROMAGNETICKÉ DĚLO – PRINCIP

Vodič (projektil) je urychlován velkým proudem v cívkách. Magnetické pole vyvolá velkou sílu a projektil vystřelí.



Princip:

1. Nabitá kondenzátory se rychle vybíjejí přes cívky.
2. Vznikne silný proud → silné magnetické pole.
3. Projektil (vodič) je urychlen ven z hlavně.

Využití: výzkum, vojenská technika, starty satelitů (teorie).

5.2 MAGNETY A ELEKTROMAGNETY V PRAXI

PERMANENTNÍ MAGNETY

- reproduktory, sluchátka



- magnetické zámky, úchyty



- kompas



- hračky, školní pomůcky

ELEKTROMAGNETY

- jeřábové magnety



- relé, stykače



- elektromotory, generátory



- zvony, bzučáky

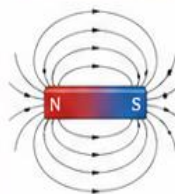


- lékařské přístroje (MRI) (M)

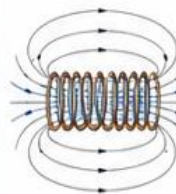


6. SILOČÁRY MAGNETICKÉHO POLE

PERMANENTNÍ MAGNET



CÍVKA (SOLENOID)



PŘÍMÝ VODIČ S PROUDEM



Vlastnosti magnetických siločar:

- jsou uzavřené křivky (vycházejí ze severního pólu a vstupují do jižního)
- neprotínají se
- hustota siločar určuje velikost magnetického pole (indukce B)
- směr siločar: vně magnetu od N k S, uvnitř od S k N

7. MAGNETICKÁ INDUKCE

Magnetickou indukci B charakterizuje hustota magnetických siločar.

Jednotka: tesla (T)

$$1 \text{ T} = 1 \text{ N} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$$

Závislost síly na orientaci vodiče:

- největší síla působí, když je vodič kolmý k siločarám ($\alpha = 90^\circ$)
- žádná síla nepůsobí, když je vodič rovnoběžný se siločarami ($\alpha = 0^\circ$)

8. SOUHRN PRAVIDEL PRÁVÉ RUKY

AMPÉROVO PRAVIDLO (cívka)



Palec – směr B (k severnímu pólu)
Prsty – směr proudu I

PRAVIDLO PRÁVÉ RUKY (přímý vodič)



Palec – směr proudu I
Prsty – směr B

PRAVIDLO LEVÉ RUKY (síla na vodič)



Ukazovák – směr B
Prostředník – směr I
Palec – směr síly F

9. PRAKTICKÉ PŘÍKLADY V KAŽDODENNÍM ŽIVOTĚ

elektromotor



generátor



transformátor



indukční vařič



magnetická separace kovů



magnetické rychlovlaky (levitace)



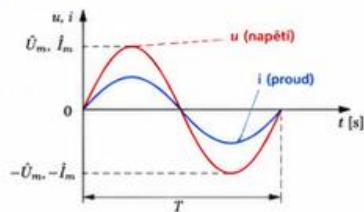
SHRNUTÍ

- Elektrický proud vytváří magnetické pole.
- Směr pole určujeme pravidlem pravé ruky.
- Magnetické pole působí silou na vodič s proudem a pohybující se náboje.
- Magnety a elektromagnety mají široké využití v technice i každodenním životě.

STŘÍDAVÝ PROUD A JEHO VYUŽITÍ V PRAXI

1. SINUSOVÝ PRŮBĚH STŘÍDAVÉHO PROUDU

Střídavý proud (napětí) periodicky mění svou velikost i směr podle sinusové zákonitosti.



Okamžitá hodnota:

$$u(t) = \hat{U}_m \sin \omega t$$

$$i(t) = \hat{I}_m \sin (\omega t - \varphi)$$

$\hat{U}_m, \hat{I}_m$... maximální (amplitudová) hodnota napětí a proudu
 T ... perioda [s] – doba jednoho kmitu
 f ... frekvence [Hz] – počet period za sekundu
 ω ... úhlová frekvence [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$]
 φ ... fázový posun mezi napětím a proudem

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

$$\omega = 2\pi f$$

2. FREKVENCE, PERIODA, ÚČINNÁ (EFEKTIVNÍ) HODNOTA

Frekvence f

- Udává, kolikrát se průběh opakuje za sekundu.
- V energetice v ČR a EU:

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

$$(T = 20 \text{ ms})$$

Účinná (efektivní, RMS) hodnota

Je to hodnota stejnosměrného proudu (napětí), který by ve stejném odporu vyvinul stejný průměrný výkon.

$$U = \frac{\hat{U}_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \hat{U}_m$$

$$I = \frac{\hat{I}_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 \hat{I}_m$$

V elektrické síti: $U = 230 \text{ V}$ (efektivní hodnota napětí)

I – závisí na připojené zátěži

3. VÝKON STŘÍDAVÉHO PROUDU

Okamžitý výkon

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

Střední (průměrný) činný výkon

$$P = U I \cos \varphi \quad [\text{W}]$$

U ... účinné napětí [V]

I ... účinný proud [A]

φ ... fázový posun mezi napětím a proudem

P ... činný výkon [W]

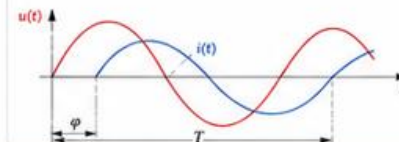
Účinník ($\cos \varphi$)

Udává, jak efektivně je využíván proud pro konání práce.

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

- $\cos \varphi = 1$... ideální případ (čistě odporová zátěž)
- $\cos \varphi < 1$... zátěž induktivní (motory, cívky)
- $\cos \varphi > 0$... zátěž kapacitní (kondenzátory)

Jednotka účinníku je bezrozměrná.



Typ zátěže	Fázový posun φ	Účinník $\cos \varphi$
odporová	0°	1
induktivní	$+\varphi$	< 1
kapacitní	$-\varphi$	< 1

4. VYUŽITÍ STŘÍDAVÉHO PROUDU V PRAXI – ZÁKLADNÍ ZAŘÍZENÍ

4.1 ALTERNÁTOR – VÝROBA STŘÍDAVÉHO PROUDU

Mechanická energie se mění na elektrickou indukci v rotoru (otáčející se cívka v magnetickém poli).



Princip:

1. Rotor je poháněn turbinou (voda, pára, vítr).
2. Cívka rotoru se otáčí v magnetickém poli statoru.
3. V cívkách se indukuje střídavé napětí.

Využití: elektrárny (vodní, parní, jaderné, větrné), malé elektrárny, automobilové alternátory.

4.2 ELEKTROMOTOR – PŘEMĚNA NA MECHANICKOU ENERGIÍ

Střídavý proud v cívkách motoru vytváří točivé magnetické pole, které roztáčí rotor.



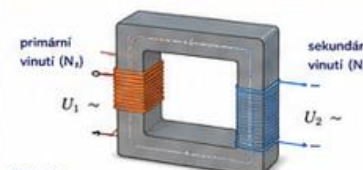
Princip:

1. Do statorových cívek je přiváděn střídavý proud (většinou 3fázový).
2. Vzniká točivé magnetické pole.
3. Toto pole indukuje proud v rotoru a vzniká točivý moment.

Využití: průmysl, domácí spotřebiče, doprava, ventilátory, čerpadla.

4.3 TRANSFORMÁTOR – ZMĚNA NAPĚTÍ

Transformátor mění velikost střídavého napětí (bez změny frekvence) pomocí elektromagnetické indukce.



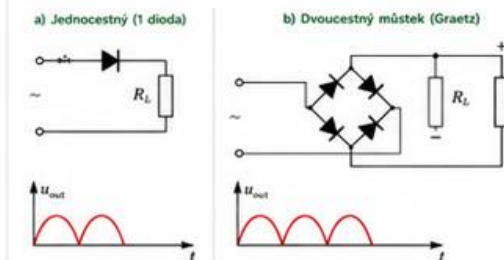
Vztahy:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}, \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

Využití: přenos elektrické energie (zvyšování napětí pro přenos, snižování pro bezpečné použití), nabíječky, adaptéry.

4.4 DIODOVÝ USMĚRŇOVAČ – Z MĚNÍ STŘÍDAVÉHO NA STEJNOSMĚRNÉ

Usměrňovač propouští proud pouze jedním směrem – používá diody.



Využití: napájecí zdroje, nabíječky, elektronika, galvanické procesy.

5. VÝHODY A DŮVODY POUŽITÍ STŘÍDAVÉHO PROUDU

- Snadná změna napětí pomocí transformátorů → účinný přenos na dálku.
- Střídavé generátory jsou konstrukčně jednodušší a levnější než stejnosměrné.
- Střídavé motory jsou spolehlivější, bez komutátoru (kartáčů) → méně údržby.
- Vysoká účinnost výroby, přenosu i využití.

6. SROVNÁNÍ: STŘÍDAVÝ vs STEJNOSMĚRNÝ PROUD

Vlastnost	Střídavý proud (AC)	Stejný proud (DC)
Směr proudu	periodicky se mění	stálý
Transformace napětí	snadná (transformátor)	obtížná (měnič)
Přenos na dálku	výhodný	méně výhodný
Motory	jednodušší, levnější	s komutátorem
Využití	energetika, průmysl, domácnosti	elektronika, baterie, nabíjení

7. PRAKTICKÉ VYUŽITÍ V KAŽDODENNÍM ŽIVOTĚ



8. DŮLEŽITÉ VZORCE – PŘEHLED

$$u(t) = \hat{U}_m \sin \omega t$$

$$i(t) = \hat{I}_m \sin (\omega t - \varphi)$$

$$U = \frac{\hat{U}_m}{\sqrt{2}}$$

$$I = \frac{\hat{I}_m}{\sqrt{2}}$$

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

$$\omega = 2\pi f$$

$$P = U I \cos \varphi$$

9. POZNÁMKY K BEZPEČNOSTI



- Efektivní napětí 230 V může být smrtelné!
- Při práci se střídavým proudem dodržuj bezpečnostní zásady.
- V domácnostech jsou používány jističe, proudové chrániče (RCD).
- Při údržbě vždy odpoj zařízení od sítě.

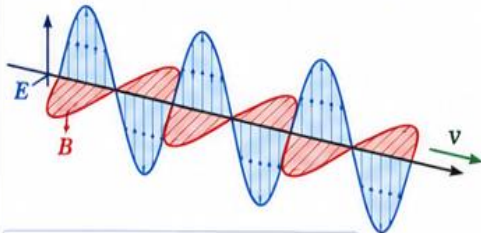
10. SHRNTÍ

Střídavý proud je základním pilířem moderní elektrotechniky. Umožňuje efektivní výrobu, přenos i využití elektrické energie. Díky jednoduché transformaci napětí a spolehlivým motorům je nenahraditelný v průmyslu i v každodenním životě.

ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ

1. ELEKTROMAGNETICKÁ VLNA

Elektromagnetická vlna je příčné vlnění, ve kterém se periodicky mění elektrické pole E a magnetické pole B .
Obě pole jsou na sebe kolmá a kolmá ke směru šíření vlny.



Vlastnosti:

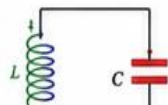
- šíří se i vakuem rychlostí $v = c \approx 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- vlnová délka λ , frekvence f , perioda T : $v = \lambda f$, $T = \frac{1}{f}$
- energie přenášená vlnou: S ... Poyntingův vektor (tok energie)
- vektory $\vec{E}$, $\vec{B}$, $\vec{v}$ tvoří pravotočivou soustavu

E ... elektrické pole ($\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$)
 B ... magnetické pole (T)
 v ... směr šíření vlny ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 λ ... vlnová délka (m)
 f ... frekvence (Hz)
 T ... perioda (s)

2. ZDROJE ELEKTROMAGNETICKÉHO VLNĚNÍ

2.1 ELMG OSCILÁTOR (LC OBVOD)

Vlastní kmity náboje v obvodu LC vytvářejí elektromagnetické vlnění.

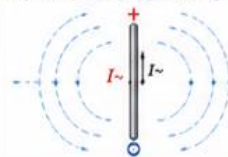


$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Oscilující náboj $\rightarrow$ mění se $E \rightarrow$ vzniká $B \rightarrow$ mění se $B \rightarrow$ vzniká $E \dots$ šíří se do prostoru.

2.2 ELEKTRICKÝ DIPÓL (ANTÉNA)

Střídavý proud v anténě (dipólu) způsobuje kmitání náboje. Zrychlené náboje vyzařují elektromagnetické vlnění.



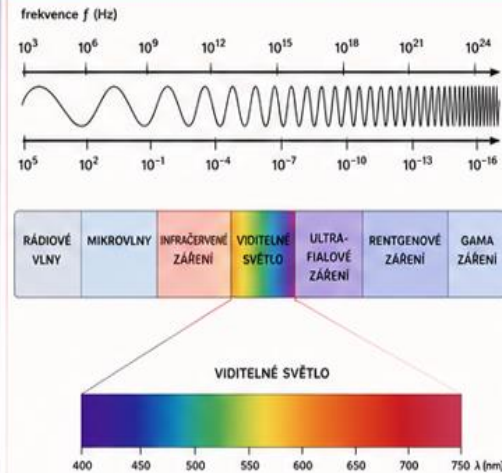
Vyzařování je nejsilnější kolmo na dipól.

3. VYUŽITÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO VLNĚNÍ



Elektromagnetické vlnění přenáší informaci i energii.
Je základem moderních technologií, medicíny, průmyslu i výzkumu vesmíru.

4. ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM



5. PODROBNĚJŠÍ PŘEHLED ELEKTROMAGNETICKÉHO SPEKTRA A JEHO VYUŽITÍ

5.1 RÁDIOVÉ VLNY (3 kHz – 300 GHz)

Využití:

- rozhlasové a TV vysílání
- mobilní sítě (2G–5G)
- Wi-Fi, Bluetooth
- letecká a námořní komunikace
- radionavigace (GPS)
- radiostanice



5.2 MIKROVLNY (300 MHz – 300 GHz)

Využití:

- mikrovlnné trouby (2,45 GHz)
- radarové systémy
- satelitní komunikace
- bezdrátové spoje



Mikrovlny se pohlcují polárními látkami (voda) a přeměňují na teplo.

5.3 INFRACÍRVENÉ ZÁŘENÍ (0,7 μm – 1 mm)

Využití:

- tepelné zobrazování
- dálkové ovladače
- ohřev, sušení
- noční vidění



Infracíervené záření je tepelné záření emitované všemi tělesy s teplotou nad absolutní nulou.

5.4 VIDITELNÉ SVĚTLO (400 – 700 nm)

Využití:

- vidění
- fotografie, kamery
- osvětlování
- optické přístroje



Barva	λ (nm)	Barva	λ (nm)
fialová	400–450	žlutá	570–590
modrá	450–495	oranžová	590–620
zelená	495–570	červená	620–700

5.5 ULTRAFIALOVÉ ZÁŘENÍ (10 – 400 nm)

Využití:

- sterilizace (UV-C)
- vytvrzování materiálů
- detekce padělků (UV)
- lékařské lampy (fototerapie)

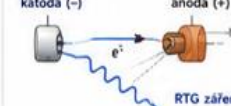


UV záření je škodlivé pro kůži a oči. Ozonová vrstva (O_3) nás chrání před UV-B a UV-C.

5.6 RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ (0,01 – 10 nm)

Vznik:

Brzdné záření: rychle letící elektrony v rentgenovce narážejí na terč (anodu) a prudce se zpomalují $\rightarrow$ vzniká RTG.



Využití v lékařství:

- klasické rentgeny (kosti, plíce)
- mamografie (prs)
- zubní snímky
- CT (počítačová tomografie)



CT – princip:

Rentgenka a detektor se otáčí kolem pacienta. Počítač z mnoha projekcí vytvoří 3D obraz.



Využití CT:

- detailní zobrazení orgánů
- diagnostika nádorů, krvácení, zlomenin, cévních onemocnění

5.7 GAMA ZÁŘENÍ (< 0,01 nm)

Vznik: v jadrových reakcích (při rozpadu, srážkách částic).

Příklady zářičů ve vesmíru:

- supernovy
- gama záblesky (GRB)
- pulzary
- aktivní galaktická jádra
- černé díry, neutronové hvězdy



Využití:

- radioterapie nádorů
- sterilizace přístrojů
- průmyslová defektoskopie

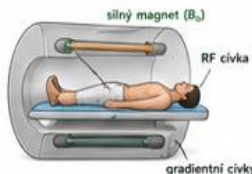
6. MAGNETICKÁ REZONANCE (MRI)

Princip:

Jádra atomů (hlavně ^1H – protony) mají spin a chovají se jako malé magnety. V silném magnetickém poli B_0 se jejich směry uspořádají.

Krátký RF impuls je vychýlí. Při návratu do rovnováhy vyzařují signál, který se zpracuje do obrazu.

Schéma principu:



Využití:

- zobrazení měkkých tkání (mozek, páteř, klouby, svaly)
- diagnostika nádorů, zánětů, poranění
- bez použití ionizujícího záření $\rightarrow$ bezpečnější než RTG/CT



7. SOUHRN

Elektromagnetické vlnění:

- je tvořeno kmitajícími elektrickými a magnetickými poli
- šíří se prostorem rychlostí světla (ve vakuu)
- zahrnuje široké spektrum vlnových délek a frekvencí
- má zásadní význam pro vědu, techniku, komunikaci, medicínu i náš každodenní život

Od dlouhých rádiových vln až po krátké gama záření – vše je součástí jednoho celku: elektromagnetického spektra.

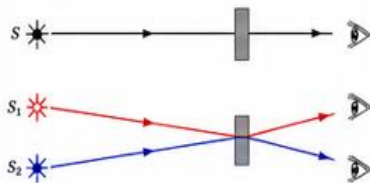
Důležité konstanty:

- rychlost světla: $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
- permeabilita vakua: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$
- permitivita vakua: $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$
- vlnová rovnice: $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$

SVĚTLO A JEHO VLASTNOSTI

1. ZÁKONY ŠÍŘENÍ SVĚTLA

- Světlo se v homogenním prostředí šíří přímočaře.
- Ve vakuu i v homogenním průhledném prostředí se šíří světlo rychlostí c .
- Zákon nezávislosti světelných paprsků: světelné paprsky se neovlivňují.

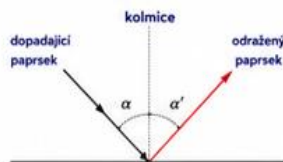


Využití v praxi:

- laserové ukazovátka, zaměřovače
- optické vlákno (světlo se odráží a vede uvnitř)
- stín, zákryty, kamery, projektory

2. ODRAZ SVĚTLA

Při dopadu světla na rozhraní dvou prostředí se část světla odráží.



Zákon odrazu:

úhel dopadu α se rovná úhlu odrazu α'
 $\alpha = \alpha'$

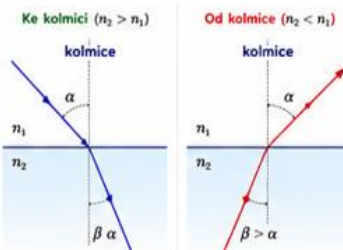
Paprsek dopadající, odražený a kolmice leží v jedné rovině.

Využití v praxi:

- zrcadla, periskopy, dalekohledy
- retroreflexní prvky (odrazy na silnicích)
- solární válečky, zrcadlové teleskopy

3. LOM SVĚTLA

Při přechodu světla z jednoho optického prostředí do druhého se světlo láme.



Snellův zákon lomu:

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

kde n_1, n_2 ... indexy lomu prostředí

Využití v praxi:

- brýle, kontaktní čočky, mikroskopy
- optická vlákna (vedení světla lomem a odrazem)
- hranolové spektrometry, ledovcové jevy (duha)

4. RYCHLOST SVĚTLA V PROSTŘEDÍCH

Prostředí	Rychlost světla v ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	Index lomu $n = \frac{c}{v}$
Vakuum	$2,997\,924\,58 \times 10^8$	1,000 000
Vzduch (20 °C)	$2,997 \times 10^8$	1,000 29
Voda (20 °C)	$2,25 \times 10^8$	1,333
Sklo (korunni)	$2,00 \times 10^8$	1,50
Sklo (flint)	$1,65 \times 10^8$	1,82
Diamant	$1,24 \times 10^8$	2,42

Index lomu:

- bezrozměrná veličina
- vyjadřuje, kolikrát se světlo v daném prostředí šíří pomaleji než ve vakuu
- čím je n větší, tím se světlo šíří pomaleji

5. RYCHLOST SVĚTLA A SPECIÁLNÍ TEORIE RELATIVITY

Ve speciální teorii relativity je rychlost světla ve vakuu stejná pro všechny inerciální vztažné soustavy a nezávislá na pohybu zdroje:

$$c = 2,997\,924\,58 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- je to nejvyšší možná rychlost v přírodě
- s rostoucí rychlostí tělesa roste jeho relativistická hmotnost a zpomaluje čas (dilatace času)

Lorentzův faktor:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

v ... rychlost tělesa
 c ... rychlost světla

Důsledek: Žádné těleso s nenulovou klidovou hmotností nemůže dosáhnout rychlosti světla.

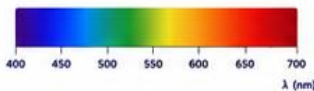
Využití:

- GPS (korekce relativistických efektů)
- částicové urychlovače, kosmický výzkum

6. OPTICKÁ SPEKTRA

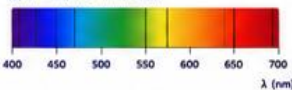
SPOJITÉ SPEKTRUM

Vydávají ho hustá tělesa (pevná, kapalná nebo husté plyny). Obsahuje všechny vlnové délky v daném rozsahu.



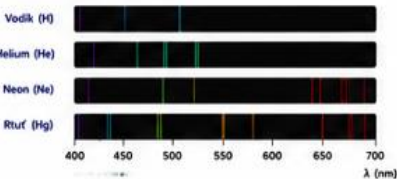
ABSORPČNÍ SPEKTRUM

Vzniká, když spojité spektrum prochází chladnějším řidkým plynem. Na určitých vlnových délkách jsou světelné vlny pohlceny atomy plynu - objeví se tmavé čáry.



EMISNÍ SPEKTRUM

Vzniká, když řidký plyn nebo atomy v plynu vyzáří světlo při přechodech elektronů mezi energetickými hladinami. Pozorujeme jen určité vlnové délky - světlé čáry na tmavém pozadí.



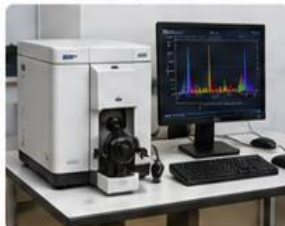
Využití optických spekter:

- analýza složení látek (spektroskopie)
- určování teploty hvězd
- studium chemických prvků ve hvězdách a mlhovinách
- kontrola materiálů
- dálkový průzkum vesmíru (složení atmosfér planet, hvězd, galaxií)

Historický spektroskop (19. století)



Moderní spektrometr



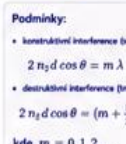
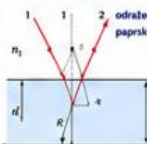
Vývoj měřicí techniky umožňuje stále přesnější zkoumání světla a hmoty.

7. INTERFERENCE SVĚTLA

Interference nastává, když se dvě nebo více koherentních světelných vln superponuje (prolíná).

Interference na tenké vrstvě (interferenční barvy)

Vzniká při odrazu světla na tenké vrstvě (např. olej na vodě, mýdlová bublina, pavoučí vlákno).



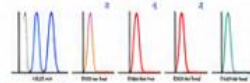
Podmínky:
• konstruktivní interference (světlo):
 $2 n_2 d \cos \theta = m \lambda$
• destruktivní interference (tmavo):
 $2 n_2 d \cos \theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda$
kde $m = 0, 1, 2, \dots$

Interference v tenkých vrstvách - využití

- antireflexní vrstvy na čočkách a displejích

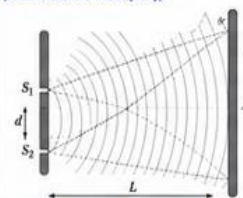


- interferenční filtry - propouštějí jen vybrané vlnové délky



Interference v praxi - Youngův pokus

Dvě štěrbin S_1, S_2 - vzniká interferenční obrazec (střídavé světlo a tmavé pruhy).



Položka maxim (světlé pruhy):

$$d \sin \theta = m \lambda \approx m \frac{\lambda L}{y}$$

Využití interference:

- antireflexní vrstvy (brýle, objektivy)
- tenkovrstvé filtry a zrcadla
- hologramy
- přesné měření v metrologii
- spektrometry
- měření vzdálenosti (interferometrie)



9. DALŠÍ DŮLEŽITÉ VZTAHY A POZNÁMKY

Frekvence a vlnová délka

$$v = \lambda f$$

v ... rychlost světla v prostředí [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

λ ... vlnová délka [m]

f ... frekvence [Hz]

Index lomu a rychlost

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n}$$

c ... rychlost světla ve vakuu

v ... rychlost světla v prostředí

Změna směru při lomu

• ke kolmici: $n_2 > n_1 \Rightarrow \beta < \alpha$

• od kolmice: $n_2 < n_1 \Rightarrow \beta > \alpha$

• odraz: $\alpha = \alpha'$

Zajímavosti:

- duha vzniká lomem, odrazem a disperzí světla v kapkách vody.
- Modrá obloha: rozptýlení světla na molekulách vzduchu (Rayleighův rozptyl).
- Červené západy slunce: delší dráha světla atmosférou - rozptýlení krátkých vln.



10. SHRNUTÍ - VLASTNOSTI SVĚTLA

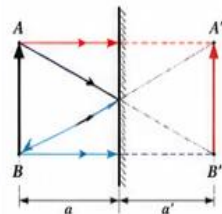
- Světlo je elektromagnetické vlnění.
- Šíří se přímočaře a má konečnou rychlost.
- Při dopadu na rozhraní může být odraženo nebo lomeno.
- Rychlost světla závisí na prostředí (index lomu).
- Vakuum: konstantní rychlost c - základ speciální relativity.
- Světlo vykazuje vlnové vlastnosti: interference, difrakce, polarizace.
- Optické spektrum má široké využití v technice, medicíně i vědě.

Světlo je základem našeho vnímání světa i mnoha technologií.

OPTICKÉ ZOBRAZOVÁNÍ

1. ROVINNÉ ZRCADLO

- Obraz je zdánlivý, vzpřímený, stejně velký jako předmět a je stranově převrácený.
- Vzdálenost obrazu od zrcadla je stejná jako vzdálenost předmětu.

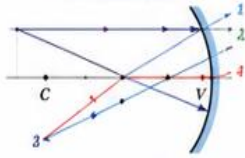


Význačné paprsky:

- 1 – dopadající paprsek
- 2 – odražený paprsek
- 3 – paprsek kolmý na zrcadlo

2. KULOVÁ ZRCADLA

2.1 DUTÉ ZRCADLO (vnitřní odrazná plocha)



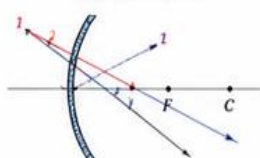
Význačné paprsky:

- 1 – rovnoběžný s osou → odráží se přes ohnisko F
- 2 – procházející ohniskem → odráží se rovnoběžně s osou
- 3 – procházející středem křivosti C → odráží se po stejné dráze
- 4 – dopadající do vrcholu V → odráží se podle zákona odrazu

Zobrazení:

a (předmět)	obraz	vlastnosti
$a > 2f$	mezi F a C	skutečný, převrácený, zmenšený
$a = 2f$	v C	skutečný, převrácený, stejně velký
$f < a < 2f$	za C	skutečný, převrácený, zvětšený
$a = f$	v nekonečnu	obraz nevzniká
$a < f$	za zrcadlem	zdánlivý, vzpřímený, zvětšený

2.2 VYPUKLÉ ZRCADLO (vnější odrazná plocha)



Význačné paprsky:

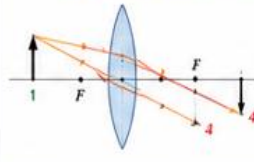
- 1 – rovnoběžný s osou → odráží se tak, jako by vycházel z ohniska F
- 2 – mířící do ohniska → odráží se rovnoběžně s osou
- 3 – dopadající do vrcholu V → odráží se podle zákona odrazu

Zobrazení:

obraz je vždy zdánlivý, vzpřímený a zmenšený (mezi V a F).

3. ČOČKY

3.1 SPOJKA (SPOJKOVÁ ČOČKA)

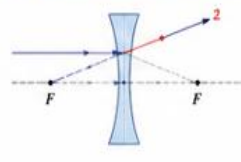


a (předmět)	obraz	vlastnosti
$a > 2f$	mezi F a 2f	skutečný, převrácený, zmenšený
$a = 2f$	v 2f	skutečný, převrácený, stejně velký
$f < a < 2f$	za 2f	skutečný, převrácený, zvětšený
$a = f$	v nekonečnu	obraz nevzniká
$a < f$	na stejné straně	zdánlivý, vzpřímený, zvětšený

Význačné paprsky:

- 1 – rovnoběžný s osou → prochází ohniskem F
- 2 – procházející ohniskem F → rovnoběžný s osou
- 3 – procházející optickým středem → nemění směr
- 4 – mířící do ohniska F' → rovnoběžný s osou

3.2 ROZPTYLKA (ROZPTYLOVÁ ČOČKA)

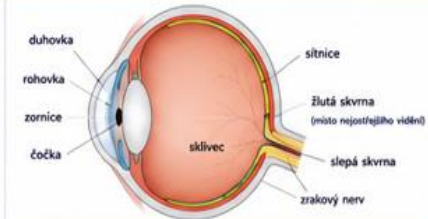


a (předmět)	obraz	vlastnosti
pro jakoukoli a	mezi čočkou a F	zdánlivý, vzpřímený, zmenšený

Význačné paprsky:

- 1 – rovnoběžný s osou → zdánlivě vychází z ohniska F
- 2 – mířící do ohniska F → odchází rovnoběžně s osou
- 3 – procházející optickým středem → nemění směr

4. OKO



Princip barevného vidění

V sítnici jsou tři druhy čípků citlivé na červenou (R), zelenou (G) a modrou (B) barvu. Mozek porovnává jejich odezvu a vnímáme celé spektrum barev.



Zrakové vady a jejich léčba

Krátkozrakost (myopie)

obraz před sítnicí → rozptylová čočka



Dalekozrakost (hypermetropie)

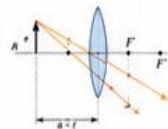
obraz za sítnicí → spojková čočka



5. OPTICKÉ PŘÍSTROJE

5.1 LUPA

Spojka s malým ohniskem. Předmět umístěn uvnitř ohniskové vzdálenosti → vzniká zvětšený zdánlivý obraz.



Zvětšení: $Z = \frac{D}{f}$
D – nejnižší vzdálenost jasného vidění (≈ 25 cm)

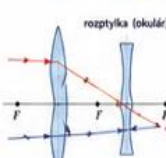
5.2 MIKROSKOP

Skládá se ze dvou spojek. Objektív vytváří zvětšený skutečný obraz, okulár z něj odtá zvětšený zdánlivý obraz.



Zvětšení: $Z = Z_{obj} \cdot Z_{ok}$
(typicky $40 \times - 1000 \times$)

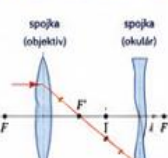
5.3 GALILEŮV DALEKOHLÉD



Vzniká vzpřímený zdánlivý obraz. Menší zorné pole, menší zvětšení.

$$Z_{\text{většení}}: Z = -\frac{f_{\text{obj}}}{f_{\text{ok}}}$$

5.4 KEPLERŮV DALEKOHLÉD



Vzniká převrácený zdánlivý obraz. Větší zorné pole a zvětšení než Galileův dalekohled.

$$Z_{\text{většení}}: Z = -\frac{f_{\text{obj}}}{f_{\text{ok}}}$$

5.5 VELKÉ DALEKOHLÉDY – ZAJÍMAVOSTI A VÝZNAM

Keck I a Keck II (Havaj, Mauna Kea)



- dva 10m zrcadlové dalekohledy
- adaptivní optika – korekce atmosférických poruch
- objev exoplanet, studium galaxií a temných děr

ELT (Extremely Large Telescope) (Chile, Cerro Armazones)



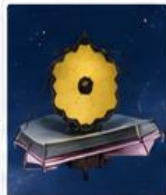
- připravovaný dalekohled – průměr zrcadla 39 m
- největší optický/IR dalekohled světa
- detailní snímky exoplanet, vzniku galaxií, života ve vesmíru

Hubbleův kosmický teleskop (HST) (od r. 1990)



- průměr zrcadla 2,4 m
- snímky ve viditelném, UV a IR
- zásadní objevy: stáří vesmíru, zrychlená expanze, Hubbleův pole

JWST (James Webb Space Telescope) (od r. 2021)



- průměr zrcadla 6,5 m (IR dalekohled)
- vidí nejvzdálenější objekty ve vesmíru
- studium exoplanet, prvních galaxií
- a vzniku hvězd

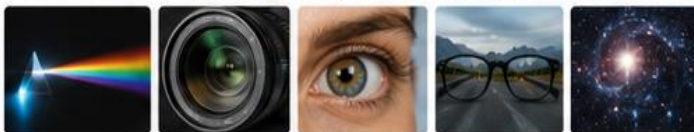
6. ZAJÍMAVOSTI O OPTICE A OKU

- Lidské oko rozliší asi 10 milionů barevných odstínů.
- Nejcitlivější je oko na zelenou barvu (555 nm).
- Vidění v noci zajišťují tyčinky – neumožňují barevné vidění.
- Adaptace oka na tmu trvá 20–30 minut.
- První dalekohled použil Galileo Galilei v roce 1609.
- Hubbleův teleskop obíhá ve výšce ~540 km a oběhne Zemi za 96 minut.



7. SHRNUTÍ

Světlo se šíří přímočaře a lze ho odrazit i lámat. Optické zobrazení tvoří zrcadla a čočky podle zákonů odrazu a lomu. Oko převádí světelné vjemy na elektrické signály, které mozek zpracovává v obraz. Optické přístroje rozšiřují naše smysly a umožňují pozorovat mikrosvět, vzdálené objekty i využívat světlo v medicíně, průmyslu a mnoha dalších oblastech. Moderní dalekohledy nám odhalují vznik a vývoj vesmíru a hledají stopy života mimo Zemi.



8. DŮLEŽITÉ VZORCE

Rovinné zrcadlo:

$$a = a'$$

Zrcadla a čočky (zobrazovací rovnice):

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

Zvětšení:

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a'}{a}$$

Lupa:

$$Z = \frac{D}{f}$$

f – ohnisková vzdálenost a – vzdálenost předmětu a' – vzdálenost obrazu y – výška předmětu y' – výška obrazu

KVANTOVÁ FYZIKA

1. MODEL ATOMŮ – VÝVOJ POZNÁNÍ

1.1 DALTONŮV MODEL (počátek 19. století)

Atom je nedělitelná, neporušitelná kulička.

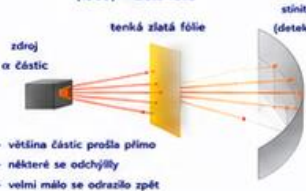


1.2 THOMPSONŮV MODEL (1904)

Atom je kladně nabitá koule, v níž jsou rozptýleny záporné elektrony.



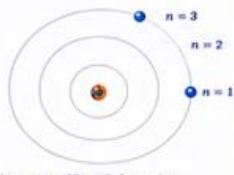
1.3 RUTHERFORDŮV EXPERIMENT (1909) – zlatá fólie



- většina částic prošla přímo
- některé se odchyly
- velmi málo se odrazilo zpět

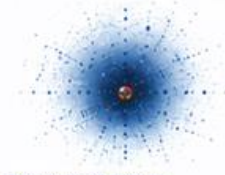
Atom je převážně prázdný prostor, ve středu je malé, kladně nabitě jádro.

1.4 BOHRŮV MODEL (1913) – zavedl kvantování



Elektron se může pohybovat jen po určitých drahách (orbitalech) s danou energií. Při přechodu mezi drahami absorbuje nebo emituje foton o energii $E = hf$.

1.5 MODERNÍ POHLED (kvantově-mechanický model)



Elektrony netvoří dráhy, ale pravděpodobnostní elektronový oblak – orbitály (s, p, d, f). Popisuje je vlnová funkce ψ .

- jádro (protony + neutrony)
- elektronový oblak

POMĚROVÉ POROVNÁNÍ VELIKOSTI

Průměr atomu $\approx 10^{-10}$ m

Průměr jádra $\approx 10^{-15}$ m

Poměr $\approx 10^5$ (100 000× menší)

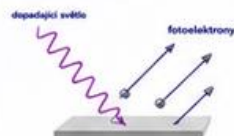
Představ si fotbalové hřiště (≈ 100 m) jako atom.

Pak by jádro o velikosti 10^{-15} m bylo jako hrášek (≈ 1 mm) v jeho středu.



2. FOTOELEKTRICKÝ JEV

Dopadá-li světlo o frekvenci f na kov, mohou být z jeho povrchu vystřelovány elektrony (fotoelektrony).



Vysvětlení:

- světlo se skládá z částic – fotonů
- foton předá elektronu energii $E = hf$
- pokud $E >$ práce výstupu W , elektron unikne z kovu

Einsteinova rovnice fotoelektrického jevu:

$$E_k = hf - W$$

- E_k ... kinetická energie fotoelektronu
- h ... Planckova konstanta ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J s)
- f ... frekvence světla
- W ... výstupní práce (závisí na materiálu)

ROLE EINSTEINA

Einstein vysvětlil fotoelektrický jev pomocí kvant světla (1905) a za to obdržel Nobelovu cenu.



3. DE BROGLIEHO VLNOVÁ DĚLKA

Každá částice s hybností p má vlnové vlastnosti.

Louis de Broglie (1924)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

- λ ... vlnová délka částice
- h ... Planckova konstanta
- p ... hybnost částice
- m ... hmotnost částice
- v ... rychlost částice



Potvrzeno např. difrakcí elektronů na krystalech.

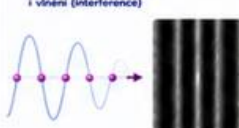
4. ČÁSTICOVĚ-VLNOVÝ DUALISMUS

Mikrosvět má dvojitý povahu: částicovou i vlnovou.

Závisí na experimentu, co pozorujeme.

Příklady:

- elektrony – interferenční obrazec
- fotony – částice (fotony) i vlnění (interference)



5. HODNOBENÍ VZTAHY NEURČITOSTI

Nelze současně přesně určit polohu částice a její hybnost.

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

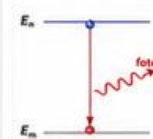
- Δx ... neurčitost polohy
- Δp ... neurčitost hybnosti
- h ... Planckova konstanta

Čím přesněji známe polohu, tím méně přesně známe hybnost.

6. EMISE A ABSORPCE FOTONŮ, ČÁROVÉ SPEKTRUM VODÍKU

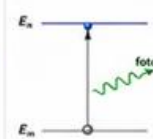
Emise fotonu:

Elektron přechází z vyšší hladiny E_n na nižší E_m . Atom vyší foton: $E = hf = E_n - E_m$



Absorpce fotonu:

Elektron přechází z nižší hladiny E_m na vyšší E_n . Atom pohltí foton: $E = hf = E_n - E_m$

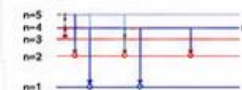


Čárové spektrum vodíku (Balmerova série – viditelná oblast)

Přechody elektronů na $n = 2$ z vyšších hladin $n = 3, 4, 5, \dots$



Spektrum má čáry, protože energie hladin v atomu je kvantována.



7. LASER

LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) = zesílení světla pomocí stimulované emise záření.

Princíp:

- Atomy jsou vybuzeny na vyšší energetickou hladinu.
- Dopadající foton vyvolá stimulovanou emisi – uvolní se další foton se stejnou fází, směrem i barvou.
- Fotony jsou zesíleny v optickém rezonátoru.

Výsledkem je koherentní, monochromatické a směrované světlo.

Využití:

- medicina – operace očí (LASIK), chirurgie, dermatologie
- průmysl – řezání, svařování, gravírování
- kommunikace – optická vlákna
- věda – holografie, měření, spektroskopie
- zábava – laserové show, projektoři, tisk



8. KVANTOVÉ POČÍTÁČE A QBIT

Klasický bit: 0 nebo 1

Qubit: může být 0, 1 i superpozice obou stavů.

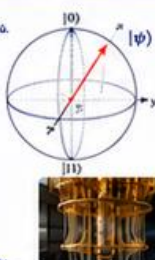
$$\text{Stav qubit: } |\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$
$$\text{kde } |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

Vlastnosti:

- superpozice
- provázanost (entanglement)
- interference

Výhody:

- řešení složitých úloh mnohem rychleji (faktorizace, simulace molekul, optimalizace, strojové učení)
- Technologie: supravodivé obvody, iontové pastě, fotonové systémy, topologické qubity...



9. KVANTOVÝ VESMÍR

Na nejmenších škálách platí kvantové zákony.

Jevy:

- kvantové vakuum – není prázdné, neustále vznikají a zanikají virtuální částice
- kvantové provázanost – částice mohou být provázány i na obrovské vzdálenosti
- kvantové fluktuace – mohou být zárodkem vzniku vesmíru (kvantová kosmologie)

Otázky:

- je prostor a čas spojitý, nebo kvantovaný?
- jak propojit kvantovou fyziku a obecnou teorii relativity?
- co bylo před Velikým třesem?



10. STANDARDNÍ MODEL ELEMENTÁRNÍCH ČÁSTIC

LEPTYNY (6 druhů)

(nepodléhají silné interakci)

1. generace	2. generace	3. generace
nabitý lepton	e^- elektron	μ^- mion
neutrální lepton	ν_e elektronové neutrinó	ν_μ mionové neutrinó

Leptony tvoří látku (elektrony v atomech) a podléhají na slabé interakci.



KVARKY (6 druhů)

(mají zlomkový náboj a podléhají silné interakci)

1. generace	2. generace	3. generace
up-tyt (+2/3 e)	u up	c charm
down-tyt (-1/3 e)	d down	s strange

Kvarky se nevyskytují volně, ale vázají se silnou interakcí pomocí gluonů.



PROTON A NEUTRON



Jádro atomu je tvořeno protony a neutrony. Hmotnost atomu je téměř celá soustředěna v jádře.



HIGSŮV BOSON

Byl objeven v roce 2012 v experimentu ATLAS a CMS v LHC (CERN).

Je kvantem Higgsova pole, které dává částicím hmotnost.

Bez něj by elementární částice byly bez hmotnosti a vesmír by vypadal jinak.

Symbol: H^0



LHC – VELKÝ HADRONOVÝ URČHOVAČ (CERN)

- Největší částicový urychlovač na světě – obvod 27 km (pod hranicí Švýcarska a Francie).
- Urychluje protony téměř na rychlost světla a sráží je proti sobě.
- Slouží k výzkumu základních stavebních kamenů hmoty a sil přírody.
- Objevení Higgsova bosonu (2012) bylo jedním z největších úspěchů fyziky.
- Pomáhá odpovídat na otázky o vzniku vesmíru, temné hmotě, nové fyzice za Standardním modelem.



JADERNÁ FYZIKA

1. EINSTEINŮV VZOREC PRO ENERGIÍ

$$E = mc^2$$

E ... energie (J)
 m ... hmotnost (kg)
 c ... rychlost světla
($c = 2,997\,924\,58 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Energie z 1 kg uranu-235 při úplném přeměnění:

$$E \approx 8,2 \times 10^{13} \text{ J}$$

($\approx 82 \text{ TJ}$)

To odpovídá energii získané
ze spalení přibližně:

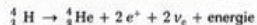
3 000 vagonů uhlí
(cca 2 400 – 3 000 tun uhlí)



2. JADERNÁ SYNTÉZA (FÚZE)

Slunce – přirozený fúzní reaktor

Ve středu Slunce ($T \approx 15 \text{ mil. K}$)
probíhá přeměna vodíku na helium:



- Uvolňuje se obrovské množství energie.
- Základ života na Zemi.
- Reakce probíhá při extrémní teplotě a tlaku.

Řízená termojaderná fúze na Zemi

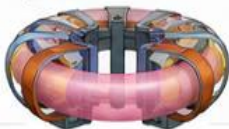
Cíl: napodobit podmínky Slunce.

Největší projekt: ITER (Francie)

Mezinárodní experimentální reaktor,
jehož cílem je dokázat technickou
proveditelnost fúzní energie.

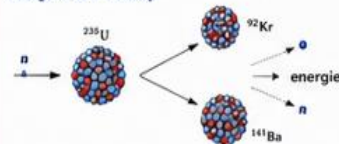
TOKAMAK – princip

Plazma (vodík a jeho izotopy) je
uzavřeno v toroidní komoře a udržováno
silnými magnetickými poli, aby se
nedotýkalo stěn.



3. JADERNÉ ŠTĚPENÍ

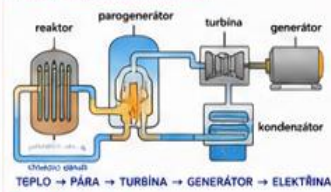
Těžká jádra (např. ^{235}U) pohlcují neutron
a štěpí se na lehčí jádra, přitom se uvolní
energie a další neutrony.



ŘETĚZOVÁ REAKCE

Uvolněné neutrony mohou vyvolat další štěpení.
Je nutné ji řídit pomocí moderátoru a řídicích tyčí.

PRINCIP JADERNÉ ELEKTRÁRNY



TEPLO → PÁRA → TURBÍNA → GENERÁTOR → ELEKTŘINA

JADERNÁ ZRRANĚNÍ

Při velmi rychlé (nekontrolované) řetězové reakci
se uvolní obrovské množství energie v zlomku sekundy.



Hirošima: 6. 8. 1945
(uranová bomba „Little Boy“)
Nagasaki: 9. 8. 1945
(plutoniová bomba „Fat Man“)

4. HAVÁRIE JADERNÝCH ELEKTRÁREN



ČERNOBYL (Ukrajina)
26. 4. 1986

- Východ reaktoru RBMK-1000.
- Uvolnění radioaktivních látek do atmosféry.
- Největší jaderná havárie v historii.



FUKUŠIMA DAI-ICHI (Japonsko)
11. 3. 2011

- Zemětřesení a tsunami.
- Ztráta chlazení reaktorů.
- Únik radioaktivních látek do okolí.



Důsledky:

- Dlouhodobé zamoření prostředí.
- Evakuace obyvatel.
- Zlepšení bezpečnostních standardů.

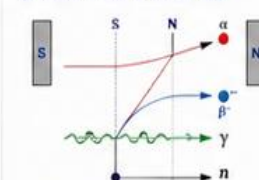
5. PŘIROZENÁ RADIOAKTIVITA

Marie Curie-Sklodowska (1867–1934)
Objevila polonium (Po) a radium (Ra).

DRUHÝ ZÁŘENÍ

- α (alfa) – jádra helia ($^4\text{He}^{2+}$)
- β (beta) – elektrony (β^-) nebo pozitrony (β^+)
- γ (gamma) – elektromagnetické záření
- n (neutrony) – neutrony

CHOVÁNÍ V MAGNETICKÉM POLI



ZASTAVOVACÍ SCHOPNOST

α	papír	
β	hlíník (několik mm)	
γ	olovo (cm)	
n	beton (desítky cm)	

6. UMĚLÁ RADIOAKTIVITA

Irène Joliot-Curie (1897–1956)
a Frédéric Joliot-Curie (1900–1958)

1934 – objev umělé radioaktivity.
Ozařováním hliníku α částicemi
získali radioaktivní fosfor (^{30}P).

Objevíli také prvky:

^{237}Np (neptunium)
 ^{238}Pu (plutonium)
 ^{241}Am (americium)
a další.



ZÁKON RADIOAKTIVNÍ PŘEMĚNY

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$N(t)$... počet jader v čase t
 N_0 ... počáteční počet jader
 λ ... konstanta přeměny
 t ... čas

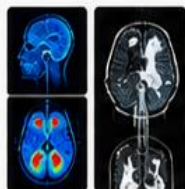
POLOČAS PŘEMĚNY

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

7. VYUŽITÍ RADIONUKLIDŮ V PRAXI

NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Diagnostika a léčba
(scintigrafie, PET, ozařování nádorů)



PRŮMYSL

Kontrola svarů, měření tloušťky,
sterilizace materiálů



ZEMĚDĚLSTVÍ

Ozařování pro prodloužení
trvanlivosti potravin,
sledování šlín v rostlinách



VĚDA A VÝZKUM

Radionuklidové metody,
sledování procesů v organismech



DETEKTORY KOUŘE

Am-241 – detekce
ionizací vzduchu



DATOVÁNÍ

Určení stáří archeologických
nálezů (např. ^{14}C)



8. OCHRANA ČLOVĚKA PŘED ZÁŘENÍM

Základní princip: čas – vzdálenost – stínění

- Zkrátit čas pobytu u zdroje záření.
- Zvětšit vzdálenost od zdroje.
- Používat vhodné stínění.
- Dozimetry – sledování dávky záření.
- Limity dávky jsou přesně stanoveny.
- Stínicí materiály:
olovo (γ), beton (n, γ), voda, ocel.



9. GAMA ZÁŘIČE VE VESMÍRU

Přirození zdroje gama záření:

- gama záblesky (GRB)
– nejenergetičtější exploze ve vesmíru
- aktivní jádra galaxií (kvazary, blazary)
- pulsary a magnetary
- supernovy
- srážky neutronových hvězd
(např. GW170817)

Mohou gama zářiče zničit Zemi?

Velmi vzácné, ale extrémně silné gama záblesky
v naší galaxii by mohly poškodit ozonovou vrstvu
a ohrozit život. Pravděpodobnost je však velmi malá.



10. SOUHRN KLÍČOVÝCH POJMŮ

- Jaderná energie: uvolňuje se při štěpení nebo fúzi jader.
- Štěpení: kontrolovaná reakce v elektrárnách, nekontrolovaná v bombách.
- Fúze: energie budoucnosti – čistá, ale technologicky náročná.
- Radioaktivita: přirozená i umělá, využívaná v mnoha oborech.
- Záření má své přínosy, ale i rizika – nutná ochrana.
- Vesmír je plný extrémních zdrojů energie, které studujeme a snažíme se jim porozumět.



11. PŘEHLED ZÁŘENÍ

Záření	Podstata	Náboj	Rychlost	Pronikavost	Zastavuje
α (alfa)	jádra ^4He	$+2e$	$\approx 0,05 - 0,1 c$	malá	papír, kůže
β^- (beta minus)	elektrony	$-e$	$\approx c$	střední	hlíník, plast
γ (gamma)	fotony	0	$= c$	velká	olovo, beton
n (neutrony)	neutrony	0	$\approx 0,1 - 0,9 c$	velká	voda, beton

Legenda: c = rychlost světla

12. ZAJÍMAVOSTI

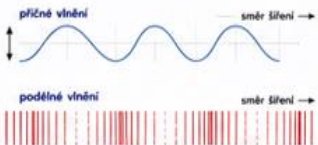
- Lidské tělo obsahuje přirozené radioaktivní izotopy (např. ^{40}K , ^{14}C).
- Letenky do USA: vyšší dávka záření kvůli kosmickému záření.
- Banány, ořechy, žula – vše obsahuje stopová množství radioaktivity.
- Jaderná energetika má velmi nízké emise CO_2 .



MECHANICKÉ KMITÁNÍ A VLNĚNÍ

1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA

- Kmitání – pohyb tělesa kolem rovnovážné polohy, který se v čase opakuje.
- Vlnění – šíření kmitání v prostředí, při němž se přenáší energie, nikoli látka.
- Příčné vlnění – kmitání je kolmé na směr šíření vlny.
- Podélné vlnění – kmitání je rovnoběžné se směrem šíření vlny.



2. ROVNICE PRO VÝCHYLKU

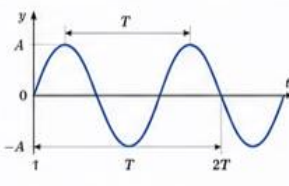
Postupné harmonické vlnění:

$$y(x, t) = A \sin(\omega t - kx + \varphi_0)$$

kde

- A ... amplituda (maximální výchylka)
- ω ... úhlová frekvence [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$]
- k ... vlnové číslo = $\frac{2\pi}{\lambda}$ [$\text{rad} \cdot \text{m}^{-1}$]
- φ_0 ... počáteční fáze [rad]
- x ... poloha [m]
- t ... čas [s]

3. SINUSOVÝ PRŮBĚH KMITŮ



Základní veličiny:

- Perioda: T ... doba jednoho kmitu [s]
- Frekvence: $f = \frac{1}{T}$... počet kmitů za sekundu [Hz]
- Úhlová frekvence: $\omega = 2\pi f$ [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$]
- Vztah: $v = \lambda f$... rychlost vlnění [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]

4. MECHANICKÉ OSCILÁTORY (KMITY)



Každý oscilátor má vlastní frekvenci kmitů, která závisí na jeho vlastnostech (hmotnost, tuhost, délka, kapacita, indukčnost...).

5. REZONANCE A JEJÍ VYUŽITÍ

Rezonance nastává, když budící frekvence se rovná vlastní frekvenci oscilátoru → amplituda kmitů se výrazně zvětší.

Využití v praxi:

- hudební nástroje (rezonanční skříně houslí, kytary, varhan)
- ladění rádií, filtry
- rezonanční mosty (riziko – kmitání mostu Tacoma 1940)
- rozkmitání kmitajících systémů (např. rozbití skleničky hlasem)



6. POSTUPNÉ VLNĚNÍ

Vlna se šíří prostorem a přenáší energii.



Vlnová délka λ = vzdálenost dvou bodů kmitajících ve stejné fázi.

Rychlost vlnění: $v = \lambda f$

7. STOJATÉ VLNĚNÍ

Vzniká superpozicí dvou postupných vln stejné frekvence a amplitudy, které se šíří opačnými směry.



- Uzel – místo, které nekmitá.
- Kmitna – místo s maximální amplitudou.

8. CHLADNIHO OBRAZCE

Stojaté vlnění na deskách různých tvarů – viditelné rozložení uzlů.



kruh čtverec trojúhelník

9. ZVUK A JEHO VLASTNOSTI

Zvuk – podélné mechanické vlnění, které se šíří v látkovém prostředí.

Rychlost zvuku v různých prostředích (20 °C):

Prostředí	vzduch	voda	mořská voda	ocel
v [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]	343	1480	1530	5100

Ozvěna – jev, kdy se zvuk odrazí a vrátí k posluchači. Je slyšitelná, pokud je zpoždění alespoň 0,1 s → překážka musí být ve vzdálenosti alespoň 17 m (ve vzduchu).



10. HLASITOST A INTENZITA ZVUKU

Intenzita zvuku (I) – akustický výkon dopadající na jednotku plochy.

Hladina intenzity zvuku (L):

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ [dB]} \quad \text{kde } I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Přibližné hodnoty hladiny intenzity zvuku:

Zdroj zvuku	L [dB]	Zdroj zvuku	L [dB]
Prah slyšení	0	Motocykl (7 m)	90
Šepot	20	Rockový koncert	110
Tichá místnost	30	Start tryskového letadla	130
Běžný rozhovor	60	Prah bolesti	140
Hlasitá hudba	80		

11. INFRAZVUK

Infrazvuk – zvukové vlnění o frekvenci < 20 Hz.

Přirodní zdroje:

- zemětřesení, sopečná činnost
- bouře, hromobiti
- pohyby oceánských vln

Umělé zdroje:

- velké stroje, dopravní prostředky
- větrné elektrárny, výbuchy

Působí na člověka: únava, bolesti hlavy, nevolnost, poruchy rovnováhy.



12. ULTRAZVUK A JEHO VYUŽITÍ

Ultrazvuk – zvukové vlnění o frekvenci > 20 kHz (nad hranici slyšení).

Využití v praxi:

- lékařství – ultrazvukové vyšetření (sonografie)
- rozbíjení ledvinových kamenů (litolitropie)
- čištění šperků, nástrojů
- svařování plastů, nedestruktivní testování materiálů
- měření vzdálenosti (parkovací senzory)



13. SONAR A ECHOLOKACE

Sonar (Sound Navigation And Ranging) – určuje vzdálenost objektů pomocí odrazu zvuku.

Princip:

- Vyslání zvukového impulsu.
- Odraz od překážky.
- Přijetí ozvěny.
- Výpočet vzdálenosti:

$$d = \frac{vt}{2}$$

kde v – rychlost zvuku ve vodě,
 t – doba mezi vysláním a přijetím ozvěny.



14. ZVUK V ŘÍŠI ŽIVOČICHŮ

Různi živočišové slyší různé rozsahy frekvencí.

Živočich	Rozsah slyšitelných frekvencí
Slon	1 – 20 000 Hz (nízké frekvence)
Kočka	60 – 65 000 Hz
Pes	40 – 60 000 Hz
Mýš	1 000 – 90 000 Hz
Netopýr	10 000 – 120 000 Hz (echolokace)



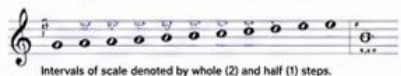
15. HUDEBNÍ AKUSTIKA

Durová stupnice (C dur):

celý → celý – půl – celý – celý – celý – půl
C D E F G A H C

Molová stupnice (a moll – přirozená):

celý – půl – celý – celý – půl – celý – celý
A H D E F G A



Mozart a Fibonacciho posloupnost
W. A. Mozart často používal struktury blízké Fibonacciho posloupnosti ve své hudbě (např. počet taktů, frází).

Fibonacciho posloupnost:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ...



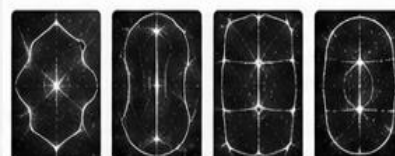
16. ZÁKONITOSTI VLNĚNÍ – SHRUTÍ

Hlavní vztahy:

- $v = \lambda f$
- $f = \frac{1}{T}$
- $\omega = 2\pi f$
- $k = \frac{2\pi}{\lambda}$
- λ ... vlnová délka [m]
- v ... rychlost vlnění [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
- f ... frekvence [Hz]
- T ... perioda [s]
- ω ... úhlová frekvence [$\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$]
- k ... vlnové číslo [$\text{rad} \cdot \text{m}^{-1}$]
- A ... amplituda [m]

$$y(x, t) = A \sin(\omega t - kx + \varphi_0)$$

17. CHLADNIHO OBRAZCE – PŘÍKLADY



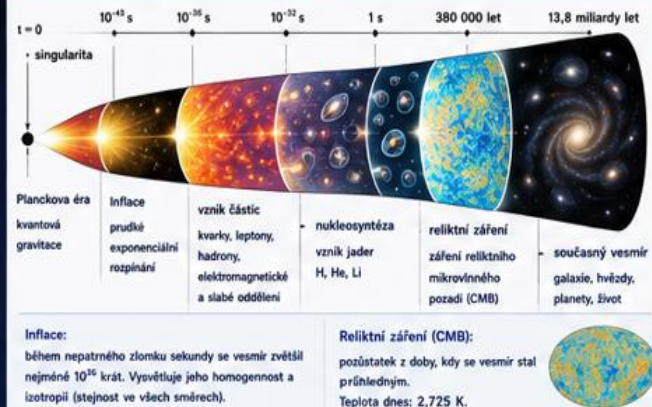
Různé módy stojatého vlnění na kovových deskách.

18. SHRUTÍ

- Kmitání a vlnění jsou všude kolem nás – v přírodě, technice, hudbě i v živých organismech.
- Vlny přenášejí energii, nikoli látku.
- Zvuk je mechanické vlnění, které vnímáme sluchem.
- Rezonance může být užitečná, ale i nebezpečná.
- Znalosti o zvuku a vlnění využíváme v medicíně, technice, dopravě, komunikaci i v poznávání světa kolem nás.

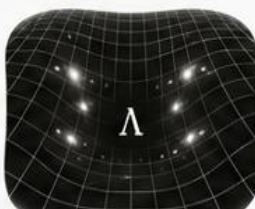
ASTROFYZIKA A KOSMOLOGIE

1. VELKÝ TŘESK – VÝVOJ VESMÍRU



2. EINSTEINŮV STATICKÝ VESMÍR A KOSMOLOGICKÁ KONSTANTA

Einsteinův statický model (1917): vesmír je věčný, neměnný a statický. Pro vyrovnání gravitace zavedl kosmologickou konstantu Λ .



„Největší omyl mého života.“
– Albert Einstein (po objevu rozpínání vesmíru)

Kosmologická konstanta Λ : působí jako odpudivá síla. Dnes víme, že je spojena s temnou energií, která urychluje rozpínání vesmíru.



3. HUBBLEŮV VZTAH A ROZPÍNÁNÍ VESMÍRU

Hubbleův zákon (1929): čím je galaxie dále, tím se od nás vzdaluje větší rychlostí.

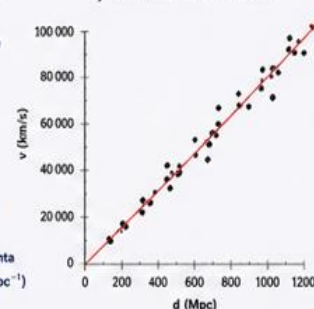
$$v = H_0 d$$

v ... rychlost vzdalování

d ... vzdálenost

H_0 ... Hubbleova konstanta (dnes $\approx 70 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$)

Rychlost vzdalování vs. vzdálenost



Rudý posuv (z): světlo z vzdálených galaxií je posunuto k delším vlnovým délkám.

$$1 + z = \frac{\lambda_{\text{pozor}}}{\lambda_{\text{emit}}}$$

$z > 0$... galaxie se vzdaluje

$z < 0$... galaxie se přibližuje

Současné poznatky:

vesmír se rozpíná a to zrychleně (od cca 5 miliard let) – důkaz existence temné energie.

4. SLOŽENÍ VESMÍRU



Údaje z měření Planck (2018).

5. HMOTA VS. ANTIHMOTA

Symetrický počátek:



- Počáteční vesmír obsahoval téměř stejné množství hmoty a antihmoty.

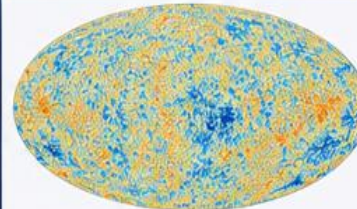
Proč existuje hmota?

- Baryonová asymetrie:
- slabé interakce porušují symetrii CP
- drobná převaha hmoty ($\sim 10^{-10}$)
- antihmota se s hmotou anihilovala
- zbytek hmoty vytvořil dnešní vesmír

Důsledek: kdyby byl vesmír dokonale symetrický, ani hvězdy, ani galaxie, ani my bychom neexistovali.



6. RELIKTNÍ ZÁŘENÍ (CMB)



Mapa reliktního záření (Planck 2018)

- Reliktní mikrovlnné záření je nejstarší světlo ve vesmíru.
- Vzniklo 380 000 let po Velkém třesku.
- Teplota: 2,725 K.
- Drobné anisotropie (fluktuace teploty) semen budoucích galaxií.

Reliktní záření je klíčovým důkazem teorie Velkého třesku.

7. ČERNÉ DÍRY

První fotografie černé díry M87* (Event Horizon Telescope, 2019)



- Černá díra: oblast, odkud nemůže uniknout ani světlo (úniková rychlost $> c$).
- Horizont události: hranice černé díry.
- Uvnitř leží singularita – bod nekonečné hustoty.

8. EXOTICKÉ OBJEKTY

KVASARY



- extrémně jasná jádra vzdálených galaxií
- poháněna superhmotnými černými dírami
- některé vidíme až z raného vesmíru ($z > 6$)

PULSARY



- rychle rotující neutronové hvězdy
- pravidelné pulzy záření jako maják
- typicky milisekundy až sekundy

MAGNETARY



- neutronové hvězdy s extrémně silným magnetickým polem ($10^{14} - 10^{15}$ G)
- zdroj gama záblesků
- a rentgenových výbuchů

9. HRANICE SOUČASNÉ FYZIKY

ANTROPICKÝ PRINCIP

Vesmír má takové vlastnosti, které umožňují vznik života a pozorovatelů.

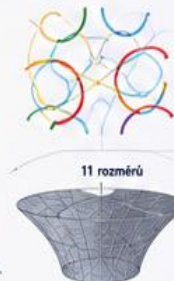
TEORIE SUPERSTRUN

Základní stavební bloky jsou 1D struny kmitající v 10 rozměrech. Predikuje sjednocení všech sil.

M-TEORIE

Zahrnuje 5 konzistentních teorií superstrun a pracuje v 11 rozměrech. Možný popis našeho vesmíru a multivesmíru.

Tyto teorie jsou zatím experimentálně neověřené, ale hledáme jejich stopy (např. v částicové fyzice, kosmologii).



10. OTEVŘENÉ OTÁZKY KOSMOLOGIE

- ? Co je temná hmota? Z čeho se skládá? Proč ji nevidíme přímo?
- ? Co je temná energie? Proč urychluje rozpínání vesmíru?
- ? Jak sjednotit kvantovou fyziku a gravitaci? Zatím neexistuje úplná teorie všeho.
- ? Je vesmír konečný? Je prostor čas konečný nebo nekonečný?
- ? Existují jiné vesmíry? Multivesmír je pouze hypotéza.



Vesmír je fascinující, obrovský a stále plný záhad. Každý nový objev nám pomáhá lépe porozumět našemu původu, našemu místu ve vesmíru a jeho budoucnosti.