

1. pisni izpit iz Fizike jedra in osnovnih delcev

14. julij 2006

1)

Pri sipanju elektronov z gibalno količino $60 \text{ MeV}/c^2$ na jedru Berilija ($Z=4$, $A=9$) znaša diferencialni sipalni presek pri sipalnem kotu 40° $d\sigma/d\Omega=0,12 \text{ } \mu\text{b}$. Kolišen je povprečen kvadrat radija porazdelitve naboja v jedru?

2)

Zapiši nukleonsko konfiguracijo jedra ${}_{20}^{41}\text{Ca}$ v lupinskem modelu ob upoštevanju sklopitve spin-tir. Kakšna je jakost te sklopitve, če sta nivoja $f_{7/2}$ in $f_{5/2}$ razmaknjena za $2,6 \text{ MeV}$?

3)

Kakšen je v kvarkovskem modelu dipolni magnetni moment bariona Ω^- , sestavljenega iz treh kvarkov s ? Masa kvarka s je približno $0,5 \text{ GeV}/c^2$.

4)

Masa leptona τ znaša $1,78 \text{ GeV}/c^2$. Napovej njegov življenjski čas v okviru spektatorskega modela.

5)

Kakšen je diferencialni sipalni presek za elastično sipanje $e^+v_e \rightarrow e^+v_e$ v težiščnem sistemu? Računaj v ultrarelativističnem približku. Kakšen je ta presek pri sipalnem kotu $\theta=\pi$? Utemelji brez uporabe računa.

Konstante: $\alpha=e_0^2/4\pi\epsilon_0hc=1/137$, $hc=197 \text{ MeV fm}$, $m_e c^2=0,51 \text{ MeV}$

Nivoji v lupinskem modelu z upoštevanjem sklopitve spin-tir:

$1s_{1/2}$, $1p_{3/2}$, $1p_{1/2}$, $1d_{5/2}$, $2s_{1/2}$, $1d_{3/2}$, $1f_{7/2}$, $2p_{3/2}$, $1f_{5/2}$, ...

Pisni izpit iz Fizike jedra in osnovnih delcev

17. oktober 2006

1) Kolikšna je težiščna energija trka dveh protonov, če je energija posameznega žarka 7 TeV ? Izračunaj za dva primera: a) trk pospešenega protona z mirujočo tarčo; b) trk dveh pospešenih protonov. Masa protona je $938 \text{ MeV}/c^2$.

2) Zapiši nukleonsko konfiguracijo jedra ${}_{20}^{41}\text{Ca}$ v lupinskem modelu, katerega stanja so podana spodaj. Kakšne možnosti spinov tega jedra predvidevaš v lupinskem modelu? V katerih mejah leži dipolni magnetni moment tega jedra? Spinsko giromagnetno razmerje za protone znaša $5,6$, za nevtrone pa $-3,8$.

Energijski nivoji nukleonov v lupinskem modelu: $1s_{1/2}$ $1p_{3/2}$ $1p_{1/2}$ $1d_{5/2}$ $2s_{1/2}$ $1d_{3/2}$ $1f_{7/2}$

3) Opazujemo presek za $K^- p \rightarrow K^- p$, kjer vpadni K^- trkajo z mirujočimi protoni. Opazimo resonanco pri težiščni energiji trka 1660 MeV. Kolikšen je spin resonance, če je maksimalen resonančni presek 0,24 mb? Kakšno razmerje presekov za $K^- p \rightarrow K^- p$ in $K^- n \rightarrow K^- n$ pričakuješ, če ima opažena resonanca izospin 1? Masa nabitega kaona znaša 494 MeV/c², nukleonov pa približno 939 MeV/c². Spin protonov je 1/2, kaoni so brezspinski; izospin nukleonov in kaonov je 1/2. Clebsch-Gordanovi coef. so priloženi.

4) Razpadna širina za razpad $B^0 \rightarrow D^- e^+$ v znaša v spektatorskem modelu $G_F^2 M_b^5 |V_{cb}|^2 / 192 \pi^3$. Nariši Feynmanov diagram za ta razpad. Kakšne druge razpadne kanale predvidevaš? Kakšen je torej ocenjen razpadni čas mezona B^0 (vse računaj v spektatorskem modelu, mase nastalih delcev lahko zanemariš v primerjavi z maso B^0). Vrednosti elementov matrike CKM so priložene.

35. CLEBSCH-GORDAN COEFFICIENTS, SPHERICAL HARMONICS, AND d FUNCTIONS

Note: A square-root sign is to be understood over every coefficient, e.g., for $-8/15$ read $-\sqrt{8/15}$. Notation: $\begin{matrix} J & J & \dots \\ M & M & \dots \end{matrix}$

$1/2 \times 1/2$ $\begin{matrix} 1 & & & & \\ +1/2 & 1 & & & \\ -1/2 & 0 & 0 & & \\ & 0 & 0 & & \\ & -1/2 & -1/2 & & \\ & & -1/2 & -1/2 & \\ & & & -1/2 & -1/2 & 1 \end{matrix}$ $Y_0^0 = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta$ $2 \times 1/2$ $\begin{matrix} 5/2 & & & & & & \\ +5/2 & & & & & & \\ & 5/2 & 3/2 & & & & \\ & -3/2 & +3/2 & & & & \\ & & & 5/2 & 3/2 & & \\ & & & -3/2 & -3/2 & & \\ & & & & & 5/2 & 3/2 \\ & & & & & -3/2 & -3/2 & 1 \end{matrix}$ Coefficients $\begin{matrix} m_1 & m_2 \\ m_1 & m_2 \\ \dots & \dots \\ \dots & \dots \end{matrix}$

$1 \times 1/2$ $\begin{matrix} 3/2 & & & & & & \\ +3/2 & & & & & & \\ & 3/2 & 1/2 & & & & \\ & -1/2 & 1/2 & & & & \\ & & & 3/2 & 1/2 & & \\ & & & -1/2 & -1/2 & & \\ & & & & & 3/2 & 1/2 \\ & & & & & -1/2 & -1/2 & 1 \end{matrix}$ $Y_1^0 = -\sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta e^{i\phi}$ $Y_2^0 = \sqrt{\frac{5}{4\pi}} \left(\frac{3}{2} \cos^2 \theta - \frac{1}{2} \right)$ $Y_2^1 = -\sqrt{\frac{15}{8\pi}} \sin \theta \cos \theta e^{i\phi}$ $Y_2^2 = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{15}{2\pi}} \sin^2 \theta e^{2i\phi}$ $3/2 \times 1/2$ $\begin{matrix} 3 & & & & & & \\ +3 & & & & & & \\ & 3 & 2 & & & & \\ & -2 & 1 & & & & \\ & & & 3 & 2 & & \\ & & & -2 & -1 & & \\ & & & & & 3 & 2 & 1 \\ & & & & & -2 & -1 & -1 & 1 \end{matrix}$

$$V_{CKM} \equiv V_L^u V_L^{d\dagger} = \begin{pmatrix} V_{ud} & V_{us} & V_{ub} \\ V_{cd} & V_{cs} & V_{cb} \\ V_{td} & V_{ts} & V_{tb} \end{pmatrix}$$

$V_{CKM} =$

$$\begin{pmatrix} 0.97383_{-0.00023}^{+0.00024} & 0.2272_{-0.0010}^{+0.0010} & (3.96_{-0.09}^{+0.09}) \times 10^{-3} \\ 0.2271_{-0.0010}^{+0.0010} & 0.97296_{-0.00024}^{+0.00024} & (42.21_{-0.80}^{+0.10}) \times 10^{-3} \\ (8.14_{-0.64}^{+0.32}) \times 10^{-3} & (41.61_{-0.78}^{+0.12}) \times 10^{-3} & 0.999100_{-0.000004}^{+0.000034} \end{pmatrix}$$

1. kolokvij iz Fizike jedra in osnovnih delcev

16. januar 2006

1) V semiempirični masni enačbi, ki podaja vezavno energijo jedra kot

$$W_{vez} = w_0 A + w_1 A^{2/3} + \dots,$$

predstavlja prvi člen povprečno energijo posameznega nukleona. Če nukleone

obravnavamo kot Fermijev plin je w_0 povezan s Fermijevo energijo E_F . Predpostavimo,

da ugotovimo, da prvi člen v zgornji enačbi ni $\propto A$, pač pa $\propto A^{2/3}$ (torej w_0 ni neodvisen

od masnega števila A). Kakšna bi morala biti odvisnost radija jedra od A (namesto pogosto uporabljene $r = r_0 A^{1/3}$), da bi dobili tako odvisnost?

2) Pri sipanju elektronov z gibalno količino $60 \text{ MeV}/c^2$ na jedru Berilija ($Z=4, A=9$) znaša diferencialni sipalni presek pri sipalnem kotu 40° $d\sigma/d\Omega=0,10 \text{ } \mu\text{b}$. Kolikšen je »radij« jedra (r_0), če predpostavimo eksponentno porazdelitev naboja v njem: $\rho(r) \propto \exp(-r/r_0)$?

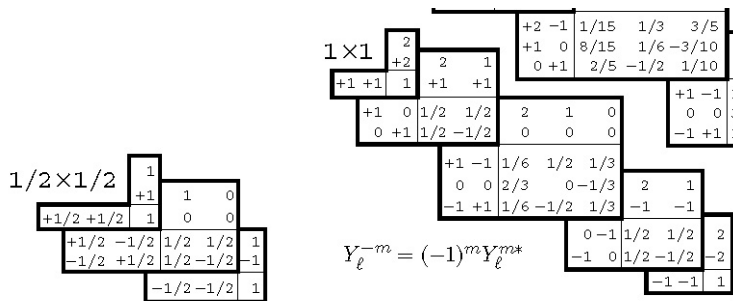
3) Zapiši nukleonsko konfiguracijo jedra ${}_{20}^{41}\text{Ca}$ v lupinskem modelu s končnim potencialom in upoštevanju sklopitve spin-tir. Kakšen je pričakovan dipolni magnetni moment tega jedra, če je spinsko giromagnetno razmerje za nevtrone $-3,8$?

4) Pri sipanju p in mezona K^- opazimo izrazito resonanco Λ , katere izospin je enak 0. Leta lahko razpada v končna stanja $p K^-, n K^0, \Sigma^+ \pi^-, \Sigma^0 \pi^0$ in $\Sigma^- \pi^+$. Kakšno je pri tej energiji razmerje sipalnih presekov $p K^- \rightarrow n K^0, \Sigma^+ \pi^-, \Sigma^0 \pi^0$ in $\Sigma^- \pi^+$, če predpostaviš, da procesi potekajo izključno preko omenjene resonance? Izospini posameznih hadronov so navedeni spodaj.

	I	I ₃
π^-, π^0, π^+	1	-1, 0, 1
$\Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+$	1	-1, 0, 1
K^-, K^0	1/2	-1/2, 1/2
n, p	1/2	-1/2, 1/2

Konstante:

$$a=e_0^2/4\pi\epsilon_0hc=1/137, hc=197 \text{ MeV fm}, m_e c^2=0,51 \text{ MeV}$$



2. kolokvij iz Fizike jedra in osnovnih delcev

9. junij 2006

1) Napovej maso bariona Δ^+ v kvarkovskem modelu (sestavljeno iz kvarkov uud, spini kvarkov sestavljeni v 3/2), če poznaš maso protona ($938 \text{ MeV}/c^2$) ter približno maso

kvarka u ($350 \text{ MeV}/c^2$). Računaj v približku, v katerem sta masi kvarkov u in d približno enaki.

Kakšen pa je v istem modelu dipolni magnetni moment bariona Δ^{++} ?

2) Kakšno je razmerje razpadnih širin za razpada $B^0 (b d) \rightarrow \pi^- e^+ \nu_e$ in $D^+ (c d) \rightarrow \pi^0 e^+ \nu_e$ v spektatorskem modelu? Masa kvarka b je približno $4,5 \text{ GeV}/c^2$, kvarka c $1,2 \text{ GeV}/c^2$, obe pa sta dosti večji od mase kvarka d. Vrednost relevantnih elementov matrike CKM je $|V_{ub}|=0.003$, $|V_{cd}|=0.22$.

3) Kakšno je razmerje diferencialnih sipalnih presekov ($d\sigma/d\Omega$) za elektromagnetno sipanje $\pi^- K^- \rightarrow \pi^- K^-$ ter $K^- K^- \rightarrow K^- K^-$ pri sipalnem kotu 60° v težiščnem sistemu? Kakšna pa bi bila kotna porazdelitev za prvo sipanje, če bi imeli namesto fotona namišljen masiven delec velike mase M_γ , in bi bil »fotonski« propagator oblike $-i g^{\mu\nu}/(M_\gamma^2 - q^2)$? Računaj v limiti, kjer so gibalne količine delcev dosti večje od njihove mase, M_γ pa dosti večji od gibalnih količin.

4) Izračunaj γ_μ a b γ^μ !

5) Kdo je l. 1957 dobil Nobelovo nagrado za fiziko (iz področja teoretične fizike osnovnih delcev) in za kaj ☺?

1. kolokvij iz Fizike jedra in osnovnih delcev

19. januar 2007

1) Pri trku K^- s p v tarči opazimo resonanco v sipalnem preseku. Le-ta med drugim razpada v končna stanja $\Sigma^+\pi^-$, $\Sigma^0\pi^0$ in $\Sigma^-\pi^+$ z enako pogostostjo. Kakšen je izospin te resonance? Kakšna je njena masa, če je presek maksimalen pri gibalni količini kaona $395 \text{ MeV}/c$? Masa p je $938 \text{ MeV}/c^2$, kaona pa $494 \text{ MeV}/c^2$.

2) Pri sipanju π^- in p preko določenega vmesnega stanja (resonance) opazujemo kotno porazdelitev sipanih pionov. Kakšno kotno porazdelitev pričakuješ, če je spin vmesnega stanja $5/2$?

3) Mase mezonov D^+ (cd, spin 0), D^{*+} (cd, spin 1), D_s^+ (cs, spin 0) ter D_s^{*+} (cs, spin 1) so $1,87 \text{ GeV}$, $2,01 \text{ GeV}$, $1,97 \text{ GeV}$ ter $2,11 \text{ GeV}$. Na kakšno razmerje mas kvarkov s in d lahko sklepaš iz teh podatkov?

4) Izvrednoti izraz $\gamma^\mu \not{c} \not{o} \gamma_\mu$, kjer sta c in o poljubna četverca!

	I	S
π^-, π^0, π^+	1	0
$\Sigma^-, \Sigma^0, \Sigma^+$	1	1/2
K^-	1/2	0
p	1/2	1/2

35. CLEBSCH-GORDAN COEFFICIENTS, SPHERICAL HARMONICS, AND d FUNCTIONS

Note: A square-root sign is to be understood over every coefficient, e.g., for $-8/15$ read $-\sqrt{8/15}$.

Notation: $\begin{matrix} J & J & \dots \\ M & M & \dots \end{matrix}$

$1/2 \times 1/2$

1
+1/2 +1/2
1 0
0 0
-1/2 -1/2
-1

$1 \times 1/2$

3/2
+3/2
1 +1/2
1 -1/2
1/3 2/3
2/3 -1/3
3/2 1/2
-1/2 -1/2
0 -1/2
-1/2 2/3
1/3 -2/3
3/2

2×1

3
+3
3 2
-1 -1/2
1

$Y_1^0 = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta$

$Y_1^1 = -\sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta e^{i\phi}$

$Y_2^0 = \sqrt{\frac{5}{4\pi}} \left(\frac{3}{2} \cos^2 \theta - \frac{1}{2} \right)$

$Y_2^1 = -\sqrt{\frac{15}{8\pi}} \sin \theta \cos \theta e^{i\phi}$

$Y_2^2 = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{15}{2\pi}} \sin^2 \theta e^{2i\phi}$

$3/2 \times 1$

5/2
+5/2
5/2 3/2
3/2 3/2
1/5 4/5
4/5 -1/5
5/2 3/2
1/2 1/2
2/5 3/5
3/5 -2/5
5/2 3/2
-1/2 -1/2
0 -1/2
-1 +1/2
3/5 2/5
2/5 -3/5
5/2 3/2
-3/2 -3/2
-1 -1/2
-2 +1/2
4/5 1/5
1/5 -4/5
5/2
-2 -1/2
1

$2 \times 1/2$

5/2
+5/2
5/2 3/2
3/2 3/2
1/5 4/5
4/5 -1/5
5/2 3/2
1/2 1/2
2/5 3/5
3/5 -2/5
5/2 3/2
-1/2 -1/2
0 -1/2
-1 +1/2
3/5 2/5
2/5 -3/5
5/2 3/2
-3/2 -3/2
-1 -1/2
-2 +1/2
4/5 1/5
1/5 -4/5
5/2
-2 -1/2
1

$3/2 \times 1/2$

2
+2
2 1
1 1
-1 -1/2
-2 +1/2
1/4 3/4
3/4 -1/4
2 1
0 0
1/2 -1/2
1/2 1/2
2 1

J	J	\dots
M	M	\dots
m_1	m_2	
m_1	m_2	Coefficients
.	.	.
.	.	.

2. KOLOKVIJ IZ FIZIKE JEDRA IN OSNOVNIH DELCEV

5.6.2007

1. Izračunaj jakost sklopitve spin-tir, če veš da je razlika med energijskima nivojema $2d_{3/2}$ in $2d_{5/2}$ v $^{208}_{82}Pb$ enaka 1.35 MeV.
2. V drevesnem redu perturbacijskega razvoja izračunaj razpadni širini za procesa $W^+ \rightarrow \nu e^+$ in za $W^+ \rightarrow u\bar{d}$, pri čemer lahko upoštevaš, da je relevantni element CKM matrike $V_{ud} \simeq 1$. Masa bozona W^+ je $m_W = 80$ GeV, ostale mase lahko zanemariš. Kolikšno je razmerje razpadnih širin?
3. Izračunaj razpadni širini za procesa $t \rightarrow be^+\nu_e$ in $B \rightarrow \pi e^+\nu_e$, slednjega v spektatorskem modelu. Vrednosti CKM parametrov so $|V_{tb}| = 1$, $|V_{ub}| = 3.7 \cdot 10^{-3}$, mase so $m_t = 170$ GeV, $m_b = 4.8$ GeV. Mase fermionov v končnem stanju lahko zanemariš.
4. Jedro $^{238}_{92}U$ razpada prek radioaktivne verige $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + \alpha \rightarrow \dots \rightarrow ^{206}_{82}Pb$, pri čemer se v celotni razpadni verigi sprosti 8α delcev in 6β delcev. Z Weizscaekerjevo masno formulo oceni sproščeno energijo pri tem verižnem razpadu, pri čemer upoštevaj, da je vezavna energija helijevega jedra $W_v(^4_2He) = -28,3$ MeV, masa elektrona pa $m_e = 0.51$ MeV. Koliko urana bi potrebovali, da bi segreli 1 kg vode od $0^\circ C$ do $100^\circ C$, če se vsa sproščena energija pretvori v toploto potrebno za segrevanje ($c_p = 4200 J/kg$)?
5. Kolikšno je razmerje med diferencialnima presekomoma za elektromagnetno sipanje na jedru, če je naboj v jedru porazdeljen kot $\rho_1(r) = c_1(1 - \Theta(r - R))$ in $\rho_2(r) = c_2(1 - \Theta(r - R)) \cos(\frac{\pi r}{2R})$, če je sprememba gibalne količine jedra pri sipanju $q = \pi/(2R)$? Upoštevaj, da je v obeh primerih naboj jedra enak.

2. kolokvij iz Fizike jedra in osnovnih delcev

21. maj 2008

1) Za koliko odstotkov bi se spremenil življenjski čas leptona τ , če bi bil kvark c tako lahek, da bi lepton τ lahko razpadal v hadrone, sestavljene iz le-tega (v resnici lepton τ lahko razpada samo v hadrone, sestavljene iz kvarkov u , d in s). Potrebne konstante najdeš na dnu. Vse mase končnih delcev lahko zanemariš v primerjavi z maso τ .

2) Ali bi se asimetrija naprej-nazaj (A_{FB}) pri določeni težiščni energiji trka $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ spremenila, če bi bila nabita šibka interakcija oblike $\psi\gamma^\mu(c_V+c_A\gamma^5)\psi$ namesto $\psi\gamma^\mu(c_V-c_A\gamma^5)\psi$? Če se spremeni, napiši kako, če se ne, odgovor utemelji.

3) Nariši Feynmanov diagram za razpad $D_s^- \rightarrow \mu^- \nu_\mu$. Kakšna je razpadna konstanta mezona D_s (sestavljen iz kvarka c in s), če izmerjena razpadna širina za omenjen razpad znaša 8×10^{-6} eV (maso μ lahko zanemariš v primerjavi z maso D_s)? Razloži, zakaj bi bila razpadna širina za ta razpad enaka nič v primeru ničelne mase μ^- (spin mezona D_s je 0, spin miona in nevtrina pa $1/2$). Potrebne konstante najdeš na dnu.

4) Dva različna curka elektronov, z gibalnima količinama 100 keV in 10 MeV, se sipata na jedru s tipičnim radijem 4 fm. Kakšno je pričakovano razmerje diferencialnih sipalnih presekov pri sipalnem kotu 90° ?

$$|V_{ud}|=|V_{cs}|=0,97; |V_{us}|=|V_{cd}|=0,23;$$

$$G_F=1,17 \times 10^{-5} \text{ GeV}^{-2};$$

$$m(D_s)=1968 \text{ MeV}, m(\mu)=106 \text{ MeV};$$

$$hc=200 \text{ MeV fm}$$

Pisni izpit iz Fizike jedra in osnovnih delcev

11. junij 2008

1) V trku elektrona in pozitrona se tvori resonanca $Y(4S)$, ki razpade v par nevtralnih mezonov B (mase so podane spodaj). Kakšna je gibalna količina mezonov B v težiščnem sistemu? Kakšna pa bi morala biti gibalna količina protona, ki trči z drugim protonom v tarči, da bi bila težiščna energija trka enaka kot pri zgornjem trku e^+e^- ?

2) Pri določeni energiji opazimo v preseku za reakcijo $K^- \pi^+ \rightarrow K^- \pi^+$ resonančno obliko. Pri enaki energiji je presek za $K^- \pi^0 \rightarrow K^- \pi^0$ prav tako resonančen, po velikosti pa dvakrat večji. Kakšen je izospin resonance, preko katere potekata procesa (če predpostavimo, da oba procesa potekata preko istega tipa resonance, ki se loči zgolj po tretji komponenti izospina)? Izospini pionov in kaonov so podani spodaj.

3) Mezon D^0 ($D^0 = c u$) razpada v $\pi^- e^+$ v z razvejitvenim razmerjem 5×10^{-3} ($\pi^- = u d$). Nariši Feynmanov diagram za ta razpad. Označi še druge možne razpadne načine v spektrostem modelu (upoštevaj, da so od kvarka c lažji kvarki u, d in s). Kolikšna je vrednost elementa matrike CKM V_{cd} , ki ga oceniš iz zgornjega razvejitvenega razmerja? (Vrednosti ostalih elementov matrike CKM so podane spodaj)

4) V približku harmonskega oscilatorja si nukleonski nivoji v jedru sledijo v zaporedju $1s_{1/2}$, $1p_{3/2}$, $1p_{1/2}$, $1d_{5/2}$, $2s_{1/2}$, $1d_{3/2}$, $1f_{7/2}$ Iz energijske razlike katerih dveh omenjenih nivojev bi lahko določil sklopitev spin-tir pri tirni vrtilni količini $L=1$? Odgovor utemelji. Koliko p in koliko n bi moralo imeti jedro, da bi lahko to ugotovil iz energijske razlike osnovnega in prvega vzbujenega stanja? Iz energ. razlike katerih dveh nivojev pa bi bilo najlažje določiti, kako »strm« je harmonski potencial? Tudi ta odgovor utemelji.

35. CLEBSCH-GORDAN COEFFICIENTS, SPHERICAL HARMONICS, AND d FUNCTIONS

Note: A square-root sign is to be understood over every coefficient, e.g., for $-8/15$ read $-\sqrt{8/15}$.

Notation: $\begin{matrix} J & J & \dots \\ m_1 & m_2 & \dots \\ m_1 & m_2 & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{matrix}$ Coefficients

$Y_0^0 = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta$
 $Y_1^1 = -\sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta e^{i\phi}$
 $Y_2^0 = \sqrt{\frac{5}{4\pi}} \left(\frac{3}{2} \cos^2 \theta - \frac{1}{2} \right)$
 $Y_2^1 = -\sqrt{\frac{15}{8\pi}} \sin \theta \cos \theta e^{i\phi}$
 $Y_2^2 = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{15}{2\pi}} \sin^2 \theta e^{2i\phi}$

$1/2 \times 1/2$

1	0
1/2	1/2
1/2	-1/2
-1/2	1/2
-1/2	-1/2

$2 \times 1/2$

5/2	3/2
3/2	5/2
1/2	-3/2
-3/2	1/2
-5/2	-3/2

$1 \times 1/2$

3/2	1/2
1/2	3/2
-1/2	1/2
1/2	-1/2
-3/2	-1/2

$3/2 \times 1/2$

5/2	3/2
3/2	5/2
1/2	-3/2
-3/2	1/2
-5/2	-3/2

$$m(Y(4S))=10,58 \text{ GeV}, m(B^0)=5,28 \text{ GeV}, m(p)=0,94 \text{ GeV}$$

$$I(K^\pm)=1/2, I(\pi^{\pm,0})=1$$

$$V_{cs} \approx V_{ud} \approx 1; V_{us} \approx 0,22; V_{cd} \ll V_{cs}$$

Pisni izpit iz Fizike jedra in osnovnih delcev

4. september 2008

1) Mezon B^0 razpade v mezona D^+ in π^- . Kolikšna je gibalna količina razpadnih produktov v mirovnem sistemu mezona B^0 ? Kolikšna pa je največja gibalna količina mezona D^+ v laboratorijskem sistemu, v katerem ima začetni mezon B gibalno količino $0,3 \text{ GeV}/c$? Mase delcev so podane spodaj.

2) Za naslednje procese označi, kateri so možni in kateri ne. Pri dovoljenih nariši ustrezne Feynmanove diagrame z oznako delcev, ki posredujejo interakcijo. Pri prepovedanih napiši, kateri ohranitveni zakon kršijo. Pomagaj si s kvarkovsko sestavo, označeno spodaj.

a) $e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-$

b) $p p \rightarrow \Lambda_c \pi^-$

c) $B^0 \rightarrow \tau^+ \mu^-$

d) $D^0 \rightarrow K^- e^+ \nu$

e) $\Lambda_c \rightarrow \Lambda \pi^+$

3) Kvarc t razpade preko nabite šibke interakcije predno lahko hadronizira (tvori težje delce z drugimi kvarki). Glede na vrednosti elementov matrike CKM, podane spodaj, ugotovi, kateri od lažjih kvarkov q v razpadu $t \rightarrow q e^+ \nu$ prevladuje. Kolikšna je razpadna širina za ta razpad (masa kvarka t je podana spodaj, mase ostalih fermionov lahko zanemariš)?

4) V približku, ki upošteva sklopitev spin tir, si nukleonski nivoji v jedru sledijo v zaporedju $1s_{1/2}, 1p_{3/2}, 1p_{1/2}, 1d_{5/2}, 2s_{1/2}, 1d_{3/2}, \dots$. Prvo eno-nukleonsko vzbujeno stanje jedra ${}_{14}^{28}\text{Si}$ je 7 MeV nad osnovnim. Koliko nad osnovnim stanjem je prvo eno-nukleonsko vzbujeno stanje jedra ${}_{16}^{32}\text{S}$, če veš, da je jakost sklopitve spin tir ($-2\eta \ell \cdot s$) v obeh jedrih $\eta = 2 \text{ MeV}$?

B^0 : b d; Λ_c : u d c; Λ : u d s; π^- : u d; π^+ : u d; K^- : u s; D^0 : c u;
 $m(B^0)=5,28 \text{ GeV}/c^2$, $m(\pi^-)=0,14 \text{ GeV}/c^2$; $m(D^+)=1,87 \text{ GeV}/c^2$;
 $m(t)=175 \text{ GeV}/c^2$; $V_{tb}\approx 0,999$; $V_{ts}\approx 4 \times 10^{-2}$; $V_{td}\approx 8 \times 10^{-3}$;
konstante: $G_F=1,17 \times 10^{-5} \text{ GeV}^{-2}$

Pisni izpit iz Fizike jedra in osnovnih delcev

22. december 2008

1) Mezon B^0 razpade v mezona K^+ in π^- . Gibalna količina nastalih delcev v mirovnem sistemu mezona B^0 je 2615 MeV. Kolikšna je največja in kolikšna najmanjša gibalna količina piona v laboratorijskem sistemu, v katerem ima mezon B^0 gibalno količino 300 MeV? Mase delcev so podane spodaj.

2) Kakšno razmerje presekov pričakuješ za sipanji preko resonance Δ^0 , $p \pi^- \rightarrow \Delta^0 \rightarrow p \pi^-$ ter $p \pi^- \rightarrow \Delta^0 \rightarrow n \pi^0$? Izospini delcev in Clebsch-Gordanovi koeficienti so podani spodaj.

3) Za naslednje procese označi, kateri so možni in kateri ne. Pri dovoljenih nariši ustrezne Feynmanove diagrame z oznako delcev, ki posredujejo interakcijo. Pri prepovedanih napiši, kateri ohranitveni zakon kršijo. Pomagaj si s kvarkovsko sestavo, označeno spodaj.

- a) $\tau^+ \rightarrow K^+ \nu$
- b) $D^0 \rightarrow e^+ e^-$
- c) $D^0 \rightarrow e^+ \mu^-$
- d) $e^+ e^- \rightarrow \tau^+ \tau^-$
- e) $p p \rightarrow \Lambda^0 \pi^0$

4) Kakšno je razmerje razvejitenih razmerij (verjetnosti) za razpada $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu$ in $K^+ \rightarrow e^+ \nu$? Razpadna konstanta piona je 130 MeV, kaona pa 155 MeV, življenjska časa pa $\tau_\pi = 2,60 \times 10^{-8}$ s in $\tau_K = 1,24 \times 10^{-8}$ s. Upoštevaj tudi elemente matrike CKM, podane spodaj.

Nekatere konstante in ostali podatki:

- B^0 : b d; π^+ : u d; K^+ : u s; D^0 : c u; Λ^0 : uds
- $m(B^0) = 5,28 \text{ GeV}/c^2$, $m(\pi) = 0,14 \text{ GeV}/c^2$; $m(K) = 0,494 \text{ GeV}/c^2$;
- $V_{ud} \approx 0,97$; $V_{us} \approx 0,23$;
- $I(\pi) = 1$, $I(\Delta) = 3/2$, $I(p) = 1/2$, $I(n) = 1/2$

35. CLEBSCH-GORDAN COEFFICIENTS, SPHERICAL HARMONICS, AND d FUNCTIONS

Note: A square-root sign is to be understood over every coefficient, e.g., for $-8/15$ read $-\sqrt{8/15}$.

Notation:

J	J	...
M	M	...

 Coefficients

$Y_0^0 = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \cos \theta$

$Y_1^1 = -\sqrt{\frac{3}{8\pi}} \sin \theta e^{i\phi}$

$Y_2^0 = \sqrt{\frac{5}{4\pi}} \left(\frac{3}{2} \cos^2 \theta - \frac{1}{2} \right)$

$Y_2^1 = -\sqrt{\frac{15}{8\pi}} \sin \theta \cos \theta e^{i\phi}$

$Y_2^2 = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{15}{2\pi}} \sin^2 \theta e^{2i\phi}$

$1/2 \times 1/2$	1	1	0	0	0
$+1/2 + 1/2$	1	0	0	0	0
$-1/2 - 1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1
$-1/2 + 1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$	1
$-1/2 - 1/2$	1	0	0	0	0

$2 \times 1/2$	$5/2$	$5/2$	$3/2$	$3/2$	$3/2$
$+2 + 1/2$	1	$3/2 + 3/2$	1	1	1
$+2 - 1/2$	$1/5$	$4/5$	$5/2$	$3/2$	$3/2$
$+1 + 1/2$	$4/5 - 1/5$	$1/2 + 1/2$	1	1	1

$1 \times 1/2$	$3/2$	$3/2$	$1/2$	$1/2$	$1/2$
$+1 + 1/2$	1	$1/2 + 1/2$	1	1	1
$+1 - 1/2$	$1/3$	$2/3$	$3/2$	$1/2$	$1/2$
$0 + 1/2$	$2/3 - 1/3$	$1/2 - 1/2$	1	1	1
$0 - 1/2$	$2/3$	$1/3$	$3/2$	$1/2$	$1/2$
$-1 + 1/2$	$1/3 - 2/3$	$-3/2$	1	1	1

2×1	3	3	2	2	2
$+3$	1	1	1	1	1
$+3 - 1$	$1/3$	$2/3$	$3/2$	$1/2$	$1/2$
$+1 - 1$	$2/3 - 1/3$	$1/2 - 1/2$	1	1	1
$-1 - 1$	$2/3$	$1/3$	$3/2$	$1/2$	$1/2$
$-1 + 1$	$1/3 - 2/3$	$-3/2$	1	1	1

$3/2 \times 1$	$5/2$	$5/2$	$3/2$	$3/2$	$3/2$
$+3/2 + 1/2$	1	1	1	1	1
$+3/2 - 1/2$	$1/4$	$3/4$	2	1	1
$+1/2 - 1/2$	$3/4 - 1/4$	0	0	0	0
$-1/2 - 1/2$	$1/2$	$1/2$	2	1	1

Pisni izpit iz Fizike jedra in osnovnih delcev

9. september 2009

1) Poenostavljena masna formula za jedra se glasi

$$W_{vez}(Z,A) = w_0 A + w_1 A^{2/3} + w_2 Z^2/A^{1/3} + w_3 (A-2Z)^2/A,$$

s koeficienti $w_0=15,6$ MeV, $w_1=17,2$ MeV, $w_2=0,7$ MeV in $w_3=23,2$ MeV. Kakšno je vrstno število jeder, ki so pri danem A najbolj stabilna? Za koliko to vrstno število odstopa od naivno pričakovane vrednosti $Z=A/2$ pri majhnih A ?

2) V približku harmonskega oscilatorja je energijska razlika med nukleonskima nivojema $1p$ in $1s$ 30 keV. Če dodamo v potencial še sklopitev spin-tir oblike $E_{\text{st}} = -2\eta\hbar s$ se stanje $1p$ razcepi na dve stanji z energijsko razliko 10 keV. Kolikšna je jakost sklopitve spin-tir (η)? Koliko je ob upoštevanju te sklopitve stanje $1p_{1/2}$ višje od stanja $1s_{1/2}$?

3) V trku elektrona in pozitrona nastane resonanca $Y(4S)$ z maso $10,59$ GeV/c², ki skoraj izključno razpada v par mezonov B. V vrhu resonance znaša presek za $e^+e^- \rightarrow Y(4S) \rightarrow BB$ 2,05 nb. Razvejitevno razmerje za razpad $Y(4S) \rightarrow e^+e^-$ je $1,6 \times 10^{-5}$. Kakšen je spin resonance $Y(4S)$ ko ga lahko določimo iz teh podatkov?

4) Opazujemo proces $X^+X^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, kjer so X^\pm hipotetični delci, podobni elektronom in pozitronom a s spinom 1. Proces poteka preko klasične elektromagnetne interakcije pri visokih energijah. To pomeni, da imata X^+ in X^- v procesu nasprotno sučnost, torej $(J_z(X^-), J_z(X^+)) = (+1, -1), (-1, +1)$ ali $(0, 0)$. Kakšna je kotna porazdelitev končnih mionov v težiščnem sistemu? Rotacijske funkcije so podane v spodnji tabeli.

$$d_{m',m}^j = (-1)^{m-m'} d_{m,m'}^j = d_{-m,-m'}^j$$

2 x 3/2	
7/2	7/2 5/2
+7/2	+5/2+5/2
+2+3/2	1
+2+1/2	3/7 4/7
+1+3/2	4/7 -3/7
	+3/2 +3/2+3/2
	+2-1/2
	1/7 16/35 2/5

3/2 x 3/2	
3	3 2
+3	+2 +2
+3/2+3/2	1
+3/2+1/2	1/2 1/2
+1/2+3/2	1/2 -1/2
	3 2 1
	+1 +1 +1
	+3/2-1/2 1/5 1/2 3/10
	+1/2+1/2 3/5 0 -2/5
	-1/2+3/2 1/5 -1/2 3/10
	1 3/2 -3/2 1/20 1/4 9/20 1/4

 $d_{0,0}^1 = \cos \theta$
 $d_{1/2,1/2}^{1/2} = \cos \frac{\theta}{2}$
 $d_{1/2,-1/2}^{1/2} = -\sin \frac{\theta}{2}$
 $d_{1,1}^1 = \frac{1 + \cos \theta}{2}$
 $d_{1,0}^1 = -\frac{\sin \theta}{\sqrt{2}}$
 $d_{1,-1}^1 = \frac{1 - \cos \theta}{2}$