

教材习题解答

第七章

分子动理论

第一节 物体是由大量分子组成的

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₄)

$$1. \text{将水分子视为理想球体,所以水分子的体积 } V = \frac{\pi}{6} \cdot d^3 = \frac{1}{6} \times \pi \times (4 \times 10^{-10})^3 \text{ m}^3 \approx 3 \times 10^{-29} \text{ m}^3。$$

$$2. 1 \text{ mol 水所含的水分子数 } N = \frac{V_{\text{mol}}}{V} = \frac{1.8 \times 10^{-5}}{3 \times 10^{-29}} (\text{个}) = 6 \times 10^{23} (\text{个})。$$

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₄)

$$1. 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

【解析】将塑料薄膜看成一个柱体,据 $V = Sh$ 和 $V = \frac{m}{\rho}$ 得: $h = \frac{m}{\rho S} =$

$$\frac{3.6 \times 10^{-2}}{1.2 \times 10^3 \times 200 \times 10^{-4}} \text{ m} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}。$$

$$2. (1) 8 \times 10^{-12} \text{ m}^3 \quad (2) 1.14 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \quad (3) 7.02 \times 10^{-10} \text{ m}$$

【解析】(1) 1 mL 油酸酒精溶液中含纯油酸的体积

$$V_1 = \frac{6}{10^4} \times 1 \text{ mL} = 6 \times 10^{-4} \text{ mL}。$$

1 滴油酸酒精溶液中含纯油酸的体积

$$V = \frac{V_1}{75} = \frac{6 \times 10^{-4}}{75} \text{ mL} = 8 \times 10^{-6} \text{ mL} = 8 \times 10^{-12} \text{ m}^3。$$

$$(2) \text{小方格的面积 } S_1 = 10^{-2} \times 10^{-2} \text{ m}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2,$$

小方格的格数 $n = 114$ 个,

$$\text{油酸膜的面积 } S = nS_1 = 1.14 \times 10^{-2} \text{ m}^2。$$

(3) 油酸分子的直径

$$d = \frac{V}{S} = \frac{8 \times 10^{-12}}{1.14 \times 10^{-2}} \text{ m} \approx 7.02 \times 10^{-10} \text{ m}。$$

$$3. 2.8 \times 10^{-10} \text{ m}$$

【解析】由 $M = \rho V_{\text{mol}}$ 得铜的摩尔体积

$$V_{\text{mol}} = \frac{M}{\rho} = \frac{6.4 \times 10^{-2}}{8.9 \times 10^3} \text{ m}^3/\text{mol} \approx 7.2 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol},$$

$$\text{每个铜分子的体积 } V_0 = \frac{V_{\text{mol}}}{N_A} = 1.2 \times 10^{-29} \text{ m}^3。$$

$$\text{把铜分子看作球体,则 } V_0 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3,$$

$$\text{所以铜分子的直径 } d = \sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}} \approx 2.8 \times 10^{-10} \text{ m}。$$

$$4. 3.3 \times 10^{-9} \text{ m}$$

【解析】每个氧气分子占有的体积

$$V_0 = \frac{V_{\text{mol}}}{N_A} = \frac{2.24 \times 10^{-2}}{6 \times 10^{23}} \text{ m}^3 \approx 3.7 \times 10^{-26} \text{ m}^3,$$

把氧气分子看成立方体,立方体的边长即为氧气分子间的平均距离,

$$\text{由 } a^3 = V_0, \text{得: } a = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{3.7 \times 10^{-26}} \text{ m} \approx 3.3 \times 10^{-9} \text{ m}。$$

第二节 分子的热运动

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₇)

1. 当我们把墨水滴入水中时,会发现墨水很快地“散开”了,这种现象实质上就是扩散现象。当我们把同样的一滴墨水滴入不同温度的水中时,会发现扩散的快慢程度不同。在冷水中的“墨滴”扩散得“慢”,在热水中的“墨滴”扩散得“快”。扩散现象是由于运动的物质

分子彼此进入对方而产生的,分子运动越激烈,扩散进行得就越快;反之,扩散进行得越慢。由上述现象可知,“墨滴”在热水中扩散进行得快,说明分子在热水中运动得激烈,因此说明温度越高,分子运动越激烈。

2. (1) 这种说法是错误的。做布朗运动的微粒虽然很小,用显微镜才能观察到,但是它不是分子。布朗运动间接证明了液体分子的无规则运动,但布朗运动不是由微粒内分子的无规则运动产生的,是由液体分子做无规则的运动,对微粒撞击时的冲力不平衡而产生的。做布朗运动的微粒不是液体的组成部分,更不是液体分子,所以布朗运动不是分子的无规则运动。

(2) 这种说法是错误的。布朗运动是由于悬浮在液体中的微粒受到其周围液体分子的撞击不平衡造成的。由于微粒很小,液体中的分子做无规则运动,对微粒的碰撞不平衡,某一时刻,向某一方向的合力不为零,而使微粒向该方向运动,微粒受到的合力方向每时每刻都在变化,因此微粒的运动是无规则的。微粒尽管很小,但也是由大量分子构成的,这些分子也在做无规则运动,但它不是产生布朗运动的原因,所以布朗运动不能证明固体小颗粒的分子在做无规则运动。

(3) 这种说法是错误的。要想观察到布朗运动需要借助显微镜来完成,尽管胡椒粉的颗粒很小,但是它仍不能达到做布朗运动的微粒的要求。胡椒粉在水中加热时产生翻滚现象,不是布朗运动,是由水的对流而产生的,水在对流时带动了胡椒粉的运动,所以说这种说法是错误的。

(4) 这种说法是正确的。悬浮在煤油中的小粒灰尘本身不能运动,小粒灰尘的运动是由于除本身以外的其他物质的作用,煤油没有宏观运动,即使有,也是应该有一定规律的,不会是杂乱无章的无规则运动,引起小粒灰尘做布朗运动的原因是煤油分子的无规则运动,因此在显微镜下观察到的煤油中小粒灰尘的布朗运动,说明了煤油分子在做无规则运动。

3. 小李的想法是错误的。固体小颗粒的运动是一种无规则运动,不可能是一种有规则的运动,小颗粒向某一个方向运动的时间和距离都是很短的,另外,在坐标纸上画出的直线是不同时刻小颗粒位置的连线,不是这段时间内小颗粒运动的路径。事实上在这段时间内小颗粒的运动情况是无法确定的,不是用坐标能描述清楚的,因此小李的认识是不正确的。

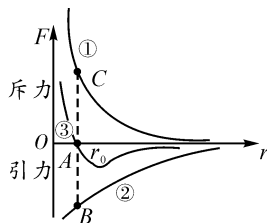
第三节 分子间的作用力

教材课上思考

【演示】(教材 P₈)

【解析】玻璃管中的液体体积变小,这说明了分子间有空隙。

【思考与讨论】(教材 P₉)



如图中①为斥力随 r 变化的图线,②为引力随 r 变化的图线,虚线 $AC = AB$,故 r 轴上 A 点所对应的斥力、引力大小相等,此距离时分子合力为零。画出分子力随 r 变化的图线为③。由图线知,分子力随分子间距离的增大先减小、后增大、再减小。当 $r = r_0$ 时分子合力为零。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₉)

1. 在分子间的距离由小于 r_0 逐渐增大到 r_0 的过程中,分子间的引力和斥力都减小,但斥力减小得更快,此过程中分子间的引力小于斥力,合力表示为斥力,合力随距离增大而减小。

当分子间距离由 r_0 增大时,分子间引力和斥力都减小,仍然是斥力比引力减小得快,此过程中引力大于斥力,合力表现为引力,合力随距离的增大先增大、再减小。

2. 当两个分子间的距离由 r_0 逐渐增大时,分子之间相互作用力的合力即分子力会出现一个极大值,而后,随着分子间距离的逐渐增大,分子力越来越小,直至为零。生活中这样的例子不少:在拉断一根钢丝的过程中,所用的力必须达到一定限度,小于这个限度就不能把钢丝拉断。
3. 组成物体的分子是有空隙的,用力压物体,物体内分子间的距离缩小,表现出物体具有压缩性。随着分子间距离的缩小,分子间的斥力会迅速增大,当压缩到一定程度时,斥力与外力平衡,进一步压缩就很困难了。
4. 如果你观察一下玻璃板朝下的一面,就会发现该面是湿的,说明玻璃板离开水面时水层发生了断裂。为了使玻璃板离开水面,除了克服玻璃板的重力,还要克服分子间的引力,因此,拉力就大于玻璃板的重力了。

第四节 温度和温标

教材课后习题

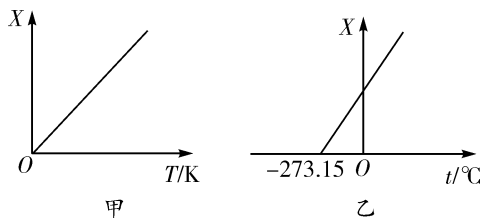
【问题与练习】(教材 P₁₃)

1. “金属块放在沸水中加热。经过一段时间”达到“热平衡”,“放入质量已知、温度已知的水”达到“平衡态”,“用温度计测量水的温度”达到“热平衡”。

2. 300.15 K -270.65 °C

【解析】由 $T = t + 273.15$ K, 得 $T = (27 + 273.15)$ K = 300.15 K; 由 $T = t + 273.15$ K, 得 $t = (2.5 - 273.15)$ °C = -270.65 °C。

3. $X = kT$ $X = k(273.15 \text{ K} + t)$ 草图如图所示。

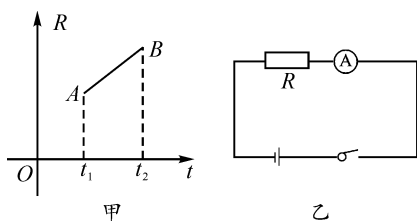


第3题图

【解析】由题意可知: $X \propto T$, 设其比例系数为 k , 则 X 与 T 的关系式可写作 $X = kT$; 由 $T = 273.15 \text{ K} + t$ 可知, 如用摄氏温度 t 表示, 则 $X = k(t + 273.15 \text{ K})$, 其中 k 为比例系数。

4. t_1 应标在电流比较大的刻度上。

【解析】由图甲知电阻 R 随温度的升高而增大, 由图乙结合闭合电路欧姆定律得 $I = \frac{E}{R+r}$ 和电流表刻度改作相应温度刻度便知, 温度 t 越高, 电阻 R 越大, 电流表示数应越小, t_1 应标在电流较大的刻度上。



第4题图

设电源的电动势为 E , 内阻为 r 。

据闭合电路欧姆定律得 $I = \frac{E}{R+r}$ 。①

根据图甲知, R 与 t 为一次函数关系,

设 $R = R_0 + kt$ (k 为常数, R_0 为常数), ②

由①②式得 $I = \frac{E}{R_0 + r + kt}$ 。③

因 E 、 r 、 R_0 、 k 均为常数, 由③式知, t 越小, I 越大, 电流表上代表 t_1 、 t_2 的两点中, t_1 应标在电流比较大的刻度上。

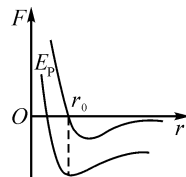
点拨: 上面的③式 $I = \frac{E}{R_0 + r + kt}$, 这里 I 与 t 一一对应, 把每一个电流值改作对应的温度值, 电流表就改装成了温度计, 这就是电流温度计的原理。

第五节 内能

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₁₅)

1. 当 $r > r_0$ 时, 分子力为引力, 分子力做正功, 分子势能减小; 当 $r < r_0$ 时, 分子力为斥力, 分子力做负功, 分子势能增大。
2. 由上题的分析知, 当 $r = r_0$ 时, 分子势能最低。
3. 如图所示。



第3题图

4. 从力的角度讲, 分子合力为零时处于平衡状态; 从分子势能来说, 分子势能最小时处于平衡状态。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₁₆)

1. (1) 弹簧为原长时弹性势能最小。
(2) 减小, 减小。
(3) 先减小后增大。

2. 正值, 变小; 负值, 变小。

【解析】设电荷一个不动, 另一个从无穷远处移到 r 处, 因为是同号电荷, 电场力为斥力, 此过程中电场力做负功, 电势能增加, 又因为无穷远处电势能为零, 从零增加到 r 处的电势能为正值。它们运动的趋势使系统势能变小, 因为电场力做正功使它们运动。

若为异号电荷, 运动到 r 处, 电势能为负值, 因电场力做正功使它们有彼此吸引的趋势, 所以系统电势能变小。

3. 这种说法不对, 因为机械能与内能是两个不同的概念, 与机械能相关的是物体宏观上的机械运动, 其大小因素由物体的质量、速度及相对高度决定。题中乘客的机械能增加了, 但是物体的内能是由它的分子数目、温度、体积决定, 乘客的体积、分子数目不变, 温度也没怎么变, 所以不能说他的分子动能增加了, 分子势能增加了, 内能增加了。

第八章

气体

第一节 气体的等温变化

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₂₀)

$T_2 > T_1$ 。【解析】研究封闭气体的等压情形, 即在图像中画一条平行于 V 轴的虚线, 交两条等温线于 A 、 B 两点, 所对应的体积分别为 V_1 、 V_2 , 且 $V_2 > V_1$ 。相同压强的情况下, $V_2 > V_1$, 可知 $T_2 > T_1$ 。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₂₀)

1. 2 倍。得出结论的前提是打入气体时温度保持不变, 实际情况中, 打

气时气体的体积迅速变化,从而引起压强和温度同时发生变化,所以实际打气时并不满足本前提,但是打完气后,足球与外界经过一段时间的传热后,内部温度与打气时外部温度相同时,得出的结论仍然是正确的。

【解析】将打气前球内的气体和打了 20 次后的气体作为一整体为研究对象,利用玻意耳定律进行求解:

打入前气体的状态参量为 $p_1 = p_0$,

$$V_1 = 2.5 \text{ L} + 20 \times 125 \times 10^{-3} \text{ L} = 5.0 \text{ L},$$

打入后气体的状态参量为 $V_2 = 2.5 \text{ L}$,

$$\text{由玻意耳定律得 } p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{p_0 \times 5.0}{2.5} = 2p_0。$$

2. 756 mmHg

【解析】气泡的初状态参量为

$$p_1 = 768 \text{ mmHg} - 750 \text{ mmHg} = 18 \text{ mmHg}, V_1 = 80S,$$

气泡的末状态体积为

$$V_2 = (750 + 80 - 740)S = 90S,$$

由玻意耳定律得

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = \frac{18 \times 80S}{90S} = 16 \text{ mmHg},$$

$$p'_0 = p_2 + 740 \text{ mmHg} = 756 \text{ mmHg}。$$

第二节 气体的等容变化和等压变化

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₂₃)

1. 假设钢瓶不漏气,则由查理定律得

$$p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{9.31 \times 10^6 \times 260}{290} \text{ Pa} \approx 8.35 \times 10^6 \text{ Pa},$$

由于 $p_2 \approx 8.35 \times 10^6 \text{ Pa} > 8.15 \times 10^6 \text{ Pa}$, 所以钢瓶漏气。

2. (1) 刻度是均匀的 (2) 23 ~ 27 °C

【解析】(1) 由盖-吕萨克定律 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ 得

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_1 - V_2}{T_1 - T_2} = \frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{\Delta V}{\Delta t},$$

设吸管内部的横截面积为 S , 内部在 25 °C 时的热力学温度为 T_1 , 体积为 V_1 , 当温度变化 Δt 时油柱移动的距离为 Δl , 则有 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{\Delta l S}{\Delta t}$, 即

$$\Delta t = \frac{T_1 S}{V_1} \Delta l。$$

由上式可以看出, Δt 与 Δl 成正比关系, 所以吸管上标温度值时, 刻度是均匀的。

(2) 解法一: 当温度为 25 °C 时, 气体的温度为 $T_1 = (273 + 25) \text{ K} = 298 \text{ K}$, 气体的体积为 $V_1 = 360 \text{ cm}^3 + 0.2 \times 10 \text{ cm}^3 = 362 \text{ cm}^3$, 当温度降低时, 气体体积减小, 油柱向罐的开口处移动, 移至开口处时, 气体的温度最低, 此时气体的体积为 $V_2 = 360 \text{ cm}^3$,

$$\text{由盖-吕萨克定律得 } T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = \frac{360}{362} \times 298 \text{ K} \approx 296 \text{ K},$$

$$\text{即 } t_2 = (T_2 - 273) \text{ °C} = 23 \text{ °C},$$

当温度升高时, 气体的体积增大, 油柱向管口处移动, 移到管口处时, 气体的温度最高, 此时气体的体积为

$$V_3 = 360 \text{ cm}^3 + 0.2 \times 20 \text{ cm}^3 = 364 \text{ cm}^3,$$

$$\text{由盖-吕萨克定律得 } T_3 = \frac{V_3}{V_1} T_1 = \frac{364}{362} \times 298 \text{ K} \approx 300 \text{ K},$$

$$\text{即 } t_3 = (T_3 - 273) \text{ °C} = 27 \text{ °C}。$$

所以这个气温计的测量范围约为 23 ~ 27 °C

解法二: 由(1)中的结论可得, 液柱移动 10 cm 对应的温度变化为

$$\Delta t = \frac{T_1 S}{V_1} \Delta l = \frac{298 \times 0.2}{362} \times 10 \text{ °C} \approx 1.6 \text{ °C}。$$

所以这个气温计的测量范围为 $(25 \text{ °C} - 1.6 \text{ °C}) \sim (25 \text{ °C} + 1.6 \text{ °C})$, 即约为 23 ~ 27 °C。

第三节 理想气体的状态方程

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₂₄)

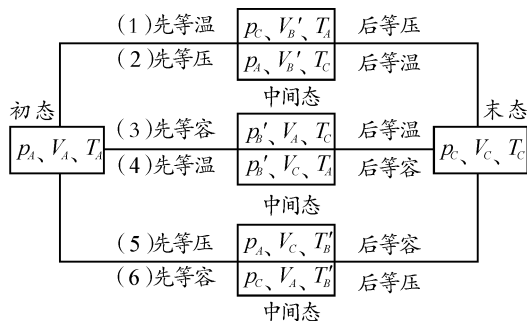
已知三个状态分别为 $A(p_A, V_A, T_A)$ 、 $B(p_B, V_B, T_B)$ 、 $C(p_C, V_C, T_C)$, 其中 $A \rightarrow B$ 为等温变化, 即 $T_A = T_B$; $B \rightarrow C$ 为等容变化, 即 $V_B = V_C$ 。

$$\text{对 } A \rightarrow B \text{ 有 } p_A V_A = p_B V_B, \quad (1)$$

$$\text{对 } B \rightarrow C \text{ 有 } \frac{p_B}{T_B} = \frac{p_C}{T_C}, \quad (2)$$

$$\text{又 } T_B = T_A, V_B = V_C, \text{ 代入①②式, 可得 } \frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_C V_C}{T_C}。$$

【解析】一定质量的理想气体从初态 (p_A, V_A, T_A) 变化到末态 (p_C, V_C, T_C) , 我们可以给它选定一个中间过渡状态, 使它从初态到中间态遵守一个实验定律, 从中间态到末态再遵守一个实验定律, 建立两个方程, 解方程消去中间状态参量便可得到气体的状态方程。组成方式有 6 种, 如图所示:



教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₂₅)

1. (1) 不可能 (2) 不可能 (3) 可能 (4) 不可能

【解析】根据 $\frac{pV}{T} = C$ (常量), 可知一定质量的理想气体, 不可能压强

与体积不变而温度发生变化, 所以(1)不可能; 压强不变, 而温度升高, 体积只能增加, 不可能减小, 所以(2)不可能; 而温度不变, 体积增加, 压强减小, 方程可能成立, 则(3)是可能的; 同理, 体积不变, 增加压强, 温度必升高, 所以(4)不可能。

2. 668 °C 【解析】以空气为研究对象, 则其初、末状态参量分别为初状态: $p_1 = 0.8 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 0.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $T_1 = 320 \text{ K}$,

$$\text{末状态: } p_2 = 40 \times 10^5 \text{ Pa}, V_2 = \frac{1}{17} \times 0.83 \times 10^{-3} \text{ m}^3,$$

$$\text{由理想气体的状态方程 } \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \text{ 得}$$

$$T_2 = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1} = \frac{40 \times 10^5 \times \frac{1}{17} \times 0.83 \times 10^{-3} \times 320}{0.8 \times 10^5 \times 0.83 \times 10^{-3}} \text{ K} = 941 \text{ K},$$

所以空气的温度为 $t_2 = (941 - 273) \text{ °C} = 668 \text{ °C}。$

3. 管内空气体积增大, 管内水银柱长度增大, 管内空气压强减小。

【解析】假设将玻璃管上提时管内空气柱的长度不变, 而气体压强减小, 由玻意耳定律得管内空气柱的长度增大, 而管内空气柱的长度不能增大到使管内水银柱到原来的高度, 所以管内水银柱的高度升高了。

第四节 气体热现象的微观意义

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₃₀)

1. (1) 某地区的超市每天新鲜牛奶的销售量就是一个统计平均值。超市是根据该地区消费人群的平均消费量来进货的, 每天去买牛奶的

人不一定是同样的,但每天该地区牛奶的销售量基本上是不变的。有时也会出现小幅度的涨落,或多或少,但牛奶需求量大致不变。

(2)城市交通,在交叉路口不同方向红绿灯的时间分配是根据长时间对车流量的统计来设定的。但有时也会出现偏差,如遇到大型活动或突发事件。

(3)对肺癌病例统计,发现与生活习惯、生活环境等某些因素有关,从而可以通过统计数据指导人们如何改变不良的生活习惯、保护生活环境。

2. 根据理想气体状态方程,压强变为原来的0.5倍。

【解析】温度升高为原来的1.5倍,说明气体分子的平均动能增加为原来的1.5倍,分子在单位面积上撞击器壁的平均作用力增加为原来的1.5倍。而体积增大为原来的3倍,说明分子在单位面积上撞击器壁的分子数平均变为原来的 $\frac{1}{3}$,所以综合分析可得压强变为原来的0.5倍。

第九章 固体、液体和物态变化

第一节 固体

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₃₃)

晶体的微观结构中的微粒按一定的规则排列,具有空间周期性。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₃₆)

1. 以上实验说明该薄片在 x 、 y 两个方向上导热性能相同,说明该薄片导热性能的各向同性,则该薄片可能是非晶体,也可能是多晶体。

2. 还需知道食盐的摩尔质量 M 和阿伏加德罗常数 N_A , $1.41 \sqrt[3]{\frac{M}{2\rho N_A}}$ 。

【解析】还需知道食盐的摩尔质量 M 和阿伏加德罗常数 N_A 。在一个小立方体内有4个 Na^+ ,而每个 Na^+ 又为8个小立方体共有,所以每个小立方体对应 $\frac{1}{2}$ 个 NaCl 。设每个小立方体的边长为 a ,则

$$\rho a^3 N_A = \frac{1}{2} M, \text{ 即 } a = \sqrt[3]{\frac{M}{2\rho N_A}}.$$

相邻两个 Na^+ 之间的距离为 $d = \sqrt{2}a \approx 1.41 \sqrt[3]{\frac{M}{2\rho N_A}}$ 。

3. (1) 1.91F, 1.71F (2) 见解析。

【解析】(1) 固体分子能够凝聚在一起,是因为固体分子(原子)间存在着强大的分子引力作用,而不是离子间的库仑力。由题意可知,相距为 r 的两离子间的引力为 $F = \frac{A}{r^2}$,由题图可知每个钠离子在扇形内有3个离子与之作用。

所以 M 受的力为 $F_M = 2 \times \frac{A}{r^2} \cos 45^\circ + \frac{A}{(\sqrt{2}r)^2} = 1.91 \frac{A}{r^2} = 1.91F$ 。

N 受的力为 $F_N = \frac{A}{r^2} + 2 \times \frac{A}{(\sqrt{2}r)^2} \cos 45^\circ = 1.71 \frac{A}{r^2} = 1.71F$ 。

(2) 由以上计算知, $F_M > F_N$,所以在岩盐受到敲击时,在平行于正方形一边的方向上容易断裂。

第二节 液体

教材课上思考

【做一做】(教材 P₃₇)

过一两个月后观察,发现铅块、铁块等物体会进入沥青中去,这说明沥青等非晶体并不是真正的固体,它跟液体非常相似,只是黏稠度比液体大得多。

【说一说】(教材 P₃₈)

液体表面张力使液体表面具有收缩的趋势,它使液体表面积最小,液滴呈球形时,表面积最小,但由于重力作用,使液滴呈椭圆形。液滴越小,重力越小,液滴就越接近球形。

【演示】(教材 P₃₉)

水滴滚下,洁净的玻璃板上有水的痕迹,涂蜡的玻璃板上没有。

【说一说】(教材 P₃₉)

用棉线做酒精灯的灯芯,而不用丝线;在做托里拆利实验时,实验桌上放有大的玻璃板,这样撒的水银容易拾起来。

【说一说】(教材 P₄₀)

毛巾吸汗、砖块吸水、粉笔吸墨水是利用毛细现象;给农作物翻地是防止毛细现象。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₄₁)

1. 玻璃管的裂口烧熔后,熔化的玻璃的表面层在表面张力作用下收缩到最小表面积,从而使断裂处的尖端变圆。
2. 会呈现标准的球形。在处于失重状态的宇宙飞船中,由于消除了重力的影响,水银的表面层在表面张力作用下收缩到最小表面积,所以呈现球形。
3. 因为水将纱线浸湿后,在纱线孔隙中形成水膜,水膜的表面张力使得雨水不会滴下。
4. 针能浮在水面上是由于水面的表面张力的作用。把针按下水面,液面对针无作用力,针的重力大于浮力,针自然要下沉。
5. 在衣料上、下的棉纸内有许多细小的孔道起着毛细管的作用,当蜡或油脂受热熔化成液体后,由于毛细现象,它们就会被棉纸吸掉。
6. 应选用对酱油不浸润的材料(即黄颜色的那种)。因为用不浸润酱油的材料做瓶口,瓶口不易附着酱油。

第三节 饱和汽与饱和汽压

教材课上思考

【做一做】(教材 P₄₂)

水会沸腾起来,因为压强减小时沸点降低。

【思考与讨论】(教材 P₄₃)

密闭容器里液体分子依然会飞离液面,但是在单位时间内液体分子飞离液面的分子数与回到液面的分子数相等,所以看到液体不会减少。这是一个动态平衡。

【说一说】(教材 P₄₃)

水的沸点是水的饱和汽压与外界大气压相等时水的饱和汽压所对应的温度。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₄₅)

1. 潮湿的天气里,空气中水蒸气含量高,从空气中回到衣服的水分子数较多,故不易晾干。
2. 液面上部蒸汽达到饱和时,是一种动态的平衡,即在相同的时间内,从液体中飞出的分子数等于回到液体中的分子数,故仍有分子飞出;但由于蒸汽的密度不再增大,液体也不再减少,所以从宏观上看,蒸发停止了。
3. 温度降低时,液体分子的平均动能减小,单位时间里从液面中飞出的分子数减少,回到液体中的分子数大于从液体中飞出的分子数,气态水分子密度减小,直到达到新的动态平衡,故当温度降低时,饱和汽密度减小。
4. 雾珠是在窗玻璃的内表面。因为在严寒的冬天,房间内外温差很大,室内温度高,空气的绝对湿度大,而在房间窗玻璃处温度很低,空气的饱和汽压很小,当空气的饱和汽压小于绝对湿度时,就会有雾珠出现。
5. 20℃时空气中水蒸气的饱和汽压为 $2.3 \times 10^3 \text{ Pa}$,此时的相对湿度 $\varphi = \frac{p}{p_s} \times 100\% = \frac{2.1 \times 10^3}{2.3 \times 10^3} \times 100\% \approx 91.3\%$ 。
6. 由资料可知30℃时,空气的饱和汽压为 $4.24 \times 10^3 \text{ Pa}$,15℃时,饱和汽压为 $1.71 \times 10^3 \text{ Pa}$,又由题意知30℃时,空气的相对湿度为60%,

因为 $\varphi = \frac{p}{p_s} \times 100\%$, 则 $p = \varphi \times p_s = 60\% \times 4.24 \times 10^3 \text{ Pa} = 2.54 \times 10^3 \text{ Pa}$, 大于 15°C 时的饱和汽压, 故夜里会出现饱和汽, 并有露珠形成。

第四节 物态变化中的能量交换

教材课上思考

【说一说】(教材 P₄₇)

加热灶给汽化池加热(注意控制温度)使酒汽化, 汽化后的气体经输汽管进入冷凝池降温, 使气体液化为液态酒, 达到提纯的目的。

【“科学漫步”中的“问题”】(教材 P₄₇)

水蒸气的临界温度是 100°C 。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₄₈)

1. 晶体熔化时需要从外界吸热, 而温度又不升高, 这些热量是用来破坏晶体的物质结构、增加分子的势能, 而不是增加分子的平均动能。

2. 4.8°C 【解析】排掉 0.5 kg 汗需要吸收的热量

$$Q = Lm = 2.4 \times 10^6 \times 0.5 \text{ J} = 1.2 \times 10^6 \text{ J},$$

该热量导致运动员降低的体温为 Δt , 则 $Q = cm\Delta t$, $\Delta t = \frac{Q}{cm}$,

将 $c = 4.2 \times 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$, $m = 60 \text{ kg}$ 代入, 可得 $\Delta t = 4.8^\circ\text{C}$ 。

3. $1.58 \times 10^3 \text{ W}/\text{m}^2$ 【解析】熔化掉重力为 3.49 N 的冰球需吸收的能量: $Q = \lambda m = 3.35 \times 10^5 \times \frac{3.49}{9.8} \text{ J} = 1.19 \times 10^5 \text{ J}$ 。

此热量就是太阳在 40 min 内照射在直径为 0.2 m 的冰球上的热量,

设太阳垂直照射在单位面积上的辐射功率为 P , 则 $Q = PtS$, $P = \frac{Q}{tS} =$

$$\frac{1.19 \times 10^5}{40 \times 60 \times 3.14 \times \left(\frac{0.2}{2}\right)^2} \text{ W}/\text{m}^2 = 1.58 \times 10^3 \text{ W}/\text{m}^2。$$

第十章

热力学定律

第一节 功和内能

教材课上思考

【做一做】(教材 P₅₁)

当瓶塞跳出时, 我们会发现瓶内和瓶口处有“白雾”产生。我们所选的研究对象是瓶内水面上方的水蒸气, 瓶塞跳出的过程是系统膨胀对外界做功的过程, 在这个过程中系统的内能减少。瓶内和瓶口处的“白雾”实际上是瓶内的水蒸气液化形成的无数小液滴, 水蒸气液化过程中内能减少。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₅₂)

1. (1) 钻木取火; (2) 锤打铁钉, 铁钉温度升高, 内能增大。

2. 图 10.1-2 实验中是机械能转化为系统的内能。图 10.1-3 实验中是机械能先转化为电能, 电能再转化为系统的内能。

3. 气体在真空中膨胀时, 不会受到来自外界的压力, 属于自由膨胀, 气体不需要做功, 而在大气中做绝热膨胀时, 气体会受到外界大气的压力作用, 需克服外界大气的压力而对外做功, 所需的能量来自气体自身的内能。

【注意】功是能量转化的量度, 做功的过程是能量转化的过程。

第二节 热和内能

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₅₃)

1. (1) 从外界吸收热量, 内能增加; (2) 向外界放热, 内能减小。

2. 铅弹在射入木块的过程中, 子弹克服阻力做功, 机械能减少, 子弹停止时, 机械能已完全转化为内能,

铅弹在射入木块过程中 $W = \Delta U = \frac{1}{2}mv^2$, ①

对铅弹: $80\% \Delta U = cm\Delta t$, ②

$$\text{由①②两式得 } \Delta t = \frac{0.4v^2}{c} = \frac{0.4 \times 200^2}{0.13 \times 10^3} ^\circ\text{C} \approx 123^\circ\text{C},$$

所以铅弹温度升高 123°C 。

【注意】铅弹克服阻力所做的功, 并不一定全部转化为内能。像本题中, 如果木块是放在光滑的水平面上, 最终铅弹和木块达到共同速度, 在这一过程中铅弹机械能的减少量转化(或转移)为两部分: 一是使木块的动能增加; 二是转化为内能。

第三节 热力学第一定律 能量守恒定律

教材课上思考

【说一说】(教材 P₅₆)

这种永动机是在一个轮子的边缘等距离地安装 12 根活动短杆, 杆端分别套上一个重球。无论轮子转到什么位置, 右边的各个重球总比左边的各个重球离轴心更远一些。设想, 右边更大的作用特别是右边甩过去的重球作用在离轴较远的距离上, 就会迫使轮子按照箭头所示的方向永不停息地旋转下去, 至少转到轮轴磨坏时为止。但是, 实际上轮子转动一两圈后就停了下来, 在这种永动机的设计中, 我们总可以找到一个平衡位置, 在这个位置上, 各个力恰好相互抵消, 不再有任何推动力使它运动。永动机必然会在这个平衡位置上静止下来, 变成不动机。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₅₆)

1. 690 J 【解析】由热力学第一定律知: $\Delta U = Q + W = -210 \text{ J} + 900 \text{ J} = 690 \text{ J}$ 。

2. (1) $Q_1 < Q_2$ (2) 见解析。

【解析】(1) 把活塞和汽缸固定, 使空气升温, 属于等容升温过程, $W = 0$, 空气内能的变化量等于吸收的热量 Q_1 , 即 $\Delta U = Q_1$ 。如果让活塞可以自由滑动, 汽缸内空气做等压升温变化, 气体体积增加, 气体对外界做功, $W < 0$, 由热力学第一定律知 $\Delta U = Q_2 + W$, 由于空气升高相同的温度, 两种情况中内能增量相同, 则 $Q_2 = \Delta U - W > Q_1$ ($W < 0$)。

(2) 气体在定压升温过程中体积膨胀, 对外界做功, 而在定容升温过程中不需对外界做功, 由 $Q_2 > Q_1$ 及 $Q = cm\Delta t$ 可判定升高相同的温度, 吸收热量多的比热容大。

【注意】①在公式 $\Delta U = Q + W$ 中, 系统对外界做功 $W < 0$; 外界对系统做功 $W > 0$ 。

②比热容不同, 是由于升高相同温度的情况下吸收的热量不同造成的。

3. $4.2 \times 10^4 \text{ J}$ 【解析】设阳光直射时地面上每平方米每分钟接受的太阳能量为 P , 则: $PSt = cm\Delta t$ 。

$$P = \frac{cm\Delta t}{St} = \frac{4.2 \times 10^3 \times 0.6 \times 1}{0.03 \times 2} \text{ J} = 4.2 \times 10^4 \text{ J}。$$

4. 0.143°C 【解析】按一层楼高 3 m 计算, 20 层的高度

$$h = 20 \times 3 = 60 \text{ m},$$

设单位时间内落下的水的质量为 m , 并将所有机械能转化为内能被水全部吸收, 则有 $\Delta E_p = Q$, 即 $cm\Delta t = mgh$,

$$\Delta t = \frac{gh}{c} = \frac{10 \times 60}{4.2 \times 10^3} ^\circ\text{C} = 0.143^\circ\text{C}。$$

5. $1.41 \times 10^8 \text{ J}$ 【解析】 $Q = cm\Delta t = 4.2 \times 10^3 \times 400 \times (37.0 - 33.5) \times 24 \text{ J} = 1.41 \times 10^8 \text{ J}$ 。

6. 在课本的表达式 $\Delta U = Q + W$ 中, W 表示外界对物体所做的功。物体对外界所做的功与外界对物体所做的功大小相等、符号相反。所以, 用 W 表示物体对外界所做的功时, 热力学第一定律应写成 $\Delta U = Q - W$, 即 $Q = \Delta U + W$ 。上述表达式的物理意义是: 物体从外界吸收的热量 Q , 等于物体内能的增加量 ΔU 加上物体对外界所做的功 W 。

第四节 热力学第二定律

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₆₀)

虽然第二类永动机不违反能量守恒定律,但大量的事实证明,在任何情况下热机都不可能只有一个热源,热机要不断地把吸取的热量变为有用的功,就不可避免地将一部分热量传给低温热源。

若热机从高温热源吸收热量 Q_1 , 其中一部分转化为对外所做的机械功 W , 另一部分热量 Q_2 随废气放出到冷凝器中。根据能量转化和守恒定律, 应有 $Q_1 = W + Q_2$, 热机效率 $\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 1$ 。可见, 任何热机(即使是理想热机, 没有摩擦, 也没有漏气等能量损失)都不可能把吸收的能量百分之百地转化成机械能, 总有一部分热量 Q_2 散发到冷凝器中。也就是说, 那种没有冷凝器, 只有单一热源, 从这个单一热源吸收的热量全部用来做功而不引起其他变化的热机(也被称为第二类永动机), 是永远不可能制造成功的。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₆₁)

1. 化学能变成了汽缸内气体的内能, 一部分内能转化为汽车的动能, 另一部分散失到周围环境中成为环境的内能, 然后汽车的动能由于摩擦又转化为环境的内能。汽缸内气体的内能还有一部分通过汽车发电机转化为蓄电池内的化学能, 使用蓄电池时, 这部分化学能转化为电能, 又通过车灯转化为光能, 光照射地面、空气, 转化为环境的内能。
2. A、B 不可能发生; C、D 能够发生。能够发生的现象不违背热力学第二定律。

【解析】电冰箱内部的温度比外部低, 但是制冷系统还能不断地把箱内的热量传给外界的空气, 这是因为电冰箱消耗了电能对制冷系统做了功。这个过程不是自发进行的, 它引起了其他变化, 即消耗了电能, 因此它不违背热力学第二定律。

3. 为了求出煤气灶烧水的效率, 需求出烧水过程中消耗的煤气完全燃烧时放出的热量 $Q = P\Delta V$ (P 为单位体积的煤气完全燃烧放出的能量), 因此要知道 P 的数值, 2.5 L 水烧开所需吸收的热量为 $Q_{\text{吸}} = cm\Delta t = \rho_{\text{水}} V_{\text{水}} \Delta t$, 所以效率为 $\eta = \frac{Q_{\text{吸}}}{Q} = \frac{\rho_{\text{水}} V_{\text{水}} \Delta t}{P(V_2 - V_1)}$, 式中各量都用国际单位制中的单位。

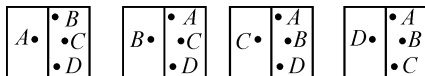
第五节 热力学第二定律的微观解释

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₆₃)

左、右有 2 个分子的微观态有 6 个, 如图所示。依据“排列与组合”来计算为 C_4^2 。

左室有 1 个分子, 右室有 3 个分子的微观态有 4 个, 如图所示。依据“排列组合”来计算为 C_4^1 或 C_4^3 。



教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₆₆)

1. (1) 题图中 6 个球总共有 8 种不同的排列, 所以同时排列成三个词的
概率为 $\frac{1}{8}$ 。
(2) 若取掉右边的隔板, 右边 4 个球能组成“合作、创造”“创造、合作”2 种排列, 而总共的排列数为 $A_4^4 \times 2 = 48$ 种, 所以此时能排列成这三个词的
概率为 $\frac{2}{48} = \frac{1}{24}$ 。若取掉左边的隔板, 左边 4 个球能组成“自主、合作”“合作、自主”2 种排列, 而总共的排列数为 48 种, 此时的
概率为 $\frac{2}{48} = \frac{1}{24}$ 。
(3) 若将两隔板同时取去, 6 个球能组成“自主、合作、创造”这三个词的
排列情况有 6 种, 而 6 个球总共的排列数为 $A_6^6 = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 720$ 种, 所以 6 个球能同时排列成这三个词的
概率为 $\frac{6}{720} = \frac{1}{120}$ 。
(4) 取消隔板后让小球在系统内自发、充分地运动, 其无序性增大了。
2. 由于盆的形状确定, 水在盆中所处的宏观态对应的微观态数目少, 较为有序。当把水泼出后, 它的形状不受盆的限制, 各种可能的形状都有, 此时所处的宏观态对应的微观态数目将变得非常多, 较为无序。因为自发的过程总是从有序向着无序发展, 所以水不会自发地聚到盆中。

第六节 能源和可持续发展

教材课上思考

【思考与讨论】(教材 P₆₇)

- ① 流水带动水磨做功, 水的机械能转化为磨的机械能, 最终转化为内能。
- ② 张飞发出的吼声转化为水的机械能, 最终转化为水的内能。
- ③ 光能最终转化为内能。
- ④ 电能最终转化为内能。
- ⑤ 化学能最终转化为内能。

教材课后习题

【问题与练习】(教材 P₇₀)

1. A、B、C、D 都正确。
2. 142 688 W 【解析】时间 t 内吹到风力发电机上的空气的质量为 $m = \rho S v t$ 。①
设发电机的功率为 P , 则有 $\frac{1}{2} m v^2 \cdot 20\% = P t$ 。②
由①②两式得
 $P = 0.1 S \rho v^3 = 0.1 \times 400 \times 1.3 \times 14^3 \text{ W} = 142\,688 \text{ W}$ 。
3. 19.2 °C 【解析】每天被太阳能热水器吸收的太阳能
 $E = E_0 S t$, ①
水吸收的热量
 $Q_{\text{吸}} = c m \Delta t$, ②
 $E \cdot 20\% = Q_{\text{吸}}$, ③
由①②③式代入数值得 $\Delta t = 19.2 \text{ °C}$,
所以这个热水器最多能使 500 kg 的水温度升高 19.2 °C。