

Fyzika

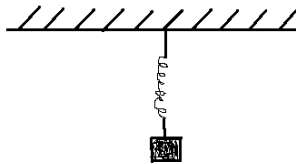
Vznik a druhy vlnenia

Kmitanie vlnenia

Mechanické vlnenie

Rýchlosť vlnenia

Kmitania alebo oscilácia je pohyb fyzikálnej sústavy napr. hmotného bodu pri ktorom sa systém po vychýlení vždy vráti do rovnovážnej polohy



Jedna zmena v rámci kmitania sa nazýva aj kmit. Základné pojmy: čas za ktorý sústava vykoná 1 limit sa nazýva perióda T $x(t+T) = x(t)$

Prevrátenou hodnotou periódy je frekvencia $f =$ frekvencia $f = 1/T$ (1 Hz)

Uhľová frekvencia $\Omega = 2\pi \cdot f$

Harmonický kmitavý pohyb- priebeh iscilujúcej veličiny je popísaný sínusoidov. $X = \alpha \cdot \sin \Omega t$

Mechanické vlnenie

Vzniká v pevných, kvapalných a plynných látkach. Jeho príčinou je existencia väzbových síl medzi časticami (atómami a molekulami) prostredia ktorými sa vlnenie šíri. Pružné prostredie je také prostredie, ktorého kmitanie jednej častice sa väzbovými silami prenáša na ďalšie častice.

Druhy mech. vlnenia: 1. Postupné vlnenie- kmitavý rozruch postupuje istou rýchlosťou v smere asi x.

2. Postupné priečne vlnenie- oscilátory kmitajú v jednej rovine a ich amplitúdy sú kolmé na smer, ktorým vlnenie postupuje.

3. Postupné pozdĺžne vlnenie- oscilátory kmitajú v jednej rovine a ich okamžité výchylky ležia v osi x.

Častice pružného prostredia môžeme považovať za oscilátory, ktoré postupne rozoscilávame pôsobením oscilových síl.

Vlnová dĺžka (λ)

- Je to vzdialenosť vlnenia, za ktorú vlnenie dospeje za periódu T kmitania zdroja, vlnenia, alebo aj vlnová dĺžka je vzdialenosť 2 bodov, ktoré kmitajú rovnakou rýchlosťou $\lambda = v \cdot T$
- Rovnica postupnej vlny $y = y_m \cdot \sin 2\pi$

Skladanie vlnenia

- Nastáva v miestach, kde sa vlnenia prekrývajú a amplitúda vlnenia sa periodicky mení.
- Interferencia vlnenia môže byť rovnakou alebo opačnou fázou

Odraz vlnenia

- Na pevnom konci nastáva odraz vlnenia s opačnou fázou na voľnom konci s rovnakou fázou.

Stojité vlnenie vzniká zložením priameho a odrazeného vlnenia a jeho body kmitajú s rozličnou amplitúdou výchylky, ktorá je pre daný bod konštantná.

V bodoch, ktorých kmitanie dosahuje najväčšiu amplitúdu.

Kmitanie stojatého vlnenia v bodoch, ktoré sú natrvalo v pokoji a sú v uhli vlnenia.

Medzi stojatým a pohybovým vlnením sú podstatné vlnenia.

Pri postupnom vlnení kmitajú všetky body radu všetkých bodov s rovnakou amplitúdou, ale s rozličnou fázou tj. každý nasledujúci bod dosahuje rovnosti výchylky.

Postupným vlnením sa prenáša mech. energia.

Pri stojatom vlnení kmitajú všetky body medzi dvoma a rovnakou fázou, ale s rozličnou amplitúdou, ktorá závisí od polohy hmotného bodu.

Izotropné prostredie je prostredie ktoré má vo všetkých smeroch fyz. vlastnosti. Vlnoplocha je guľová plocha na ktorej ležia body. Smer šírenia vlnenia v danom bode určuje kolmica na vlnoplochu ktorá sa nazýva vlnový klúč.

HUYGENSOV PRINCÍP:

Každý bod vlnoplochy, do ktorého sa dostalo vlnenie v istom okamihu, môžeme pokladať za zdroj elementárneho vlnenia, ktoré sa z neho šíri v elementárnych vlnoplochách. Vlnoplocha v ďalšom časovom okamihu je vonkajšia obalová plocha všetkých elementárnych vlnoplôch. Keď vlnenie, ktoré sa šíri v priestore, dopadá na rozhranie dvoch prostredí, môže sa od rozhrania odraziť alebo rozhraním prejsť do druhého prostredia.

Pre odraz vlnenia platí zákon odrazu

Uhol odrazu vlnenia sa rovná uhlu dopadu. Odrazený lúč zostáva v rovine dopadu.

Pre zjednodušenie na obrázku vidíme (nie je súčasťou 😊) danú situáciu zakreslením pomocou lúča. V mieste dopadu lúča je zostrojená kolmica dopadu k , medzi kolmicou dopadu a dopadajúcim lúčom uhol dopadu. Uhol α je uhol odrazu.

Platí zákon lomu vlnenia: Pomer sínusu uhla dopadu k sínusu uhlu lomu je pre dve dané prostredia stále veličina a rovná sa pomeru fázových rýchlostí v obidvoch prostrediach. Lomený lúč zostáva v rovine dopadu. Pri lome môžu nastať dve situácie, lom ku kolmici ak $v_1 > v_2$ a lom od kolmice ak $v_1 < v_2$

Matematické vyjadrenie zákona lomu: $\sin \alpha / \sin \beta = v_1 / v_2 = \mu$

μ - je index lomu vlnenia pre dané prostredia.

Ak vlnenie dáme do cesty prekážku s malým otvorom, vlnenie preniká za okraje, nastáva ohyb vlnenia. Podobné javy môžeme pozorovať, keď vlnenie dáme do cesty väčšiu alebo menšiu prekážku. Keď má prekážka oveľa väčší rozmer, ako je vlnová dĺžka vlnenia, vzniká za prekážkou tieň. Keď je rozmer prekážky porovnateľný s vlnovou dĺžkou, nastáva ohyb vlnenia a vlnenie sa šíri aj za prekážkou. Smer šírenia vlnenia je ovplyvnený ohybom vlnenia na prekážku. Tento vplyv je tým väčší, menšia je vlnová dĺžka vlnenia.

Príklad: Pozorovateľ stojí na povrchu zeme v bode A a sleduje lietadlo letiace stálou rýchlosťou rovnobežne s povrchom Zeme z bodu B do bodu C, zvuk motora lietadla nepočuje. Lietadlo preletelo nad hlavou pozorovateľa, ktorý začul zvuk motora v okamihu, keď lietadlo videl pod uhlom 30° nad obrazom. Určte rýchlosť lietadla, ak rýchlosť zvuku je $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

K pozorovateľovi dospeje vlnenie najskôr z bodu B a lietadlo zatiaľ preletí vzdialenosť (BC).

ZVUK

Zvuk je každé pozdĺžne mechanické vlnenie v látkovom prostredí, ktoré je schopné vyvolať v ľudskom uchu sluchový vnem. Frekvencia tohto vlnenia leží približne v rozsahu 20 Hz až 20 kHz (záleží na individuálnych danostiach človeka), mimo týchto hraníc človek zvuk nevníma. V širšom zmysle je možné považovať za zvuk aj vlnenie mimo tohto rozsahu, teda infrazvuk a ultrazvuk.

Zvuk je teda časť spektra mechanického vlnenia vzduchu, ktorú je schopný vnímať človek; v širšom ponímaní, ktorú je schopný vnímať živočích.

Zvuk s frekvenciou nižšou než 20 Hz (ktorý počuje napr. slon) nazývame infrazvuk. Zvuk s frekvenciou vyššou ako 20 kHz (napr. delfín alebo netopiere vnímajú zvuk až do frekvencií okolo 150 kHz) nazývame ultrazvuk.

Už podľa Aristotela je zvuk druh pohybu vzduchu; zvuk je podľa neho dvojaký, a síce skutočný zvuk a možný zvuk.

Zvuk vzniká kmitaním hmoty, ktorá toto kmitanie odovzdáva hmotným časticiam v prostredí, ktoré ho obklopuje napr. vzduchu, vode, kovu atď. Vo vzduchu nastáva zhusťovanie a zriedňovanie častíc, ktoré postupujú ako zvuková vlna rýchlosťou, ktorú označujeme rýchlosťou zvuku. Počet týchto zhustení a zriedení za sekundu sa nazýva frekvencie (staršie označenie kmitočet).

Zvuk sa šíri jedine v hmotnom prostredí. Z toho vyplýva, že vo vákuu nemôže nastať šírenie zvuku, pretože vákuum neobsahuje žiadne hmotné častice.

Rýchlosť šírenia zvuku

Rýchlosť šírenia zvuku závisí na fyzikálnom stave prostredia, v ktorom sa šíri. Pre vzduch s atmosférickým tlakom 1 013,25 hPa v nulovej nadmorskej výške pri teplote 20 °C je rýchlosť šírenia zvuku $c = 343$ m/s

Medzi frekvenciou, rýchlosťou šírenia zvuku a vlnovou dĺžkou zvukovej vlny platí vzťah:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [m; m/s; Hz]$$

Rýchlosť šírenia zvuku teda závisí od tlaku, teploty a vlhkosti vzduchu (zmena o 0,5 m/s pri zmene relatívnej vlhkosti 0 až 100%). Príklady rýchlosti šírenia zvuku v látkach: Vzduch 340 m/s, Voda 1500 m/s, Betón 1700 m/s, Ľad 3200 m/s, Oceľ 5000 m/s, Sklo 5200 m/s. Hustejšie látky vedú zvuk rýchlejšie.

Zdroj zvuku

Zdroj zvukového vlnenia sa nazýva zdroj zvuku a prostredie, v ktorom sa vlnenie šíri, nazývame vodič zvuku. Vodič zvuku, obvykle vzduch, zprostredkuje spojenie medzi zdrojom

zvuku a prijímačom (detektorom), ktorým je obvykle ucho alebo technické zariadenia (mikrofón). Zvuky sa šíria v každom hmotnom prostredí, napr. aj vodou a pevnými látkami. Podľa schopnosti látky viesť, resp. pohlcovať zvuk hovoríme o dobrých a zlých vodičoch zvuku.

Zdrojom zvuku je kmitajúce teleso. Záleží však aj na jeho schopnosti tento zvuk odovzdať (preniesť) na okolité prostredie. Dôležitou vlastnosťou je tvar telesa a tvar jeho okolia. Struna napnutá medzi dvoma pevnými bodami telesa s veľkou hmotnosťou nie je dobrý zdroj zvuku, pretože pri kmitaní struny vzniká pretlak v smere jej pohybu, ale súčasne i podtlak na opačnej strane. Vzniká akustický skrat. Preto sa v strunových nástrojoch používa rezonančná doska, ktorá je v skutočnosti zdrojom zvuku gitary.

Zdrojom zvuku sú okrem telies s vlastným kmitaním aj umelé zdroje, ktoré kmitajú tzv. vynúteným kmitaním (reproduktor, hlasivky, krídelká svrčka a pod.)

5. Optika vlnové vlastnosti svetla

/Zobrazovanie zrkadlom , Optické sústavy, Zobrazovacia rovnica, Zobrazovanie šošovkou/

optika, zobrazovanie šošovkou príklad pokus

Optika vlnové vlastnosti svetla

Optika študuje podstatu a zákonitosti svetelných javov. Patrí k najstarším odborom fyziky. Svetlo je elektromagnetické vlnenie s **vlnovou dĺžkou od 390 nm do 790 nm**. Má schopnosť vyvolať v ľudskom

oku svetelný vnem. Vo vákuu sa svetlo šíri rýchlosťou $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}$. V látkovom prostredí je rýchlosť svetla vždy menšia.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

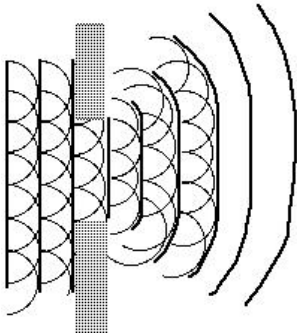
Svetlo môžeme charakterizovať **vlnovou dĺžkou**

f - je frekvencia a určuje farbu svetla. **Monofrekvenčné svetlo** (monochromatické) je svetlo s určitou konštantnou frekvenciou. Šírenie svetla ovplyvňuje prostredie, ktorým prechádza. Optické prostredie môže byť: **priehľadné** – číre sklo, nedochádza k rozptylu svetla, **priesvitné** – matné sklo, svetlo sa čiastočne rozptyľuje, **nepriehľadné** - svetlo sa pohlcuje, alebo odráža.

Opticky homogénne prostredie má všade rovnaké optické vlastnosti. Ak je v určitom prostredí vo všetkých smeroch rovnaká rýchlosť šírenia svetla, tak toto prostredie nazývame **opticky izotrópne** prostredie. O **anizotrópnom** prostredí hovoríme vtedy keď, rýchlosť svetla závisí od smeru šírenia.

Pre šírenie svetla v optickom homogénnom izotrópnom prostredí platí **Huygensov princíp**. Vlnoplocha postupného vlnenia je množina bodov, v ktorých má vlnenie v istom časovom okamihu rovnakú fázu.

Každý bod vlnoplochy, do ktorého sa dostalo vlnenie v istom okamihu, môžeme pokladať za zdroj elementárneho vlnenia, ktoré sa z neho šíri v elementárnych vlnoplochách. Vlnoplocha v ďalšom okamihu je vonkajšia obalová plocha všetkých elementárnych vlnoplôch.



Ak dopadá svetlo na rozhranie dvoch optických prostredí s rôznymi indexami lomu, potom sa čiastočne odráža a čiastočne prechádza z jedného prostredia do druhého.

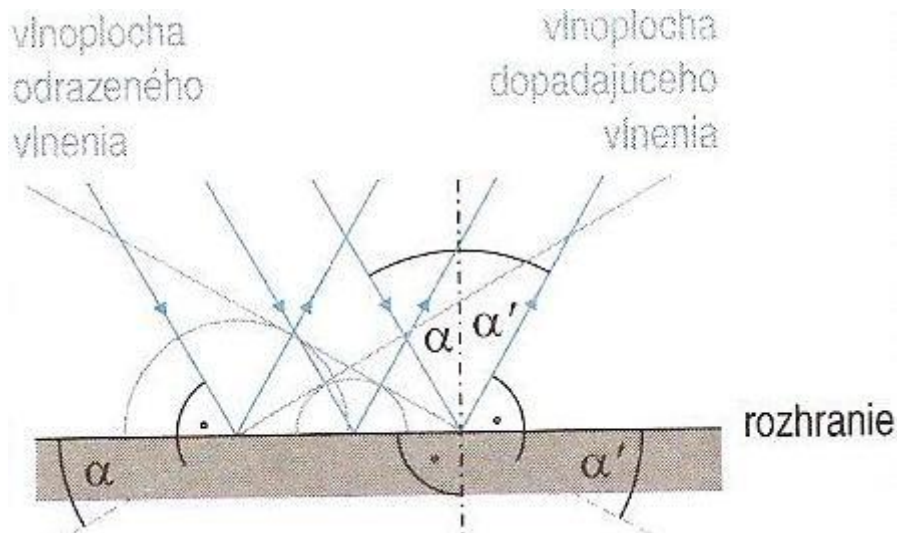
Index lomu optického prostredia n je veličina daná pomerom rýchlosti svetla vo vákuu c , a rýchlosti

svetla v danom prostredí :

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

Zákon odrazu: Ak dopadá svetlo na rozhranie dvoch prostredí pod uhlom α , odráža sa pod uhlom α' , $\alpha = \alpha'$ a odrazený lúč leží v rovine dopadu.

Na nasledujúcom obrázku vidíme odraz rovinatej vlnoplochy odvodený pomocou Huygensovho princípu. Rovina dopadu je určená dopadajúcim lúčom a kolmicou dopadu. Kolmica dopadu je priamka prechádzajúca kolmo na rozhranie v mieste dopadu.



Zákon lomu: Ak dopadá svetelný lúč z prostredia s indexom lomu n_1 do prostredia s indexom lomu n_2 , pričom $n_1 \neq n_2$, dochádza k jeho lomu. Lomený lúč zostáva v rovine dopadu. Pre uhol dopadu

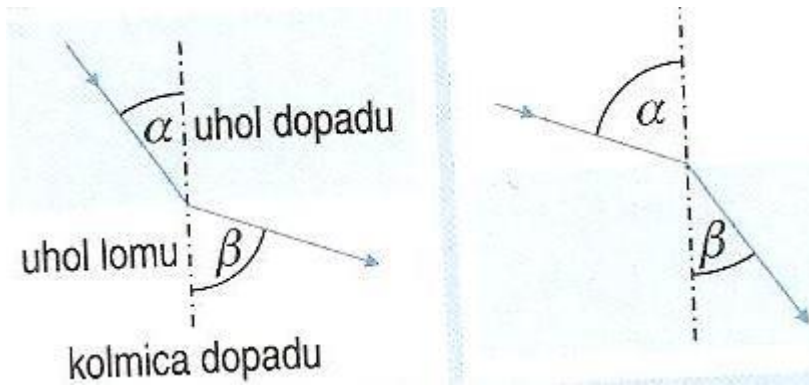
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

a uhol lomu platí **Snellov zákon:**

Môžu nastať dve situácie:

a) lom ku kolmici $\beta < \alpha$, nastáva pri prechode svetla z opticky redšieho prostredia do opticky hustejšieho.

b) lom od kolmice $\beta > \alpha$, nastáva pri prechode svetla z opticky hustejšieho prostredia do opticky redšieho prostredia.



Pri lome svetla od kolmice nastáva **úplný odraz** pri medznom uhle dopadu α_m a pri všetkých väčších uhloch. Ak je pri lome svetla uhol dopadu, $\alpha > \alpha_m$ k lomu svetla nedochádza, vzniká úplný odraz.

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n_1}$$

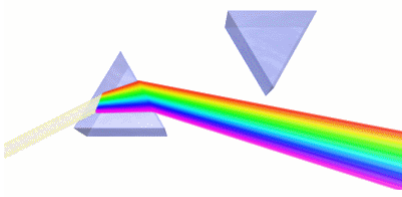
Pri úplnom odraze opticky redším prostredím a vzduchu platí:

Úplný odraz sa využíva v prístrojoch na meranie indexu lomu v refraktometroch, v optických vláknach. Je to tenké vlákno z čistého skla a na jeho stenách nastáva úplný odraz. Využívajú sa na diaľkový prenos dát, optické vláknové senzory, pre aplikácie v medicíne, pre priemyselné aplikácie.

Svetlá s rôznymi frekvenciami sa v danom prostredí šíria rôznou rýchlosťou, a preto majú i rozličné indexy lomu. Vplyvom rôznych indexov lomu sa monofrekvenčné svetlá na rozhraní dvoch prostredí pri vstupe do druhého prostredia rozlične lámu. Tento jav sa nazýva disperzia.

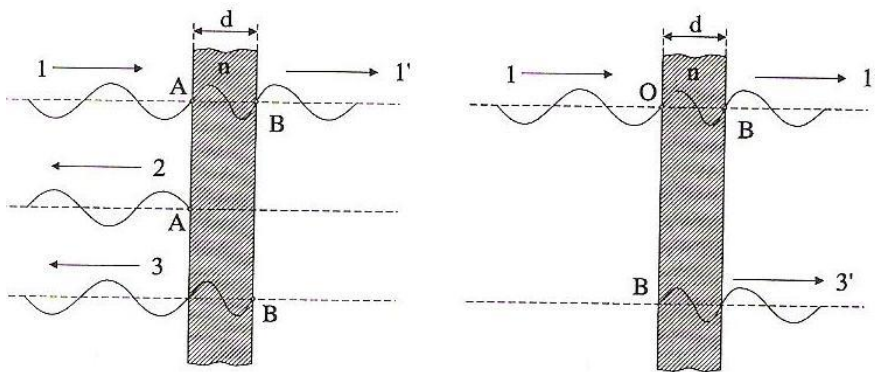
Na trojbokom hranole sa môžeme presvedčiť že biele svetlo sa láme pomocou disperzie a vzniká farebné spektrum. Tieto svetlá už nemožno ďalej rozkladať.

Na dole uvedenej adrese sa nachádza animácia, keď kliknete na druhý hranol, môžete ním pohybovať a pozorovať výsledný efekt. Po uplatnení druhého hranola sa farebný pás svetla znovu zloží do bieleho slnečného svetla.



Interferencia svetla dokazuje vlnové vlastnosti svetla. Pozorovateľná interferencia nastáva, ak je splnená podmienka koherencie svetelného vlnenia. **Koherentné** sú dve svetelné vlnenia s rovnakou frekvenciou, ktorých vzájomný fázový rozdiel je v danom mieste konštantný.

Interferenciu možno najlepšie pozorovať na veľmi tenkých vrstvách.



1-dopadajúce koherentné vlnenie, 2-odrazené vlnenie na rozhraní A, 3-odrazené vlnenie na rozhraní B

Podmienka pre **interferenčné maximum** v odrazenom svetle

$$\Delta l + \frac{\lambda}{2} = 2k \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2nd = (2k - 1) \frac{\lambda}{2}$$

Podmienka pre **interferenčné minimum** v odrazenom svetle

$$\Delta l + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \Rightarrow 2nd = 2k \frac{\lambda}{2}$$

$k = 1, 2, 3, \dots$ sa nazýva rád interferenčného maxima alebo minima

Interferenčné javy sa využívajú na kontrolu rovinných aj guľových plôch, pri vytváraní holografických obrazcov, na presné meranie dĺžky.

Ohyb vlnenia je jav, pri ktorom sa vlnenie dostáva aj do oblasti geometrického tieňa. Môžeme ho pozorovať napríklad ak prechádza svetlo štrbinou, ktorej šírka je porovnateľná s vlnovou dĺžkou svetla.

Svetlo je postupné **priečne elektromagnetické vlnenie**. Vektor intenzity elektrického poľa je vždy kolmý na smer šírenia svetla, ale v prípade nepolarizovaného svetla mení celkom náhodne svoj smer. V prípade polarizovaného svetla vektor intenzity kmitá neustále v jednej rovine.

Svetlo je možné polarizovať niekoľkými spôsobmi:

a) polarizácia odrazom. Svetlo sa čiastočne polarizuje pri odraze. Pri Brewsterovom uhle je odrazené svetlo úplne lineárne polarizované. Pri odraze na rozhraní vzduch – prostredie s indexom lomu

$$n = \operatorname{tg} \alpha_B$$

b) polarizácia polaroidom, používajú sa polarizačné filtre

c) polarizácia dvojlomom, svetelný lúč na rozhraní s kryštálom islandského vápenca sa rozdelí v dôsledku anizotropie na dva lúče, riadny a mimoriadny. Oba lúče sú lineárne polarizované.

Oko nie je schopné rozlíšiť prirodzené svetlo a polarizované. Na to potrebujeme analyzátor. Polarizované svetlo sa používa pri skúmaní opticky aktívnych látok, ktoré otáčajú rovinu polarizovaného svetla. Napríklad určenie koncentrácie cukru.

Úlohy:

- 1) Vymenujte a charakterizujte rôzne optické prostredia.
- 2) Kedy vzniká úplný odraz a kde sa využíva?
- 3) Ako dochádza k polarizácii svetla

6.2 Fyzika atómového jadra

/Stavba a vlastnosti atómového jadra, Prirodzená a umelá rádioaktivita, Jadrové reakcie – štiepenie jadier, jadrová syntéza, Jadrový reaktor, Použitie rádionuklidov, Ochrana proti jadrovému žiareniu/
Odkaz na [www stránky](#)

Modely atómu

Už grécky filozofi (Leukippos z Milétu, Démokritos z Abdér) dospeli k názoru, že všetky telesá sa skladajú z menších častí. Za základ všetkých objektov považovali neviditeľné čiastočky atómy.

Atóm je základná stavebná častica látky, ktorá je chemicky nedeliteľná. Atóm sa skladá z atómového jadra a atómového obalu. V elektricky neutrálnom atóme je v elektrónovom obale toľko elektrónov, koľko je v jadre protónov. V roku 1803 anglický chemik J. Dalton sformuloval atómovú hypotézu, ktorá bola neskôr potvrdená: - prvky sa skladajú z veľmi malých ďalej chemicky nedeliteľných čiastočiek. Všetky atómy daného prvku sú rovnaké.

- Pri chemických reakciách atómy nevznikajú ani nezanikajú. Dochádza k ich preskupovaniu.
- Spojením atómov vznikajú molekuly

Prvou experimentálne objavenou časticou, ktorá je súčasťou atómu bol elektrón. Postupne sa pokusmi preukázalo, že katódové lúče sú hmotné elektricky záporne nabité častice, ktoré v roku 1900 J. Stoney nazval elektróny.

J. J. Thomson predpokladal, že atóm je kladne nabitá guľa, v ktorej sú rovnomerne rozptýlené elektróny. Atómy sú navonok neutrálne. Thomsonov model sa niekedy nazýva aj pudingový model.

Veľkosť elektrického náboja elektrónu zistil experimentálne R. A. Millikan v roku 1911. Elementárny náboj označujeme e a má hodnotu $e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

E. Rutherford v roku 1911 ostreľoval veľmi tenkú zlatú fóliu časticami α . Ak by platil pudingový model, mali by sa častice α prechodom cez fóliu vychýľovať len málo. Pri pokusoch dochádzalo aj k veľkým výchylkám. Z toho bolo usúdené, že všetok kladný náboj atómu je sústredený v jeho jadre, ktoré je oveľa menšie ako celý atóm.

Pretože elektrón je 1837- krát ľahší ako protón, je elektrónový obal omnoho ľahší ako celý atóm, väčšina hmoty atómu je sústredená v atómovom jadre.

Rutherfordov model atómu, nazývaný aj planetárny model, mal aj nedostatky.

Napríklad nevysvetľoval presnú zákonitosť spektrálnych čiar emisného spektra vodíka popísanú Balmerovým – Rydbergovým vzťahom.

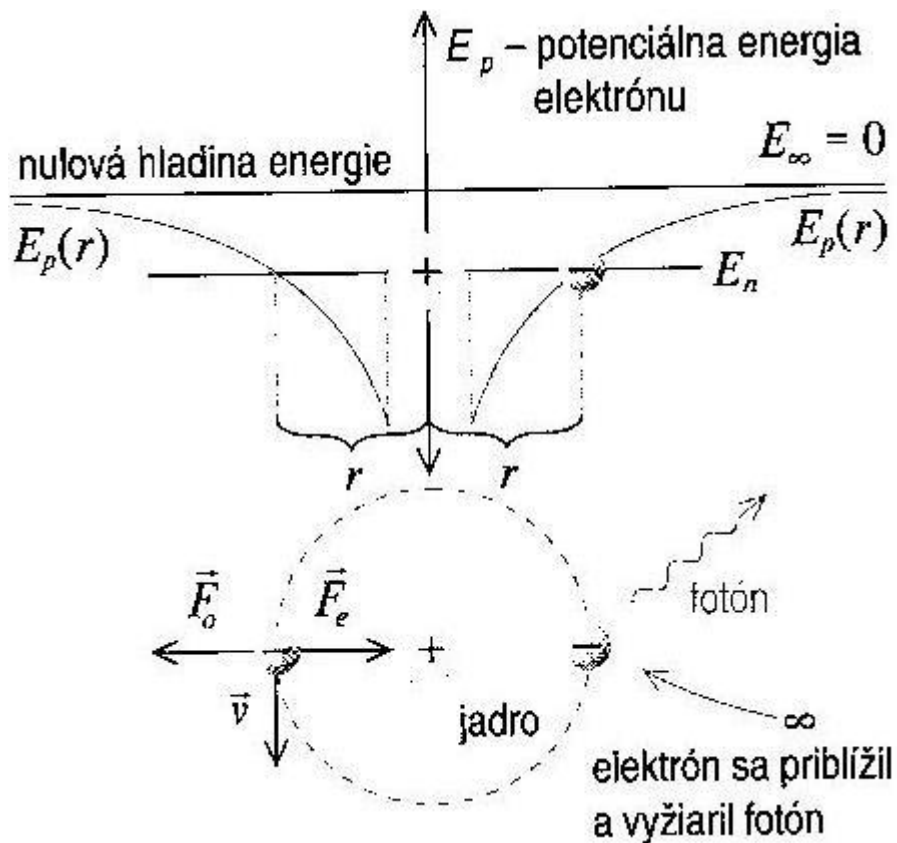
Tento problém sa snažil vyriešiť dánsky fyzik Niels Bohr. V roku 1913 formuloval dva postuláty:

- elektrón sa môže bez vyžarovania energie pohybovať okolo jadra, len po určitých dráhach – orbitách. Spočiatku predpokladal kruhové dráhy.

- elektrón vyžaruje alebo prijíma energiu len pri prechode z jedného stacionárneho stavu do druhého, energeticky odlišného. $E = E_1 - E_2 = h \cdot f$

Energia atómu je teda kvantovaná a Bohrov model bol prvý kvantový model atómu.

Bohrov model atómu mal prednosti a aj nedostatky. Model veľmi dobre popisuje energetické hladiny elektrónu v atóme vodíka, prechody medzi nimi a vysvetľuje emisiu a absorpciu optického žiarenia. Presne stanovil termíny energetická hladina, základný a excitovaný stav a hlavné kvantové číslo.



Bohrov model atómu

Bohrov model atómu je planetárny podobne ako Rutherfordov model. Kvantovacia podmienka je aplikovaná dodatočne, aby model odpovedal experimentálnym podmienkam. Tento model je plochý.

Nedostatky odstránil kvantovo mechanický model atómu, ktorý vytvoril v roku 1926 E. Schrodinger. Elektrón je viazaný k jadrú, pretože sa nachádza v potenciálovej jame, a podľa kvantovej mechaniky môže existovať iba v jednom z diskretných stacionárnych kvantových stavov. Tieto stavy sú popísané vlnovou funkciou, ktorá je riešením Schrodingerovej rovnice.

Vlnové funkcie sú charakterizované tromi kvantovými číslami.

Hlavné kvantové číslo n , určuje energiu príslušného stacionárneho stavu elektrónu. Nadobúda hodnoty $n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$

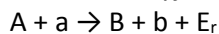
Vedľajšie kvantové číslo (orbitálne) súvisí s orbitálnym momentom hybnosti elektrónu a pre dané n nadobúda dovolené hodnoty $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$

Magnetické kvantové číslo m , súvisí s magnetickým dipólovým momentom elektrónu a pre dané l nadobúda dovolené hodnoty $m = 0, +1, -1, +2, -2, \dots, +l, -l$.

Vlnová funkcia pre elektrón v centrálnom poli sa nazýva aj orbitál. Orbitál vymedzuje priestor s 90%-99% pravdepodobnosťou výskytu elektrónu okolo jadra. Ďalšou základnou vlastnosťou elektrónu je aj spin elektrónu. Elektrón v atóme charakterizuje spinové magnetické kvantové číslo, m_s . Nadobúda dve hodnoty $\frac{1}{2}, -1/2$.

- **Jadrové reakcie, jadrová energia a jej použitie**

Deje, ktoré nastanú pri zrážkach jadier atómov so základnými časticami alebo s inými atómovými jadrami sa nazývajú **jadrové reakcie**. Pri takýchto reakciách sa mení štruktúra jadier a platia zákony zachovania počtu nukleónov, elektrického náboja, hybnosti a relativistickej celkovej energie. Všeobecné vyjadrenie jadrovej reakcie je:



kde:

A je ľubovoľné terčové jadro,
a – častica, ktorá s ním interaguje,
B – vzniknuté jadro,
b – emitovaná častica,
 E_r – energia reakcie.

Reakcia sa využíva v jadrovom reaktore jadrovej elektrárni. Pre všetky jadrové procesy, vrátane reakcií, pri ktorých sa mení časticové zloženie jadier, platia zákony zachovania hybnosti, relativistickej hmotnosti a energie, počtu nukleónov a elektrického náboja.

Pri mnohých jadrových procesoch sa mení časticové zloženie jadier. Rozlišujeme dva **typy jadrových reakcií**:

- **Syntéza (fúzia) ľahkých jadier na ťažšie** ($A < 56$, zvyčajne $A \ll 56$). Aby sa syntéza uskutočnila je nevyhnutné, aby sa kladne nabitá jadrá priblížili k sebe na vzdialenosť rovnajúcu sa dosahu jadrových síl. Tomuto približovaniu bráni elektrostatické odpudzovanie jadier. Na jeho prekonanie potrebujú častice veľkú energiu. Potrebnú energiu môžu získať napr. v horúcom plyne (plazme). Hovoríme o **termonukleárnej syntéze**.
- **Štiepenie ťažkých jadier na ľahké** ($A > 56$, zvyčajne $A > 200$). Pri reakcii sa využíva skutočnosť, že neutrón nie je odpudzovaný od jadra. Premeny jadier vyvolané dopadom neutrónu začal študovať v roku 1934 E. Fermi. Uvedené pokusy opakovali v Nemecku Hahn a Strassmann. Zistili, že jadrá uránu sa štiepia na dve stredne ťažké jadrá.