《核与粒子物理实验方法》第1 次作业 *

1-2:

答： $\frac{dN_b}{dt} = \lambda_a N_a - \lambda_b N_b$

$\frac{dN_a}{dt} = -\lambda_a N_a$

$N_b(t) = \frac{\lambda_a}{\lambda_b - \lambda_a} N_a(0)(e^{-\lambda_a t} - e^{-\lambda_b t})$

1-3:

答： 1) $A(0) = \lambda N(0) = ln2/T_{1/2}N(0)$ 2.2×10^8

2) 平衡时，$\lambda_n N_n(t) = \lambda_1 N_1(t) \Rightarrow N_n(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_n} N_1(0) e^{-\lambda_1 t}$ 将平衡时，由 1-2，$N_n(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_n} N_1(0)(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_n t})$

$0.97\frac{\lambda_1}{\lambda_n} N_1(0) e^{-\lambda_1 t} = \frac{\lambda_1}{\lambda_n} N_1(0)(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_n t})$ $t = ln0.03/(\lambda_1 - \lambda_n) = 101a$

1-4:

答： $N_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1(0)(e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$ 当 $dN_2(t)/dt = 0$，$t = \frac{1}{\lambda_1 - \lambda_2} ln\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 501s$

1-7:

答：

Cs-137

	Energy (keV)	Probability (%)	Nature	log ft
$\beta^-_{0,2}$	513,97 (17)	94,57 (26)	Forbidden 1^{st} unique	9,7
$\beta^-_{0,1}$	892,17 (18)	0,0006 (1)	Forbidden 2^{nd} unique	16,6
$\beta^-_{0,0}$	1175,63 (17)	5,43 (26)	Forbidden 2^{nd} non-unique	12,8

$A/m = \lambda N/(\frac{N}{N_A} * 60g/mol) \Rightarrow m = 8.8mg$

1-8

答： 1) 禁止，反应前质量小于反应后 2) 允许 3) 禁止，电荷不守恒 4) 允许

1-9

*

答： $Q = \Delta U - \Delta La - \Delta Br = 177.5MeV$

1-10

答： 1) $V = e^2/(4\pi\epsilon r) = 1.027MeV, T = V/2, \frac{3}{2}kt = T, T = 3.88 \times 10^9\text{K}$

2) $Q = 2\Delta({}^2_1H) - \Delta({}^3_1H) = 4.02MeV$

1-11

答： 1) $R = r_0A^{1/3}, r_0 \simeq 1.2fm, V = \frac{4}{3}\pi R^3, \rho = M/V = (A/N_A)\frac{1}{V} = 2.3 \times 10^{17}kg \cdot m^{-3}$

2) $R \simeq 10^4\text{m}$

1-12

答： 书 1.22 公式，β^- 和 β^+ 衰变均可发生

1-13

答： $\lambda - \lambda_0 = \frac{h}{mc}(1 - cos\theta)$

动能差为 $\Delta E_k = h\Delta\frac{c}{\lambda} = -hc\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} = 2E_\gamma^2/(mc^2)$

$E_\gamma = (\frac{1}{2}mc^2E_k)^{1/2}$

反冲动能 5.7MeV，光子能量 52MeV

反冲动能 1.4MeV，光子能量 96MeV

1-14

答： $\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{1}{L}\frac{dN}{d\Omega}, L = FN_Aat\rho A^{-1}$

通量 F, 面积 a, 厚度 t，密度 ρ

散射到立体角 $\Delta\Omega$ 概率：

$\eta = dN/N_{in} = \frac{dN}{d\Omega}N_Aat\rho A^{-1}\Delta\Omega$

$\Delta\Omega = S/r^2$

$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{a^2}{16sin^4\frac{\theta}{2}}, a = \frac{e^2Z_1Z_2}{4\pi\epsilon_0E}$

当 $\eta = 150$ 时最小，代入得到 $\eta_{min} = 3.75 \times 10^{-7}$, $\eta_{min}N_{in} > 10/s$, $N_{in} > 2.66 \times 10^7$

1-15

答： 衍射极小时，$F(q) \sim 0$，求 $y = tanx$ 和 $y = x$ 的，x 大于 0 且有上限

$x_{max} = q_{max}R/\hbar, q = 2psin\frac{\theta}{2}, q_{max} = 2E/c$

代入 $x_{max} = 11.7$, 在 $0 < x < 11.7$ 里有三个解

1-16

答：

铅临界能量

$E_c = \frac{A}{Z+1.24}$

带电粒子辐射损失能量：$E = E_0e^{-X/X_0}$

代入 $\Delta E = E_0 - E = 41.42\text{MeV}$

曲率半径 $r = p/300ZB$, p 单位是 MeV

$r_0 = 14cm, r_1 = 4.8cm$, $\Delta r/r_0 = 65.7\%$

1-19

答：书 1.46 相对论卢瑟福散射公式，代入数据得到卢瑟福散射截面 64mb, 书 1.48 可以得到 Mott 散射截面 63mb

$\eta = dN/N_{in} = \frac{dN}{d\Omega} N_A at\rho A^{-1}\Delta\Omega$

$\Delta\Omega = S/r^2$

散射角 15 度，概率 $\eta = 2.37 \times 10^{-6}$

$N_{in} = I/e = 6.25 \times 10^{13}/s$ 电子计数率为 $N_{in}\eta = 1.48 \times 10^8/s$

1-20

答：

$p = p'cos\theta + P'cos\phi$

$p'sin\theta = P'sin\phi$

$E + M = E' + E'_P$

$\rightarrow E' = \frac{E}{1+\frac{E}{M}(1-cos\theta)}$

1-22

答： 2) $\lambda = \frac{\hbar c}{E} \simeq 200MeV\dot{f}m/E$, $E = 20MeV$

3) 探针最好是带电轻子，中子光子不带电，中子有结构

1-23

答：

动量转移大小 (书 1.45)：$q = 2qsin\frac{\theta}{2} = 87.16MeV$

Mott 散射，书 1.46 和 1.48, 可得截面 188.1mb

均匀分布微分截面，形状因子 $F(q^2) = 3(sinx - xcosx)x^3, x = |q|R, r = r_0 A^{1/3}$

可得 $F(q^2) = 45.08$

由 1.49 可得截面 8.48b

1-25 答：

1）轻子数不守恒

2）电荷不守恒

3）重子数不守恒

4）能动量不守恒

5）轻子数不守恒

7）轻子数不守恒

1-27

答： 在末态粒子动量中心系，$P_i^\mu = (E_1 + m_2, P_1), P_f^\mu = (\Sigma E_{M_i}, 0)$

$(E_{ath} + m_2)^2 - p_1^2 = (\Sigma M_i)^2$

$E_{ath}^2 - p_1^2 = m_1^2$

$E_{ath} = ma + T_{ath}$

$T_{ath} = \frac{(\Sigma M_i)^2 - (m_1+m_2)^2}{2m_2}$

1-28

答：

a) 奇异数不守恒

b) 重子数不守恒；电荷不守恒

c) 重子数不守恒；

d) 光子，电磁相互作用；奇异数不守恒

e) 两个电荷不守恒

1-30

答： 1) $y = \frac{1}{2}ln(\frac{1+p/E}{1-p/E}) = \frac{1}{2}ln(\frac{1+\beta}{1-\beta})$

2) $\beta = 0, y_{min} = 0$, $\beta = \beta_p, y_{max} = 9.5367$

3) $y = \frac{1}{2}ln(\frac{1+cos\theta}{1-cos\theta}) = -lntan\frac{\theta}{2} = \eta$

4) $\theta = \pi/2, \eta = 0, y = 0$

$\theta = 1°, \eta = 4.74, y = 4.74$

1-31

答：

1) 夸克自旋 1/2，3 个夸克不能组成自旋为整的重子

2）反夸克带电为 +1/3 或-2/3

3）s 夸克奇异数-1，带电-1/3，没有 4/3 电荷的反夸克