

Hroziienka z histórie fyziky prvej polovice 20. storočia


Slovenskí učitelia v CERNe

22. – 28. Apríl 2007

Ján Pišút




Obsah

- 1. Čo bolo známe do 1905
 - 2. Relativita
 - 3. Kvantová mechanika
- 



1. Čo bolo známe do 1905


- Klasická mechanika
 - Maxwell
 - Elektrón 1897 J. J. Thomson
 - Fotoelektrický jav (1887 Hertz – 1903 Philipp Lenard), Šebesta, Bratislavská reálka, Virgil Klatt
 - Planckova formulka pre tepelné žiarenie (1900, 14. December 1900)
- 

Čo bolo známe do 1905

- Experiment Michelson – Morley
- Predstava o atóme – pudingový model, Thomson 1903, predtým podobné Kelvin, Nagaoka (prstenec Saturnu) problém stability – k tomu neskôr Bohr
- Rádioaktivita, Becquerel, manželka Curieovci, Rutherford 1898 – častice alfa a beta, neskôr (P.Villard) aj gama




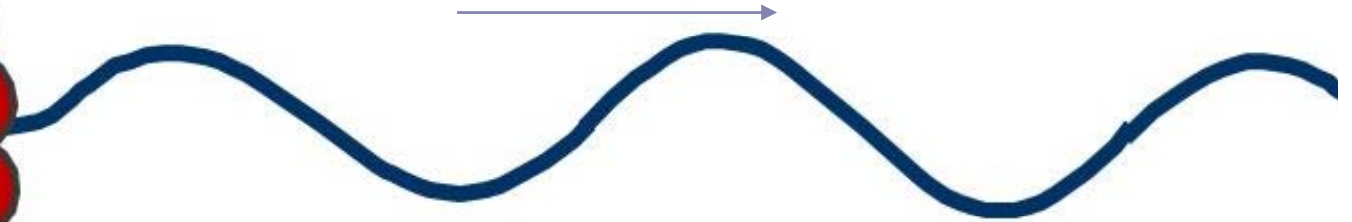
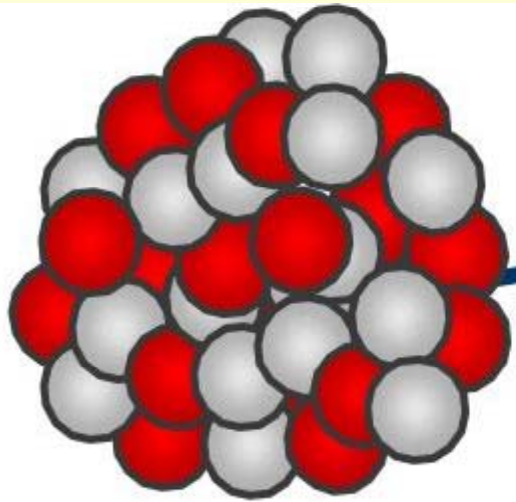
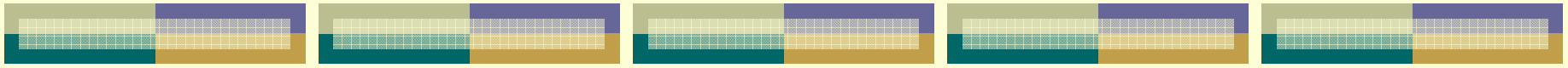
Hroziienka – a čo s nimi

- Po zázračnom roku 1905 prišla relativita a začiatky dlhej cesty kvantovej mechaniky.
 - Nebudem sa snažiť o podrobnosti, skôr sa pokúsim ukázať, kde sa niektoré z objavov využívajú dnes
- 



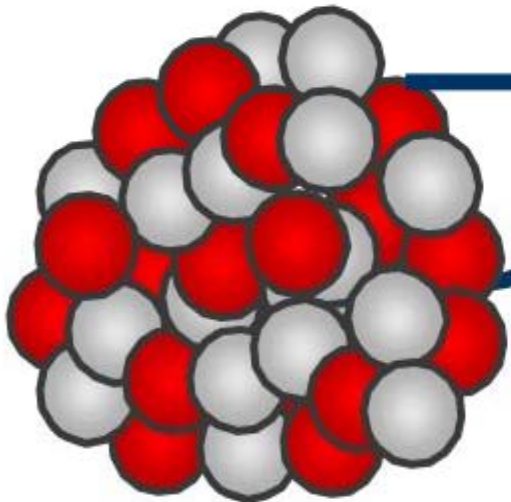
2. Relativita

- Dva experimentom naznačené postuláty
 - 1. Konštantná a maximálna rýchlosť svetla v inerciálnych sústavách
 - 2. Ekvivalentnosť všetkých inerciálnych sústav
 - ŠTR fascinuje ľudí tým, že je „proti zdravému rozumu“, postulát 1. určite je proti nemu a potom vedie k výsledkom, ktoré sú proti nemu tiež. To by sa pri vyučovaní malo zdôrazniť.
- 




c

v



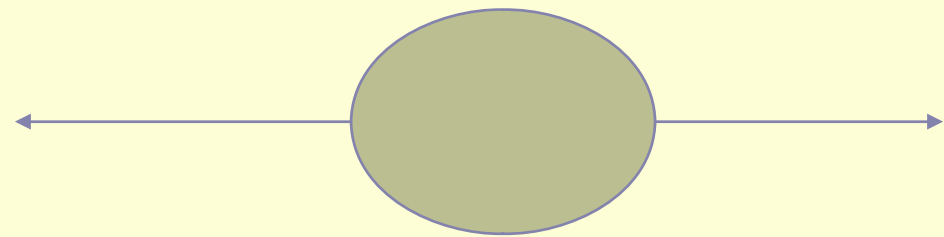


Dve cesty k ŠTR

- Lorentzove transformácie – pôvodný Einsteinov článok
 - Myšlienkové experimenty – viacero Einsteinových prác, použité v F4G, podrobne v diplomovke Marty Ráczovej 1978
- 



$$E = mc^2$$



Foton

Foton

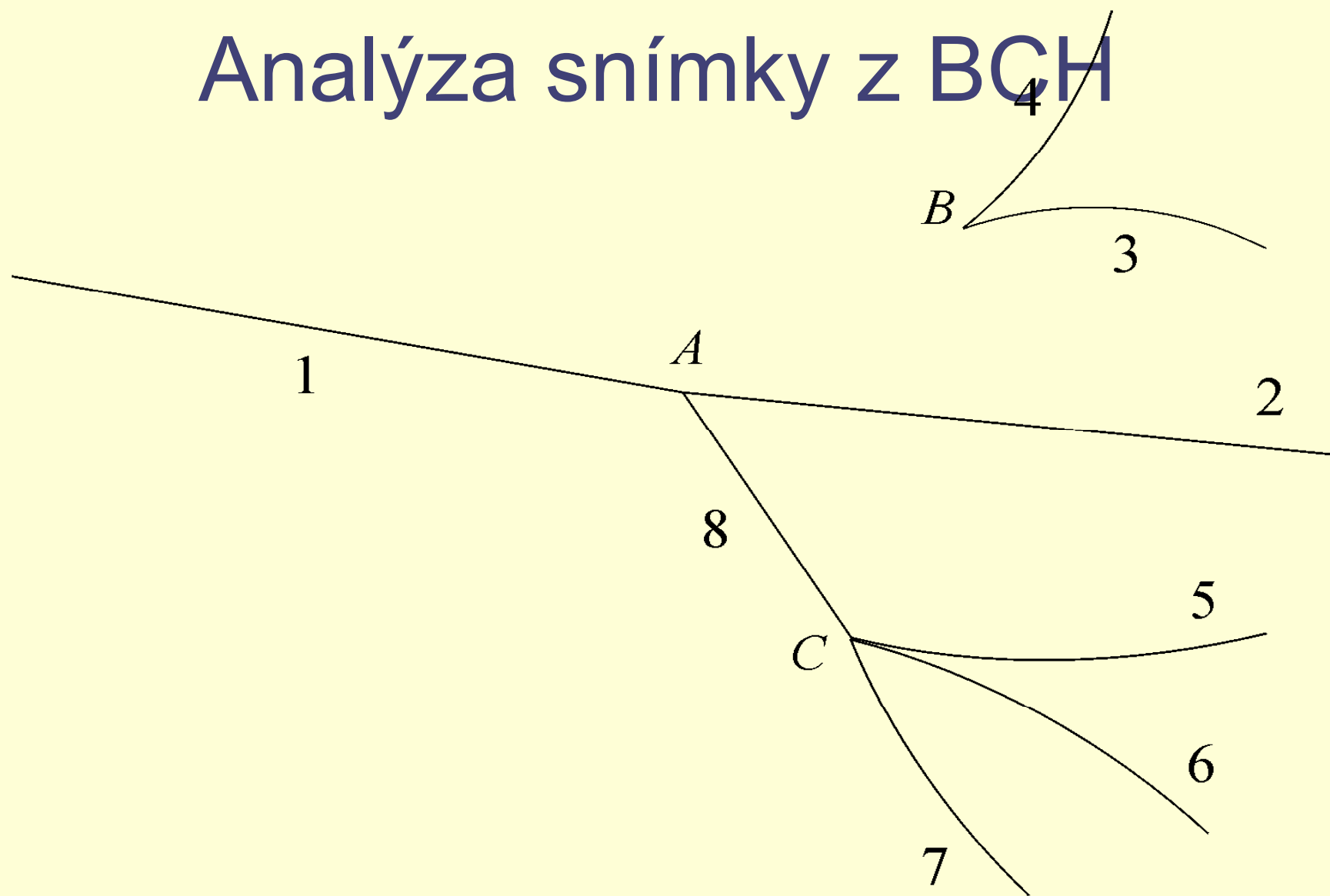
e^+e^-

$$E = mc^2$$

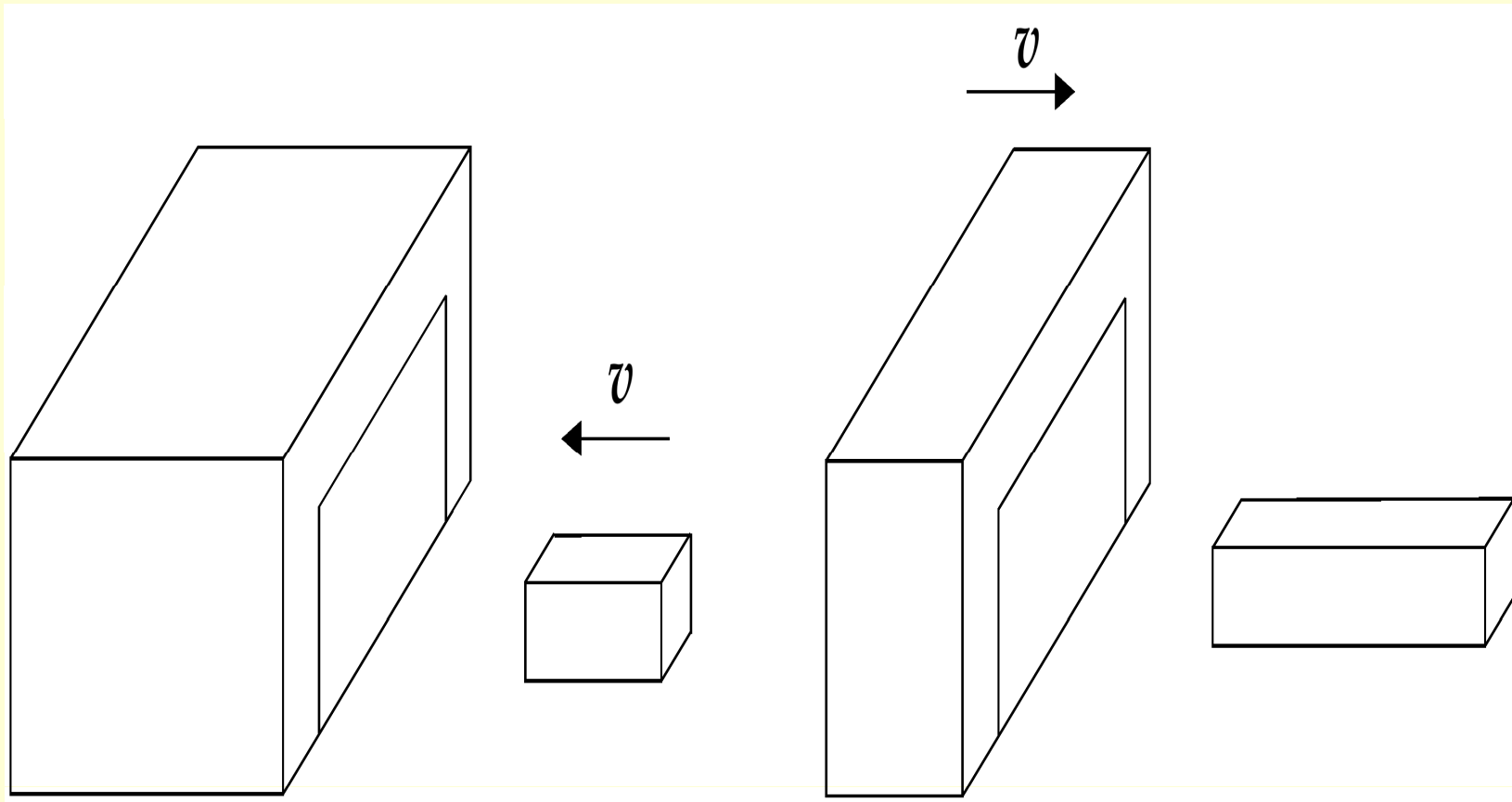
Ak v pohybe dole
aj odmocnina
cez Dopplerov jav



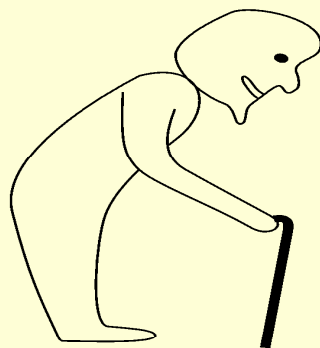
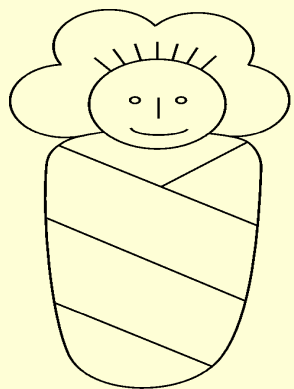
Analýza snímky z BCH



Paradoxy ŠTR - garáž



Paradox dvojčiat




Pokusy o vyvrátenie ŠTR

- Je ich veľa, len málo fyzikov si nájde čas, aby na články odpovedali
- Pre časticových fyzikov je ŠTR súčasťou remesla, bez nej by to nefungovalo
- Rozprávka – Mike a Phil




3. Kvantová mechanika

- Fotón
 - Rutherfordov experiment
 - Bohrov model
 - Spin elektrónu a Pauliho princíp
 - Schroedingerova rovnica
 - Diracova rovnica, predpoved' pozitronu, anihilácia $e^+ e^-$
- 




Kvantová mechanika a ranný vek častíc

- Objav neutrónu a štruktúra jadier
 - Predpoveď neutrína
 - Yukawova predpoveď piónu
 - Obdobie štúdia kozmických lúčov
- 



Kvantová mechanika

- Fotón – Planck naň neveril ani v roku 1914, všeobecne prijaté až po Comptonovom experimente, celkom jasné až po Bose – Einstein
 - Rutherfordov experiment (podrobne článok Štefana Olejníka), problém so stabilitou atómu
- 

Kvantová mechanika – pokr.

- Bohrov model – dva postuláty, geniálne uhádnuté, ale bez hlbšieho zdôvodnenia
- 1. Stabilné sú len niektoré stavy
- 2. Pri preskoku medzi nimi

$$E(m) - E(n) = hf$$

Problém s pravdepodob. prechodov

Kvantová mechanika – pokr.

- Pauliho princíp a spin elektrónu – problém s vysvetlením periodickej tabuľky – úplné vysvetlenie až po SchR
- Spin – dvojhladinová sústava, najjednoduchší systém, QM popis všetkých 2-hladinových systémov je rovnaký
- Dnes Qubity v kvantových počítačoch

Kvantová mechanika - pokr

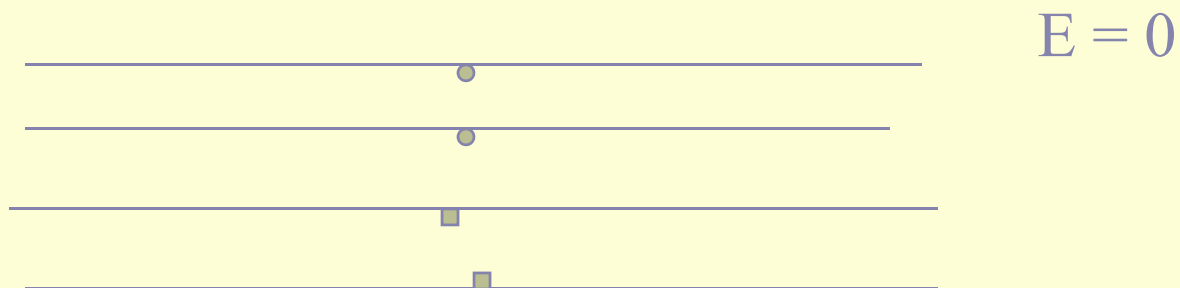
- Niekedy sú snahy akosi ju „priblížiť“ študentom už na G – analógie so stojatými vlnami a pod. Asi to nemá zmysel.
- Čo má zmysel je ukázať pekné obrázky
Odskok neskôr do iného programu.

Kvantová mechanika – relat.

- Diracova rovnica je relativistická, kvôli

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$$

Má aj riešenia so zápornou energiou




Kvant. mechanika – rel. pokr.

- Dirac: v stave s najnižšou energiou (vákuum) sú všetky stavy so zápornou energiou obsadené
- Ak vákuu dodáme energiu, môže jeden elektrón s $E < 0$ skočiť do stavu s kladnou energiou, vznikne jeden elektrón a jedna diera (pozitrón s $Q > 0$ a s $E > 0$), naopak - anihilácia




Kvant. mech. rel. pokr.

- Pozitrón je antičástica k elektrónu, každá částica so spinom $\frac{1}{2}$, ... má svoju antičásticu:
 - Elektrón – pozitron
 - Protón – antiprotón (objavený 1956)
 - Látka: protón – elektrón (vodík)
 - Antilátka: antiprotón – pozitron (antivodík, CERN)
- 



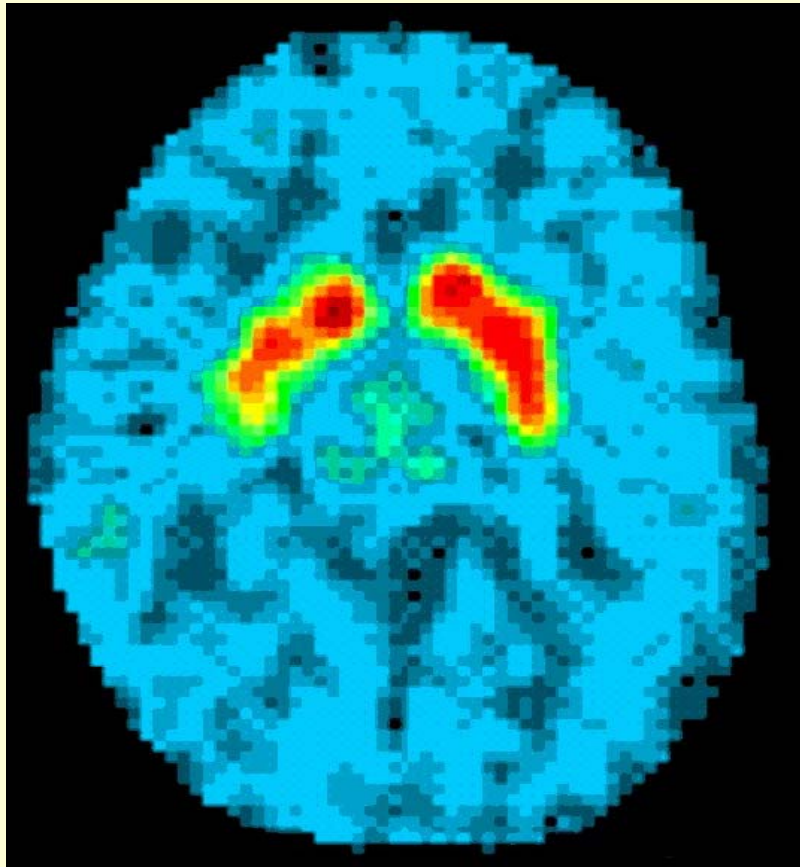
Kvant. mech. rel. pokr.

- Kvantová elektrodynamika je „symetrická“ ak zameníme elektróny za pozitrony a fotón za fotón (častice za antičastice) tzv. C – symetria
 - Problém s Big Bangom – prečo je vo Vesmíre viac častíc ako antičastíc, slabé narušenie C – symetrie.
- 

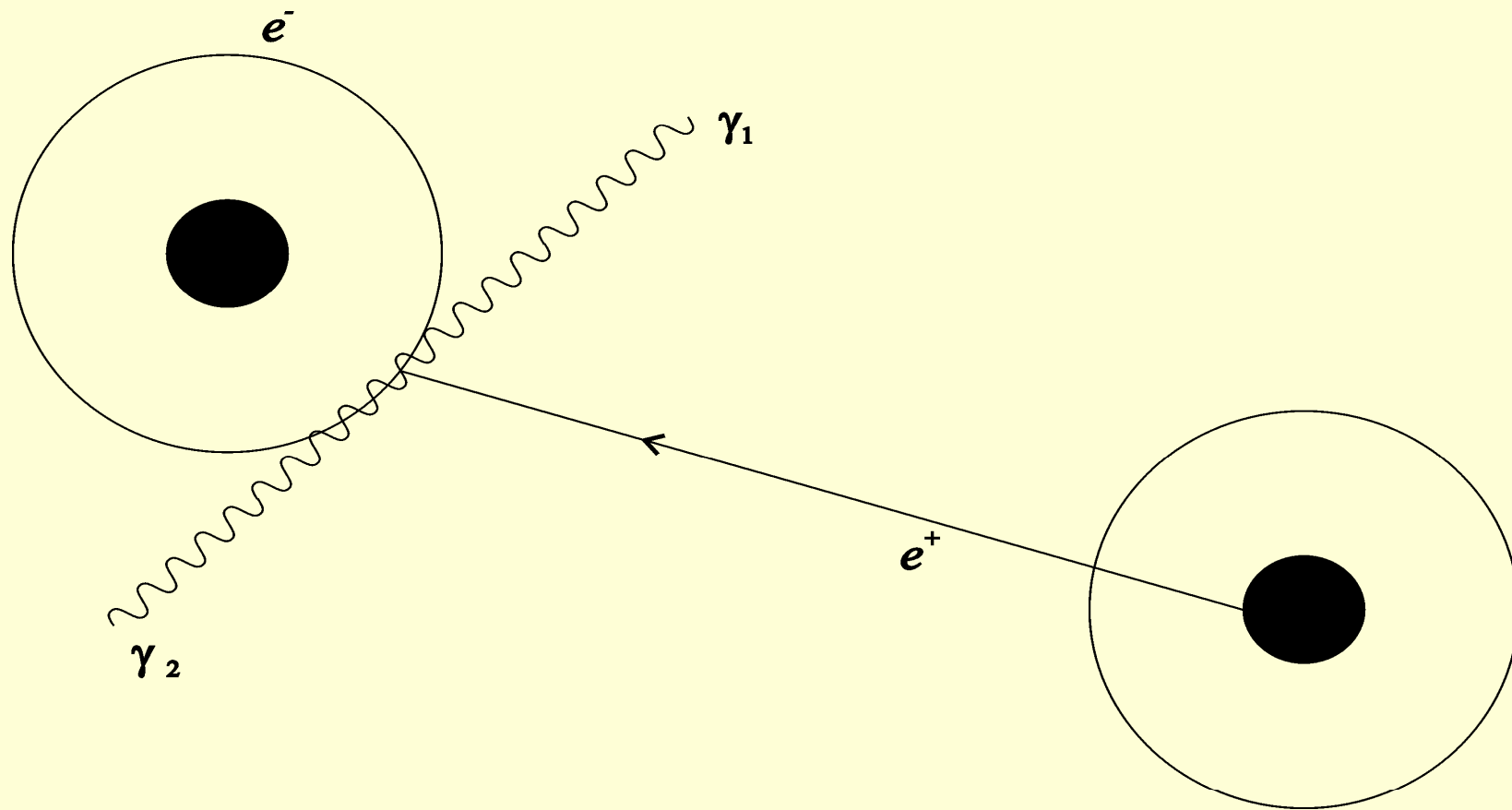
Anihilácia v praxi - PET



Anihilácia v praxi – PET 2

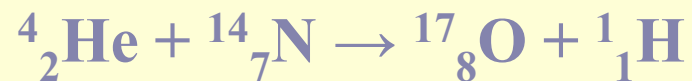


Anihilácia v praxi – PET 3



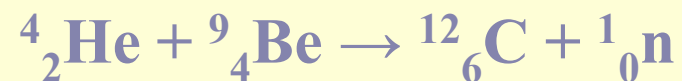
Prvá jadrová premena

- Začiatkom 20 rokov Rutherford a spolupracovníci v hmlovej komore pozorovali premenu jadra dusíku na jadro kyslíku



Objav neutrónu

● Irena Curie a F. Joliot Curie 1932

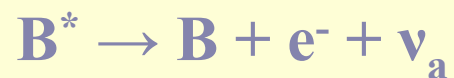


Chadwick ukázal, že neutrón má hmotnosť podobne veľkú ako protón, zdrojom alfa častíc v týchto reakciách bola radioaktívna látka v ampulke(1932).

V roku 1932 Cockroft a Walton – prvý urýchľovač s energiou asi 1MeV.


Predpoved' neutrína

- Koncom 20 – tych rokov existoval dôkladný experimentálny materiál o slabých (pomalých) rozpadoch jadier. Prvé interpretácie vychádzali z prvej z nasledujúcich rovníc, Pauli navrhol druhú z nich





Predpoved' neutrína 2

- Pauli tím navrhol existenciu novej častice a trval na tom, že energia v reakcii sa zachováva.
 - Ospravedlnil sa kolegom za to, navrhuje vysvetliť zachovanie energie nepozorovateľnou časticou.
 - Neutríno bolo pozorované (nepriamo J.S.Allen 1942) a (priamo F. Reines a C.L.Cowan 1956)
- 


Yukawova predpoved' piónu

- Väzbová energia jadra je približne úmerná počtu nukleónov (neutrónov a protónov) v jadre.
- Preto asi každý nukleón interaguje len so svojimi susedmi – jadrové sily sú krátkodosahové

$$\Delta r \approx 10^{-15} \text{m}$$




Yukawova predpoved' piónu 2

- Predpoklad: Jadrové sily sú spôsobené výmenou častíc (tak ako elektrické výmenou fotónov)
 - Čím sú vymieňané častice ťažšie, tým je dosah síl kratší (dá sa aj kvantitatívne odhadnúť)
 - Pozorovaný dosah jadrových síl sa dá vysvetliť existenciou častice asi 280 krát ťažšou ako elektrón
- 



Yukawova predpoved' piónu 3

- Yukawov pión (predpoved' 1938) by musel silne interagovať s nukleónmi.
 - Experimenty so špeciálnymi vrstvami emulzií (ako pre filmy) v kozmickom žiarení skoro po 2. svetovej vojne.
 - Najprv sa našiel mión, ktorý interaguje len slabo a elektromagneticky, napokon aj pión.
 - Neskôr sa ukázalo, že pión aj mión sú zložené častice a všetko je komplikovanejšie.
- 




Slovensko v CERNe

 Necháme na diskusie





CD k Hrozienkam

- Učebnica a zbierka úloh z QM pre FMFI
 - Populárna knižka o atómoch a kvantovaní
 - Referáty študentov MF a TF
 - Nedokončená história fyziky (elektrodynamika, jadro, častice)
 - Iné
- 



Ďakujem vám za pozornosť

