第九次作业

- 9.1 某蛋白的沉降系数为 $s=7.16~{
 m S}$,扩散系数 $D=4.45 imes 10^{-11}~{
 m m^2\cdot s^{-1}}$,微分比容 $ar{
 u}=0.73~{
 m cm^3\cdot g^{-1}}$ (温度20 °C)
- (a) 当离心机转速为70000 rpm时,请计算蛋白从r=10 cm迁移到r=10.1 cm所需要的时间;
- (b) 计算蛋白的分子量。
- 解: (a) 由沉降系数的定义 $s=rac{v_{\mathbb{R}^n}}{\omega^2 r}$,得 $rac{dr}{dt}=s\omega^2 r$,其积分形式为 $\lnrac{r_e}{r_s}=s\omega^2 \Delta t=s(2\pi f)^2 \Delta t$,因此迁移时间为

$$\Delta t = rac{\lnrac{r_e}{r_s}}{s(2\pi f)^2} = rac{\lnrac{10.1 ext{ cm}}{10 ext{ cm}}}{7.16 imes 10^{-13} ext{ s} imes (2 imes 3.14 imes rac{70000}{60 ext{ s}})^2} = 2.59 imes 10^2 ext{ s}$$

(b) 由于速度沉降过程中

$$s=rac{m(1-ar
u
ho_w)}{f}=rac{M(1-ar
u
ho_w)}{N_Arac{k_BT}{D}}=rac{MD(1-ar
u
ho_w)}{RT}$$

因此代入数据得

$$M = \frac{sRT}{D(1 - \bar{\nu}\rho_w)} = \frac{7.16 \times 10^{-13} \text{ s} \times 8.314 \text{ J/(mol · K)} \times (273.2 + 20)\text{K}}{4.45 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \times (1 - 0.73 \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \times 1.00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3})} = 1.45 \times 10^2 \text{ kg/mol} = 1.45 \times 10^5 \text{ g/mol}$$

- 9.2 离心机的转子质量为2 kg, 等价半2 kg, 等价半2 cm, 转速为2 cm, 转速为2 cm
- (a) 请计算其所储存的动能($\sim m\omega^2r^2/2$),以及它相当于多少TNT炸药(能量密度 $4.6\times 10^6~{
 m J\cdot kg^{-1}}$)爆炸时释放的能量。(b)计算转子旋转的线速度($\sim \omega r$),并与手枪子弹或声音的速度($\sim 340~{
 m m/s}$)比较。

解: (a) 离心机转子储存的动能为

$$E_k = rac{m \omega^2 r^2}{2} = rac{m (2 \pi f)^2 r^2}{2} = rac{2 \; ext{kg} imes (2 imes 3.14 imes rac{70000}{60 \; ext{s}})^2 imes (0.15 \; ext{m})^2}{2} = 1.2 imes 10^6 \; ext{J}$$

其动能换算成TNT当量为

$$m_{
m TNT} = rac{E_k}{E_{
m TNT,0}} = rac{1.2 imes 10^6 \;
m J}{4.6 imes 10^6 \;
m J \cdot kg^{-1}} = 0.26 \;
m kg$$

(b) 离心机转子的线速度为

$$v = \omega r = 2\pi f r = 2 imes 3.14 imes rac{70000}{60 ext{ s}} imes 0.15 ext{ m} = 1.1 imes 10^3 ext{ m/s}$$

因此转子线速度远超过声速, 且换算成马赫数为

$$Ma = rac{v}{v_{
m sonic}} = rac{1.1 imes 10^3 {
m m/s}}{340 {
m m/s}} = 3.2$$