质量数核电荷数守恒

定义	核反应中质量不守恒，但遵循质量数守恒和核电荷数守恒
应用	核反应方程配平及粒子判断

经典例题

【例1】在核反应方程 ${}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + X$ ${}^{238}_{92}U$ ${}^{222}_{86}Rn$ 中，X 代表的粒子是（　）

A．${}^{1}_{1}H$　　　　B．${}^{2}_{1}H$　　　　C．${}^{0}_{-1}e$　　　　D．${}^{1}_{0}n$

【解析】由在物质发生核反应过程中质量数守恒得，X 是${}^{1}_{1}H$。故该题选 A。

【例2】${}^{238}_{92}U$ 衰变为 ${}^{222}_{86}Rn$ 要经过 m 次α衰变和 n 次β衰变，则 m，n 分别为（　）

A．4，2　　　　B．2，4　　　　C．4，6　　　　D．16，6

【解析】由在物质衰变过程中质量数守恒得，m=4，n=2。故该题选 A。

【例3】已知氘核质量为 2.0136 u，中子质量为 1.0087 u，${}^{3}_{2}He$ 核的质量为 3.0150 u.

（1）写出两个氘核聚变成${}^{3}_{2}He$ 的核反应方程.

（2）计算上述核反应中释放的核能.

（3）若两氘核以相等的动能 0.35 MeV 作对心碰撞即可发生上述核反应，且释放的核能全部转化为机械能，则反应中生成的${}^{3}_{2}He$ 核和中子的动能各是多少？

【解析】（1）应用质量数守恒和核电荷数守恒不难写出核反应方程为：${}^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n$.

（2）由题给条件可求出质量亏损为：

Δm=2.0136×2-(3.0150+1.0087)u=0.0035 u

∴释放的核能为

$\Delta E=\Delta mc^2=931.5\times 0.0035\ \text{MeV}=3.26\ \text{MeV}$.

（3）因为该反应中释放的核能全部转化为机械能--即转化为$^{3}_{2}\text{He}$核和中子的动能.若设$^{3}_{2}\text{He}$核和中子的质量分别为 m_1、m_2，速度分别为 v_1、v_2,则由动量守恒及能的转化和守恒定律，得

$m_1v_1-m_2v_2=0$

$E_{k1}+E_{k2}=2E_{k0}+\Delta E$

解方程组，可得：

$$E_{k1}=\frac{1}{4}(2E_{k0}+\Delta E)=\frac{1}{4}\times(2\times 0.35+3.26)\ \text{MeV}=0.99\ \text{MeV}$$

$$E_{k2}=\frac{3}{4}(2E_{k0}+\Delta E)=\frac{3}{4}\times(2\times 0.35+3.26)\ \text{MeV}=2.97\ \text{MeV}.$$

电荷守恒定律

定义	电荷既不能被创造，也不能被消灭，它只能从一个物体转移到另一个物体，或从物体的一部分转移到另一部分，在转移的过程中，电荷总量不变.
应用	不受外界影响时，两外形完全相同的导体，接触后带电量相等．外形不同的带电物体接触后，一般所带的电荷量不相等；两带异种电荷的物体相接触，则先发生正负电荷的中和，若有剩余的电荷，再进行重新分配.

经典例题

【例4】三个相同的金属小球 1.2.3.分别置于绝缘支架上，各球之间的距离远大于小球的直径。球 1 的带电量为 q，球 2 的带电量为 nq，球 3 不带电且离球 1 和球 2 很远，此时球 1、2 之间作用力的大小为 F。现使球 3 先与球 2 接触，再与球 1 接触，然后将球 3 移至远处，此时 1、2 之间作用力的大小仍为 F，方向不变。由此可知

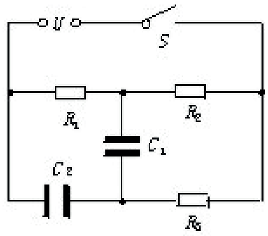
A．. n=3　　B．. n=4　　C．. n=5　　D．. n=6

【答案】D

【例5】如图所示，U=10 V，电阻 R_1=3 Ω，R_2=2 Ω，R_3=5 Ω，电容器的电容 C_1=4 μF，C_2=1 μF，求：

（1）当 S 闭合时间足够长时，C_1 和 C_2 所带的电量各是多少？

（2）然后把 S 断开，S 断开后通过 R_2 的电量是多少？



【解析】（1）S 闭合足够长时间后，电路达到稳定，R_3 两端电压为 0.

所以：$U_{C1}=U_{R2}=\dfrac{R_2}{R_1+R_2}U=\dfrac{2}{2+3}\times 10\ \text{V}=4\ \text{V}$

$Q_1=C_1U_{C1}=4\times10^{-6}\times4\ \text{C}=1.6\times10^{-5}\text{C}$

$U_{C2}=U=10\ \text{V}$

$Q_2=C_2U_{C2}=1\times10^{-6}\times10\text{C}=1\times10^{-5}\text{C}$

（2）S 断开后，C_1、C_2 将通过 R_1、R_2、R_3 放电，至放电结束，通过 R_2 的电量

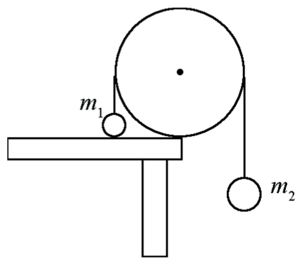
$Q=Q_1+Q_2=1.6\times10^{-5}+1\times10^{-5}\text{C}=2.6\times10^{-5}\text{C}$

机械能守恒

定义	在只有重力（或系统内弹力）做功的情形下，物体的重力势能（或弹性势性）和动能发生相互转化，但总的机械能保持不变．表达式：$E_k+E_p=E_k'+F_p'$（要选零势能参考平面）或$\Delta E_k=\Delta E_p$（不用选零势能参考平面）或$\Delta E_{A增}=\Delta E_{B减}$（不用选零势能参考平面）
应用	①只受重力作用：例如在不考虑空气阻力的情况下的各种抛体运动，自由落体，竖直球平抛、斜抛等． ②受其他力，但其他力不做功，只有重力做功． ③除重力和弹力之外，还有其他力做功，但其他力做功总和为零，物体的机械能不变，但不守恒．

经典例题

【例6】如图，光滑圆柱被固定在水平平台上，质量为 m_1 的小球用轻绳跨过圆柱与质量为 m_2 的小球相连，最初小球 m_1 放在平台上，两边绳竖直，两球从静止开始运动，m_1 上升，m_2 下降，当 m_1 上升到最高点时绳子突然断了，发现 m_1恰能做平抛运动，求 $\frac{m_2}{m_1}$的值．



【解析】恰好做平抛运动，则：$m_1g=m_1\frac{v^2}{r}\Rightarrow v=\sqrt{gr}$

由机械能守恒知：$m_2gr\left(1+\frac{\pi}{2}\right)=\frac{1}{2}(m_1+m_2)v^2+2m_1gr$

解得：$\frac{m_2}{m_1}=\frac{5}{1+\pi}$

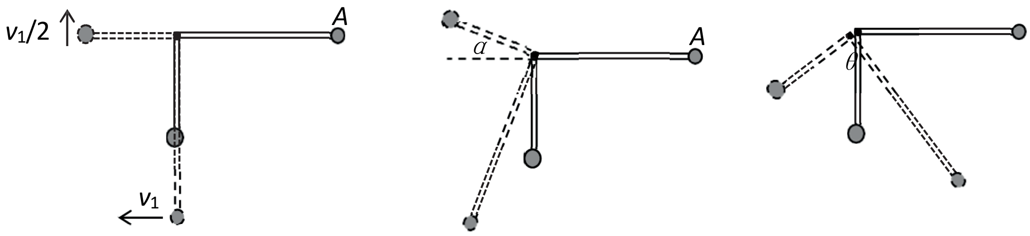
【例7】如图所示，质量分别为 $2m$ 和$3m$ 的两个小球固定在一根直角尺的两端 A、B，直角尺的顶点O处有光滑的固定转动轴． AO、BO 的长分别为$2L$ 和 L．开始时直角尺的 AO 部分处于水平位置而 B 在O的正下方．让该系统由静止开始自由转动，求：（$\sin 37°=0.6$， $\sin 53°=0.8$）

（1）当 A 到达最低点时，A 小球的速度大小 v；

（2）B 球能上升的最大高度 h；

（3）开始转动后 B 球可能达到的最大速度 v_m.

【解析】



直角尺和两小球组成的系统为对象，由于转动过程不受摩擦和介质阻力，所以该系统的机械能守恒。

（1）过程中A的重力势能减少，A、B的动能和B的重力势能增加，A的即时速度总是 B的倍。

$$2mg\cdot 2L = 3mg\cdot L + \frac{1}{2}2m\cdot v^2 + \frac{1}{2}\cdot 3m(\frac{v}{2})^2,$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{8gL}{11}}$$

（2）B 球不可能到达 O 的正上方，它到达最大高度时速度一定为零，

设该位置比 OA 竖直位置向左偏了 α 角。

$$2mg\cdot 2L\cos\alpha = 3mg\cdot L(1+\sin\alpha),$$

此式可化简为 $4\cos\alpha - 3\sin\alpha = 3$，

利用三角公式可解得 $\sin(53° - \alpha) = \sin 37°, \alpha = 16°$

（3）B 球速度最大时就是系统动能最大时，而系统动能增大等于系统重力做的功 W_G。设 OA 从开始转过 θ 角时 B 球速度最大，