4.15 长为 $l$ 质量为 $m$ $\rho=\frac{m}{l}$ (1) 线密度为多少?

$l'=l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ 运动质量 $m'=\frac{m}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$

则 线密度为 $\rho'=\frac{m'}{l'}=\frac{m}{l(1-\frac{v^2}{c^2})}=\frac{\rho}{1-\frac{v^2}{c^2}}$

(2) 棒在垂直长度方向上运动,它的线密度是多少

$$\rho''=\frac{m''}{l''}=\frac{m}{l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=\frac{\rho}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

4.16 电子的速度 $v_1=1.0\times10^8 m/s$ $v_2=2.0\times10^8 m/s$

电子的静止质量 $m_0=9.11\times10^{-31}kg$

相对论

$$E_K=\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-mc^2=4.97\times10^{-15}J$$

$$E_{K_2}=\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}-m_0c^2=28.0\times10^{-15}J$$

用经典力学 $\frac{1}{2}mv^2$

$$E_K=\frac{1}{2}mv_1^2=4.56\times10^{-15}J$$

$$E_{K_2}=\frac{1}{2}mv_2^2=18.2\times10^{-15}J$$

4.18 氘核 $m_D=2.01355u$ 氦核 $4.0015u$

$$1u=1.66\times10^{-27}kg$$

$$\Delta E=(\Delta m)c^2=(2m_D-m_{He})c^2$$

$$=(2\times2.01355u-4.0015u)c^2$$

$$=(2\times2.01355-4.0015)\times1.66\times10^{-27}\times(3\times10^8)^2J$$

$$=3.825\times10^{-12}J=23.88MeV$$

4.21

$$h\nu=\Delta E\left(1-\frac{\Delta E}{2m_0c^2}\right)$$

能量守恒 $mc^2=h\nu+m_0c^2$

动量守恒 $0=P_{原子}+P_{光子}=-mv+\frac{h\nu}{c}$

对反冲原子，运用能量-动量

$$(mc^2)^2=(mv)^2c^2+m'^2c^4$$

$$m=\frac{m'}{\sqrt{1-\beta^2}}\qquad \beta=\frac{v}{c}$$

原子内能的变化 $\Delta E=(m_0-m')c^2$

$$(m_0^2-m'^2)c^2=2mh\nu$$

$$\Delta E(m_0+m')=2mh\nu$$

即 $h\nu=\frac{\Delta E}{2}\left(1+\frac{m'}{m}\right)=\Delta E\left(1-\frac{\Delta E}{2mc^2}\right)$

由结果可知，发射光子的能量小于原子内能的变化量$\Delta E$

其原因在于$\Delta E$除发射光子外，还有一部分转换为反冲原子的动能