

6.1 Atom

Mikrosvět

- atomy, molekuly
- starověké Řecko ... atomismus jako filosofická škola; název atom převzali přírodovědci novověku
- koncem 19. století se ukazuje, že existují menší částice než atom ... elektrony
- **objevitel elektronu** Joseph John Thomson usuzuje, že elektricky nabitě elektrony jsou součástí atomů (elektricky neutrálních) a navrhuje první model struktury atomu – tzv. **pudinkový model atomu**

Zrození kvantové fyziky

1900

- německý fyzik Max Planck navrhuje vysvětlení záření černého tělesa, založené na myšlence, že atomy mohou vyzařovat energii jen v určitých, přesně určených porcích, tzv. **kvantech**, jejichž energie je

$$E = h f$$

- kde $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s je Planckova konstanta a f je frekvence záření (viz elmg. spektrum)

Čárové spektrum atomu vodíku

- podobně jako energie fotonů (částic elmg. záření) je kvantována také energie elektronů uvnitř atomů
- důsledkem je vznik čárových spekter atomů
 - emisních (záření zahřátého plynu)
 - absorpčních (pohlcování určitých frekvencí slunečního spektra při průchodu plynem)
- toto vysvětlení fyzikové odhalovali několik desetiletí, nejprve byly experimentálně pozorovány a jednoduchými vzorci popsány série spektrálních čar; jako první ve viditelné a UV části spektra tzv. Balmerova série

Čárové spektrum atomu vodíku

- frekvence záření (fotonu) vyzářeného při přechodu mezi energetickými hladinami s hlavními kvantovými čísly n a m vypočteme podle vztahu

$$f = \frac{E_n - E_m}{h} = \frac{m e^4}{8 e_0^2 h^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

- pro Balmerovu sérii $m = 2$ konkrétně

$$f = \frac{E_n - E_2}{h} = \frac{m e^4}{8 e_0^2 h^3} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Fotoelektrický jev




- emise elektronů z atomů vlivem dopadajícího elmg. záření
- elektrický proud je úměrný intenzitě dopadajícího světla, ale **pro frekvenci f nižší než mezní f_0 nenastává fotoelektrický jev vůbec !!!**
- záhadu vysvětlil Albert Einstein v roce 1905 a nejen za to získal Nobelovu cenu roku 1921

$$E = hf = W_v + E_k$$

$$f_0 = \frac{W_v}{h}$$


Dualismus vlna - částice

korpuskulárně vlnový dualismus

- pozorován nejprve u světla (fotony)
- de Broglieova hypotéza  další lehké částice
- difrakce elektronového paprsku skutečně nastává
- využití v krystalografii, v elektronovém mikroskopu
- paradoxy kvantové mechaniky  tunelový jev (elektrony „prochází zdí“ - energetickou bariérou)
- Heisenbergovy relace neurčitosti  nemožnost určit současně přesně polohu a rychlost částice (např. polohu elektronu v atomu nelze přesně určit)

Modely atomu

vývoj představ o atomu a jeho struktuře

- atom = nedělitelná částice (malá kulička)
- Thomsonův pudinkový model (elektrony ... hrozinky)
- Rutherfordův objev ... malé kladné jádro
- Bohrovův planetární model (miniaturní Sluneční s.)
 - elektrony mají na rozdíl od planet povolené jen některé dráhy (viz čárová spektra)
 - planetární model je dodnes populární, protože je velmi názorný, ale bohužel není přesný !!!
- dnešní  **kvantově mechanický model atomu**
místo přesných drah jen pravděpodobnost výskytu

Kvantově mechanický model atomu

- stabilní soustava částic o rozměru 10^{-10} m
- malé kladné jádro o rozměru 10^{-15} m
 - v jádře je skoro všechna hmotnost atomu
- elektronový obal atomu
 - elektrony mají pravděpodobnost výskytu popsanou tzv. orbitaly s různými tvary
 - v jednom orbitalu může být pouze jeden elektron, nebo jedna dvojice elektronů s opačnými spiny (Pauliho princip)
- při přeskoku elektronu z jedné dráhy na druhou se vždy buď vyzáří, nebo pohltí foton s energií danou rozdílem energií příslušných orbitalů

6.2 Jádru atomu

Objev jádra atomu

- Ernest Rutherford, při ostřelování kovové fólie částicemi α většina částic projde, ale některé se odrazí

Objev struktury jádra

- jádro se skládá z protonů a neutronů
- neutron objevil James Chadwick

Objev silné interakce (jaderných sil)

- jak je možné, že se jádro s mnoha protony nerozpadne?
- na malé vzdálenosti působí tzv. silná interakce, která je silnější než elektrostatické odpuzování
- teoretické vysvětlení podal Hideki Yukawa

Složení jádra atomu

Částice jádra

- nukleony = protony p^+ a neutrony n^0
nukleonové číslo = protonové číslo + neutronové číslo

$$A = Z + N$$

Izotopy

- stejné protonové číslo = atomové číslo (vyjadřuje i počet elektronů v obalu; různý počet neutronů)
- příklad: obyčejný vodík, těžký vodík (deuterium), supertěžký vodík (tritium)
- izotopy mají stejné chemické vlastnosti, ale různé fyzikální vlastnosti

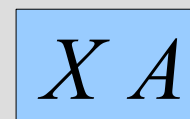
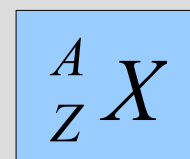
Izotopy, nuklidy, stabilita atomů

Nuklidy

- přírodní prvky jsou směsí různých izotopů
- skládá-li se (uměle připravená) látka jen z jednoho izotopu, nazýváme ji **nuklid**

Označování izotopů a nuklidů

- atomovým a nukleonovým číslem
- pouze nukleonovým číslem
- příklady: H 1, H 2, C 12, C 14, P32, Fe 56, U 238, U 235 ... přepište prvním způsobem!



Stabilita atomů stabilní **X** nestabilní (radioaktivní)

Radioaktivita – typy záření

- radioaktivní prvky samovolně vyzařují částice
- při záření typu α a β dochází k přeměně na jiný chemický prvek
- záření α je nejméně pronikavé, z radioaktivního atomu vyletí skupina 2 protonů a 2 elektronů, tedy jádro atomu hélia $\begin{matrix} 4 \\ 2 \end{matrix} \alpha$
- záření β je proud elektronů (případně pozitronů) β^- nebo β^+
- záření γ je proud fotonů, tedy elmg. záření o velmi malé vlnové délce


Radioaktivita – veličiny

- **poločas rozpadu** T je doba, za kterou se přemění (rozpadne) polovina atomových jader v daném vzorku látky (může jít o minuty i o tisíce let)
- praktické užití má uhlík C 14 s poločasem rozpadu $T = 5730$ roků; podle % jeho obsahu se určuje stáří kosterních nálezů a jiných věcí organického původu
- **aktivita** A je počet radioaktivních přeměn vzorku za 1 s; $[A] = 1$ Bq (becquerel)
- aktivita vzorku exponenciálně klesá, za dobu T klesne na polovinu

Dozimetrické veličiny

- **dávka** D se měří energií pohlcenou organismem na 1 kg hmotnosti; $[D] = \text{Gy} = \text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ (gray)
- **dávkový ekvivalent** DQ se vypočítá z dávky D vynásobením koeficientem Q , jehož hodnota závisí na druhu záření (částic); $[DQ] = \text{Sv}$
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sievert>
- měřením a zkoumáním účinků záření na lidský organismus se zabývá **dozimetrie**

Historie objevování radioaktivity

- W. C. Röntgen - paprsky X (1895)
- A. H. Becquerel – radioaktivita smolince (1896)
dává podnět svým nejlepším žákům 
- P. Curie a M. Curie-Sklodovská získají ze smolince malé množství dosud neznámých prvků, kterým dají jména polonium (1898) a radium (1902)
- I. Curie a F. Joliot-Curie vytvořily umělé radioaktivní izotopy – objev umělé radioaktivity

6.3 Částice a urychlovače

Látka ve Sluneční soustavě

- její stavba a fyzikální a chemické vlastnosti se dají vysvětlit strukturou atomů a chemickými vazbami
- lze říct, že se skládá ze tří druhů částic – protonů a neutronů v jádře a elektronů tvořících obal atomu

Moderní fyzikální pozorování a experimenty

- dokázaly, že elementárních částic je mnohem víc
- a že ke každé částici existuje antičástice (+ / -)
- první antičástice ... pozitron (kladný elektron) objeven pozorováním v kosmickém záření r. 1932

Čtyři druhy sil mezi částicemi

Které síly (interakce) známe

- gravitační
- elektromagnetické
- silné
- slabé

Gravitační interakce

- je nejslabší, mezi malými částicemi se téměř neuplatní, ale je univerzální a má velký vliv v kosmickém měřítku (hvězdy a planety, galaxie, kupy galaxií), tedy u velmi hmotných objektů

Čtyři druhy sil mezi částicemi

Elektromagnetická interakce

- je mnohem silnější než gravitační, váže elektrony do obalu atomu, je podstatou iontové vazby, tření, svalových pohybů
- má velký vliv v mikrosvětě i v planetárním měřítku, ale v kosmickém měřítku se neuplatní, protože velká kosmická tělesa jsou jako celek elektricky neutrální

Silná a slabá interakce

- se projevují jen v mikrosvětě, ve světě elementárních částic

Čtyři druhy sil mezi částicemi

Silná interakce

- drží nukleony pohromadě v atomovém jádře, které by se jinak muselo odpudivou elektrostatickou silou okamžitě „roztrhat“, je tedy ještě mnohem silnější než elektromagnetická interakce
- ale má velmi malý dosah, působí pouze na krátké vzdálenosti, odpovídající rozměrům atomových jader

Slabá interakce

- způsobuje např. beta rozpad atomového jádra (záření typu β)

Částicová podstata interakcí

- současná fyzika si představuje, že síly mezi částicemi vznikají tak, že si vzájemně vyměňují jiné částice
- můžeme si je představit jako hráči přehazující si míč
- čím je „míč“ lehčí, tím má interakce větší dosah (Házeli jste si medicinbalem?)


Výměnné částice

- silné interakce ... gluony
- slabé interakce ... intermed. bosony W^+ , W^- a Z^0
- elmg. interakce ... fotony
- gravitace ... **gravitony** (*hypotetické částice*)

Těžké a lehké částice

- současná fyzika si představuje, že lehké částice jsou už opravdu elementární, nemají vnitřní strukturu
- říká se jim **leptony**; patří mezi ně elektron, pozitron, mion, tauon, neutrina
- těžké částice se skládají z **kvarků** (2 nebo 3) a drží je pohromadě **gluony** tak silně, že samostatný kvark nebylo zatím možné experimentálně izolovat
- ze 2 kvarků se skládají středně těžké **mezony**
- ze 3 kvarků těžší **baryony**, mezi které patří proton, neutron, hyperony
- mezony a baryony se souhrnně nazývají **hadrony**

Jak se loví částice

- některé „exotické“ částice je občas možné zachytit v kosmickém záření
- jistější je ovšem částice uměle „vyrobit“ pomocí srážek jiných částic, urychlených na velmi vysokou rychlost (a tedy vysokou kinetickou energii) pomocí speciálních zařízení  **urychlovače**
 - lineární urychlovače (statické elektrické pole)
 - kruhové urychlovače
 - cyklotron (statické mg. pole a střídavé vysokofrekvenční elektrické pole)
 - synchrofázotrony (synchrotrony)

Jak se loví částice

Synchrotrony

- používají počítačově řízená magnetická a elektrická pole, synchronizovaná s pohybem částic tak, aby byl zachován předem daný poloměr dráhy svazku
- využívají metodu vstřícných svazků, kdy se částice pohybují proti sobě a „čelně“ se srážejí
- výbuchy při srážkách dávají vznik novým částicím, „exotickým“, běžně nepozorovatelným

Zjistěte kdy a kde byl objeven

- antiproton
- intermediální bosony W^+ , W^- a Z^0

7.1 Sluneční soustava

Objekty

- Slunce – hvězda – centrální objekt naší soustavy
- 4 planety zemského typu ... Merkur, Venuše, Země, Mars
- 4 velké planety ... Jupiter, Saturn, Uran, Neptun
- zatím 3 trpasličí planety ... Ceres, Pluto, Eris
- měsíce planet ... Měsíc, Phobos, Deimos, Io, Ganymed,
Calisto, Europa, Charon, Nix, Hydra, ...
- planetky (asteroidy) ... Pallas, Juno, Vesta, ...
- komety ... Enckeova, Hale-Boppova, Halleyova, Kohoutkova, ...
- meteoroidy

Měření vzdáleností ve vesmíru

astronomická jednotka AU (astronomical unit)

- střední vzdálenost Země - Slunce
- $1 \text{ AU} = 149\,597\,870\,691 \pm 30 \text{ m}$
- přibližně $1 \text{ AU} \approx 150$ milionů kilometrů

parsek pc (paralaxa sekunda)

- je vzdálenost, ze které vidíme úsečku o délce 1 AU pod úhlem o velikosti 1"
- $1 \text{ pc} \approx 206\,265 \text{ AU} \approx 31$ bilionů kilometrů

světelný rok ly (light year) ... vypočtete z rychlosti světla !

- je vzdálenost, kterou uletí světlo ve vakuu za 1 rok

Planety zemského typu

Merkur

- o něco větší než Měsíc, nemá atmosféru, rotuje velmi pomalu, povrchová teplota $430\text{ °C} / -170\text{ °C}$

Venuše

- nazývaná také Jitřenka nebo Večernice, 3. nejjasnější objekt na obloze, v dalekohledu srpek – jeví fáze
- má velmi hustou atmosféru, povrchová t 470 °C

Mars

- řídká atmosféra se stopami vody, t mezi -90 °C a 0 °C , délka dne skoro jako na Zemi; 2 měsíce

Velké planety

- nemají pevný povrch, jsou tvořeny vodíkem a heliem

Jupiter

- má mnoho měsíců, první čtyři Io, Ganymed, Callisto a Europu objevil Galileo Galilei 1610

Saturn

- je znám svým prstencem, dobře viditelným v dalekohledu

Uran

- zajímavost: osa rotace leží v rovině oběžné dráhy

Neptun

7.2 Hvězdy a galaxie

Objekty

- Sluneční soustava „končí“ tzv. Oortovým oblakem
- poloměr Sluneční soustavy řádově 100 000 UA
- tedy průměr Sluneční soustavy je zhruba 1 pc
- nejbližší hvězda od SS: Proxima Centauri (1,3 pc)
- Galaxie (Mléčná dráha) – 1 z hvězdných ostrovů uvnitř pustého Vesmíru, má tvar disku o průměru 28 000 pc (přibližně 100 000 světelných let)
- počet hvězd v naší Galaxii $> 200\ 000$, většina jich je v plochém disku (obrovské CD), méně v halu

Měření vzdáleností ve vesmíru

astronomická jednotka AU (astronomical unit)

- střední vzdálenost Země - Slunce
- $1 \text{ AU} = 149\,597\,870\,691 \pm 30 \text{ m}$
- přibližně $1 \text{ AU} \approx 150$ milionů kilometrů

parsek pc (paralaxa sekunda)

- je vzdálenost, ze které vidíme úsečku o délce 1 AU pod úhlem o velikosti $1''$
- $1 \text{ pc} \approx 206\,265 \text{ AU} \approx 31$ bilionů kilometrů

světelný rok ly (light year) $\approx 9,46$ bilionu kilometrů
 $1 \text{ ly} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ m}$; $1 \text{ pc} \approx 3,262 \text{ ly}$

Hvězdy hlavní posloupnosti

Vývoj hvězdy

- hvězdy typu našeho Slunce vznikají společně se svou planetární soustavou z hvězdné mlhoviny
- hlavní součástí látky v mlhovině je vodík
- při dostatečném smrštění látky a tlaku se zažehne termionukleární reakce (vodík > helium)
- po „vyhoření“ paliva (vodíku) reakce na chvíli vyhasne, dojde ke smrštění hvězdy, ale tím se zažehne reakce, při níž vznikají těžší prvky (např. uhlík, dusík, kyslík), ze Slunce se stane **rudý obr**

Konečná stádia vývoje hvězd

Naše Slunce

- po vyhasnutí všech termojaderných reakcí bude chladnout, smršťovat se a skončí jako **bílý trpaslík**

O něco hmotnější hvězdy

- Než naše Slunce se budou smršťovat dál tak silně, až se atomy zhroutí do jader a vznikne „superjádru“ složené ze samých neutronů ... **neutronová hvězda**
- když neutronová hvězda vyzařuje elmg. záření a rotuje, vnímáme to na Zemi jako radiové pulsy, takovou zvlášť hvězdu nazýváme pulsar

Konečná stádia vývoje hvězd

O hodně hmotnější hvězdy

- se hroutí ještě dál. Všechna látka se zhroutí do bodu ve Vesmíru v němž je tak silná gravitace, že ani fotony (částice světla) z něj nemohou uniknout.
- objekt, který vznikl se nazývá **černá díra**
- superhmotné černé díry jsou velmi pravděpodobně ve středu většiny galaxií a také ve středu naší Galaxie (Mléčné dráhy)

Typy hvězd a jejich vývoj

Typy hvězd

- jsou velmi rozmanité, my jsme se zabývali jen hvězdami, které jsou podobné našemu Slunci
- ve Vesmíru jsou velmi časté dvojhvězdy, obecně systémy složené z více hvězd
- dvojhvězdy mají často velmi bouřlivý vývoj (exploze vedoucí ke vzniku nov a supernov)

Vesmír

- o Vesmíru stále mnoho nevíme ...

Určeno pro prezentaci přednášky Vybrané kapitoly z fyziky pro studenty OVP.

Byly použity materiály z <http://www.musilek.eu/fyzika> , které vycházejí z učebnice

Ivan Štoll: Fyzika pro netechnické obory SOŠ a SOU, Prometheus, Praha 2001