Urýchľovačová fyzika

(letný semester 2014)

vyučujúci: ***M.Gintner, I.Melo***
prednáška: *2 hod/týždeň*
cvičenie: *2 hod/týždeň*

<u>odporúčaná literatúra</u>:

M. Bombara, ***M. Gintner, I. Melo****:*

Invitation to Elementary Particles

ISBN 978-80-554-0620-6, January 2013, EDIS Zilina

Malé a rýchle

Newtonova mechanika: $v \ll c$, $x \gg$ atóm

$\cancel{v \ll c}$ → teória relativity

$x \leq$ atóm → kvantová mechanika

malé a rýchle ⇒ relativistické a kvantové

Kvantová teória poľa

Čo sú častice?

Newton: častice sú pomalé guličky ($v \ll c$)

QM: častice nie sú guličky, správajú sa aj ako vlny

pomalé častice ($v \ll c$)

ich počet sa nemôže meniť

ŠTR: existuje maximálna rýchlosť

hmotnosť sa nezachováva

QTP = QM + ŠTR:

častice sú stavmi fyzikálnych polí

každý typ častice má svoje fyzikálne pole, vypĺňujúce vesmír

častice môžu vznikať, zanikať, počet sa nezachováva

Zvláštnosti mikrosveta

Newtonov svet		Mikrosvet
- zmena hybnosti $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$	sila (*interakcia*)	- zmena hybnosti - zánik a vznik častíc
- zachováva sa	hmotnosť	- nezachováva sa $E = mc^2$ - ∃ nulová hmotnosť
- jednoznačná	predpoveď	- pravdepodobnostná

Zvláštnosti mikrosveta

Klasická fyzika

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\vec{p} = m \vec{v}$$

Relativita

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + \vec{p}^2 c^2} = \gamma m c^2$$

$$\vec{p} = \gamma m \vec{v}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}, \quad \beta = v/c$$

Dve dôležité čísla

Skúsenosť: každý fyzikálny jav závisí na malom počte fyzikálnych veličín a konštánt

Rozmerová analýza

príklad: matematické kyvadlo

pre akékoľvek m.k.:

dôležitá konštanta je $g = 9.81\ m/s^2$

dôležitá veličina je jeho dĺžka

Dve dôležité čísla

čo sú dôležité čísla pre popis mikrosveta?

malé → **Planckova konštanta**

rýchle → **rýchlosť svetla**

$h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js

$\hbar = h/2\pi = 1.055 \times 10^{-34}$ Js

$c = 299\,792\,458$ m/s

<u>Príklad:</u> Odhadnite, či je rýchlosť elektrónu v atóme vodíka zanedbateľná voči rýchlosti svetla. Porovnajte jeho kinetickú energiu s jeho pokojovou energiou.

Dve dôležité čísla

relativistické efekty možno zanedbať, ak dominantnú časť energie telesa tvorí jeho pokojová energia

- kinetická, väzbová, … energia sú popri pokojovej energii zanedbateľné

Príklad: Spočítajte pokojovú energiu telesa o hmotnosti 1 kg. Ako dlho by trvalo elektrárni o výkone 400 MW vyprodukovať takéto množstvo energie?

Príklad: Pri akej rýchlosti je kinetická energia telesa rovná jeho pokojovej energii?

Prirodzené jednotky pre "malé" a "rýchle"

$$\boxed{\hbar = c = 1}$$

- v tejto "prirodzenej" sústave sú jednotky pre dĺžku, čas a hmotnosť previazané

$$[L] = [T] = [M]^{-1} = \ldots = [E]^{-1}$$

napr.:

$$1\ s \approx 3 \times 10^{8}\ m$$

$$1\ kg \approx 2.83 \times 10^{42}\ m^{-1}$$

avšak: <u>metre nie sú prirodzená voľba</u> pre mikrosvet

Prirodzené jednotky pre "malé" a "rýchle"

prirodzené etalóny by mali pochádzať z mikrosveta

napr.:

- energia základného stavu atómu vodíka
- hmotnosť elektrónu
- ...

elektrónvolt (eV)

- technicko-historické dôvody

1 eV = prírastok celkovej energie elektrónu urýchleného elektrickým poľom medzi bodmi s potenciálovým rozdielom 1 V.

$$E = e\,U \approx 1.6 \times 10^{-19}\,C \times 1\,V = 1.6 \times 10^{-19}\,J \approx 1\,eV$$

Prirodzené jednotky pre "malé" a "rýchle"

$$1\ eV = e_{SI}\ J \approx 1.6 \times 10^{-19}\ J$$

$$1\ J = \frac{1}{\hbar_{SI} \cdot c_{SI}}\ m^{-1} \qquad 1\ eV = \frac{e_{SI}}{\hbar_{SI} \cdot c_{SI}}\ m^{-1}$$

$$[L]^{-1} = [T]^{-1} = [M] = eV$$

$$1\ s = \frac{e_{SI}}{\hbar_{SI}}\ eV^{-1} \qquad 1\ kg = \frac{c_{SI}^2}{e_{SI}}\ eV$$

$$1\ m \approx 5.03 \times 10^{6}\ eV^{-1}$$

$$1\ s \approx 1.51 \times 10^{15}\ eV^{-1}$$

$$1\ kg \approx 5.63 \times 10^{35}\ eV^{-1}$$

Prirodzené jednotky pre "malé" a "rýchle"

"$\hbar = c = 1$" + "elektrónvolty"

$$E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2 \longrightarrow [M] = [p] = [E] = eV$$

$$\downarrow$$

$$[L] = [T] = eV^{-1}$$

$E_0^{Hydrogen} = -13.6$ eV

$m_e = 0.511$ MeV

$m_{prot} \approx 1$ GeV