

5. A 【解析】计算机 CPU 中采用了半导体材料, A 错误. 家用电冰箱门为了关闭得更严, 采用了带有磁性的橡胶封条, B 正确. 1 纳米等于 10^{-9} 米, 原料的几何尺寸达到这个级别, 可以获得特殊性能, C 正确. 光纤通信和微波通信的传播介质不同, 所以电磁波的速度不相同, D 正确. 本题选说法错误的, 故选 A.

刷易错

★易错点 误认为单晶体在各个物理性质上都是各向异性

6. C 【解析】表现出各向同性的可以是多晶体, 也可以是非晶体, 并且单晶体的某些物理性质也表现出各向同性, 不能根据各向异性或各向同性来鉴别晶体和非晶体, 故 A 错误; 沿各个方向对一块均匀薄片施加拉力, 发现其强度一样, 力学性质表现出各向同性, 但并不能判断出其他物理性质是否也具有各向同性, 则薄片可能是非晶体, 也可能是多晶体, 还可能是单晶体, 故 B 错误; 一个固体球, 如果沿其各条直径方向的导电

性能不同, 即具有各向异性, 则该球一定是单晶体, 故 C 正确; 单晶体具有各向异性的特征, 仅指某些物理性质, 并不是所有的物理性质都是各向异性的, 故当晶体某一物理性质显示各向同性, 并不意味着该晶体一定不是单晶体, 故 D 错误.

易错分析

通常说的物理性质包括弹性、硬度、导热性、导电性、对光的折射率等. 单晶体的各向异性是指单晶体在不同方向上物理性质不同, 也就是沿不同方向去测试晶体的物理性能时测量结果不同. 但同时要注意, 单晶体的各向异性, 不是说每种单晶体都能在各种物理性质上表现出各向异性. 例如, 云母、石膏在导热性上表现出各向异性, 即在不同方向上传热的快慢不同; 方铅矿晶体在导电性能上表现出显著的各向异性, 即沿不同方向的电阻率不同; 立方铜晶体在弹性上表现出显著的各向异性, 即沿不同方向的弹性不同; 方解石晶体在对光的折射能力上表现出显著的各向异性, 即沿不同方向的折射率不同.

第三章 热力学定律

第一~二节 热力学第一定律/能量守恒定律及其应用

刷基础

1. C 【解析】温度是分子平均动能的标志, 温度相同, 分子平均动能相同, 质量不同、温度相同的氢气和氧气, 分子平均动能相同, 故 A 错误; 物体是由大量分子组成的, 分子可再分为原子, 故 B 错误; 物体的内能取决于物体的温度、体积以及物态等, 物体的内能改变时温度不一定改变, 例如 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水变为水蒸气过程中, 内能增大而温度不变, 故 C 正确; 内能是物体中所有分子热运动所具有的动能和势能的总和, 故 D 错误.
2. C 【解析】一定质量的 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰熔化成 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水时, 温度不变, 分子的平均动能不变, 则分子的动能之和不, 故 A、B 错误; $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰熔化成 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水时, 需要吸收热量, 所以其内能一定增加, 而其分子总动能不变, 则分子的势能之和增大, 故 C 正确, D 错误.
3. C 【解析】孔明灯是利用热空气上升的原理制成的, 点燃后, 灯内空气受热体积膨胀, 因而灯内空气的密度变小, 孔明灯重力减小, 而浮力不变, 从而升空, A 错误; 点燃后, 灯内气体的温度升高, 灯内空气受热后体积膨胀, 灯内气体质量减少, 减少量不能确定, 因此内能的变化不能确定, B 错误; 点燃后升空过程中, 由于灯内气体的温度升高, 气体分子的平均动能增大, 分子间的平均撞击力增大, C 正确, D 错误.
4. ABD 【解析】用压力 F 向下压活塞时, 外界对气体做功, 因和外界没有热交换, 可知气体的内能增加; 气体的温度升高,

气体分子的平均动能增加, 分子对器壁单位面积碰撞的冲力增大; 由理想气体状态方程可知, 温度升高、气体体积减小, 故气体的压强增大, C 正确, 不符合题意; A、B、D 错误, 符合题意.

5. A 【解析】由热力学第一定律知, 改变内能的方法有热传递和做功两种方式, 气体被缓慢压缩时, 如果同时对外放热, 气体内能可能不变, 故 A 正确; 能源有可利用能源和不可利用能源之分, 自然界的总能量保持不变, 我们应该节约使用的是可利用能源, 故 B 错误; 由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = c$ 可知, 一定质量的理想气体, 在压强减小、体积增大时, 气体温度的变化无法判断, 则无法判断气体内能的变化, 无法确定气体与外界的热传递情况, 故 C 错误; 一定质量的理想气体, 温度降低, 气体内能减小, 体积增大, 气体对外做功, 根据热力学第一定律, $\Delta U = Q + W$ 可知, 由于不知道 W 和 ΔU 的大小关系, 则无法判断气体吸放热情况, 故 D 错误.

6. A 【解析】打开阀门 K 后, P 中气体进入 Q 中, 由于 Q 内为真空, 气体体积增大时并没有对外做功, 又因为系统没有热

易错点: 理想气体自由膨胀对外不做功

交换, 由热力学第一定律可知, 系统内能不变, 温度不变, 故选 A.

7. D 【解析】在汽车匀减速前进时, 加速度向左, 活塞所受合外力向左, 则活塞相对气缸向右运动, 缸内气体体积减小, 压

关键点: 根据加速度的方向, 判断出活塞相对气缸运动的方向

强变大,外界对气体做正功,因活塞和缸体绝热,可知气体内能增加,温度升高,则气体分子的平均动能增加,分子数密度增加,可知单位时间内分子撞击活塞的次数增多,故 A、B、C 错误,D 正确。

8. AB 【解析】因为气缸 a 上部为真空,气缸 a 绝热且不计活塞质量,故活塞上升过程中,气缸 a 中封闭的气体既不吸热、放热也不对外做功,因此内能不变,A 正确,C 错误;气缸 b 中活塞向上运动的过程中,其密封的气体体积增大,对外做功,故内能减小,温度降低,分子的平均动能减小,D 错误;由于气缸 b 中密封的气体体积增大,温度降低,根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = c$ 可知,气缸 b 中密封的气体压强减小,B 正确。

9. AB 【解析】根据能量守恒定律可知,能量不会凭空消失,只能从一种形式转化为另一种形式,或从一个物体转移到另一个物体,故某种形式的能量减少,必然有其他形式的能量增加,某个物体的能量减少,必然有其他物体的能量增加,A、B 正确;第一类永动机违反了能量守恒定律,是不可能制成的,C 错误;石子从空中落下,最后静止在地面上,石子的机械能转化为其他形式的能,能量并没有消失,D 错误。

刷易错

★易错点 1 热传递条件错误判断

10. D 【解析】两个物体之间发生热传递的条件是存在温度差,与内能、比热容、热量等无关,故 A、B、C 错误;热量总是自发地从高温物体传递给低温物体,当温度相等时传热停止,故 D 正确。

易错分析 只要两个相互接触的物体间有温度差,热传递就会进行,与原来物体内能大小无关。热传递过程热量可以由内能大的物体传到内能小的物体,也可以由内能小的物体传到内能大的物体,直到二者温度相等,达到热平衡,热传递结束。

★易错点 2 分子势能为系统共有

11. D 【解析】由题图乙可知,分子间距离为 r_0 时,两分子之间的分子势能最小,分子力为零,则两个完全相同的分子从题图甲所示位置由静止释放后,在相互作用的斥力下,A 分子向左运动,B 分子向右运动,运动的加速度大小相同,当分子 B 到达坐标 r_0 时,A 向左运动相同的距离,两分子之间的距离大于 r_0 ,分子之间作用力不为零,A 错误;整个运动除分子间的作用力外不考虑其他外力,动能和势能的总和不变,可得分子间距离为 r_0 时,两分子之间的分子力为零,分子势能最小,动能最大,此时减小的势能为 $\Delta E_p = E_1 -$

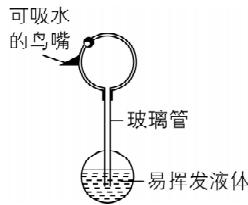
$(-E_0) = E_1 + E_0$,减小的势能转化为两个分子的动能,则分子

B 的最大动能为 $E_{kB} = \frac{E_1 + E_0}{2}$,B 错误;由题图乙可知,两分子从静止释放到相距无穷远的过程中,它们之间的分子势能先减小后增大,C 错误;当两分子间距无穷远时,设分子 A 和 B 的速度大小为 v ,则有 $E_1 = 2 \times \frac{1}{2}mv^2$,解得 $v = \sqrt{\frac{E_1}{m}}$,D 正确。

易错分析 分子势能是 A、B 组成的系统所共有的,系统在只有分子力做功的情况下,分子动能和分子势能的总和保持不变,系统的势能减少多少,两个分子的总动能就增加多少;另外,本题还需要注意,分子势能最小时,分子力为零。

刷提升

1. A 【解析】玩具饮水鸟的内部结构如图所示,其原理是先在鸟嘴上滴一些水,水分蒸发过程中吸热使得头部气压小于肚子中的气压,从而使肚子中的部分液体压入头部,使重心上移,鸟的身体变得不稳定而发生倾斜,倾斜的过程中肚子中的玻璃管口脱离液面,从而使头部的液体又回流到肚子中,使鸟的身体再回到开始的竖直状态,而刚才倾斜的过程中鸟嘴刚好又沾到了水,之后鸟回到竖直状态后,鸟嘴的水分蒸发,重复前面的运动过程,即饮水鸟上下运动的能量来源于周围空气的内能,A 正确;根据上述分析可知,当水杯中的水干了之后,由于不能形成头部和肚子内空气的压强差,小鸟不能再上下运动,即小鸟不能点头“喝”水,B 错误;这种玩具饮水鸟仍然遵循能量守恒定律,不是一架永动机,此现象没有违背热力学第一定律,C、D 错误。



2. B

思路导引 已知活塞受力平衡,细沙缓慢漏出,根据力的平衡条件,可知封闭气体压强的变化;活塞上移,根据做功改变物体的内能,得出内能的变化;根据内能和温度的变化,判断热敏电阻的阻值变化,然后得出指针的偏转方向。

【解析】在细沙缓慢漏出的过程中,对活塞,有 $pS + mg = p_0S$, m 逐渐减小,则气体的压强增大,活塞在大气压的作用下向上运动,气体体积减小,外界对气体做功,又活塞和气缸绝热,则气体的内能增大,温度升高,压强增大,故 A、C 正确,B 错误;由于热敏电阻的阻值随温度的升高而减小,电阻表示数减小,指针向右偏转,故 D 正确。本题选说法不正确的,

易错点: 电阻表表盘右侧数值小

故选 B。

3. C 【解析】由题图 2 可知, $F-l$ 图像与横轴围成图形的面积表示力做的功, 由题可知实线和虚线与坐标轴所围成图形的

面积相等, 虚线表示恒力做功, 即 $F=200\text{ N}$, 位移 $l=0.1\text{ m}$,

则活塞对气体做功为 $W=Fl=200\text{ N}\times 0.1\text{ m}=20\text{ J}$, 气体向外放热 2 J , 由热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$, 可得筒内气体内能增加 $\Delta U=18\text{ J}$, 故 **C 正确**.

4. AD 【解析】气体扩散时, N 内为真空, 气体自由膨胀, 没有对外做功, 所以 $W=0$, 如果容器绝热, 则容器内气体内能不变, 温度不变, 容器导热性能良好, 且外界温度恒定, 气体与外界无温差, 即气体扩散时与外界无热量交换, 故 **A 正确**, **B 错误**; 气体被活塞压缩过程中, 外界对气体做功, 则 $W>0$, 容器导热性能良好, 外界温度恒定, 气体温度不变, 内能不变, 则 $\Delta U=0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$, 可得 $Q=-W<0$, 即气体向外界放热, 故 **C 错误**; 根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=c$, 气体被压缩到原来体积, V 不变, c 不变, T 不变, 则压强不变, 与抽开隔板前压强相等, 故 **D 正确**.

教材变式 本题目由教材 P60 第 2 题演变而来. 教材考查了气体自发扩散前后及气体在被压缩的过程中内能的变化情况, 本题延伸考查了气体的吸放热情况及压强变化情况.

刷素养

5. -700 J

【解析】由题图可知, $p_a V_a = p_b V_b$, 结合理想气体状态方程可知 $T_a = T_b$, 即 acb 过程初、末内能相同,

由热力学第一定律有 $\Delta U_1 = Q_1 + W_1$,

可知 acb 过程外界对气体做功为 $W_1 = -500\text{ J}$,

同理可得 bda 过程内能变化也为零, 有 $\Delta U_2 = Q_2 + W_2 = 0$,

其中 $W_2 = 4 \times 10^5 \times (4-1) \times 10^{-3}\text{ J} = 1\,200\text{ J}$, 则 $Q_2 = -1\,200\text{ J}$,

因此 $acbdba$ 过程吸收的热量 $Q = Q_1 + Q_2 = -700\text{ J}$.

专题三 热力学第一定律和气体实验定律综合

刷题型

1. D 【解析】 $a \rightarrow b$ 过程, 由图像可知 $\frac{p}{T} = c$, 可知该过程中气体的体积不变, 气体分子数密度不变, 故 **A 错误**; $b \rightarrow c$ 过程, 气体温度升高, 气体分子速率分布中速率大的区间分子数占总分子数的比例增加, 速率小的区间分子数占总分子数的比例减少, 故 **B 错误**; 根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = c$, 可得 $p = \frac{c}{V}T$, $c \rightarrow a$ 过程, 图像上点与原点连线斜率逐渐增大, 则气体体积逐渐减小, 外界对气体做正功, 由于气体温度降低, 气体内能

减少, 根据热力学第一定律可知, 气体放出的热量大于气体内能的减少量, 故 **C 错误**; 根据 $p = \frac{c}{V}T$, $a \rightarrow b$ 过程, 气体体积不变, 做功为 0, $b \rightarrow c$ 过程, 气体体积逐渐增大, 外界对气体做负功, $c \rightarrow a$ 过程, 气体体积逐渐减小, 外界对气体做正功, 由于 $b \rightarrow c$ 与 $c \rightarrow a$ 两个过程气体体积变化量的绝对值相同, $b \rightarrow c$ 过程的压强大于 $c \rightarrow a$ 过程的压强, 可知 $b \rightarrow c$ 过程外界对气体做负功的绝对值大于 $c \rightarrow a$ 过程外界对气体做的正功, 则 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ 过程, 外界对气体做负功, 由于气体的内能不变, 根据热力学第一定律可知, 气体从外界吸收热量, 故 **D 正确**.

2. C 【解析】由题图可知从 A 到 B 的过程气体的温度不变, 体积增大, 根据 $\frac{pV}{T} = c$, 可知压强减小, 故 **A 错误**; 由题图可知从 B 到 C 的过程气体体积不变, 对外界不做功, 温度升高, 内能增加, 根据 $\Delta U = W + Q$, 可知 $Q > 0$, 即从外界吸收热量, 故 **B 错误**; 从 A 到 B 过程, 温度不变, 由 $p_A V_A = p_B V_B$, 解得 $p_A = 2 \times 10^5\text{ Pa}$, 由题图可知, A 、 C 连线为过原点的直线, 可知从 C 到 A 为等压过程, 外界对气体做功为 $W_{CA} = p_A (V_C - V_A) = 200\text{ J}$, 对全过程, 有 $\Delta U = W_{CA} + W_{AB} + Q$, 又 $Q = -32.8\text{ J}$, $\Delta U = 0$, 解得 $W_{AB} = -W_{CA} - Q = -167.2\text{ J}$, 即从 A 到 B 的过程中气体对外界所做的功为 167.2 J , 故 **C 正确**; 根据 C 选项分析可知, 从 C 到 A 的过程为等压过程, 气体温度降低, 分子平均速率减小, 单位时间内撞到单位面积上的分子数增加, 故 **D 错误**.

3. D 【解析】 $a \rightarrow b$ 过程是等压过程, 由题图可知, 气体体积变大, 气体对外界做功, 根据盖-吕萨克定律可知, 气体的温度升高, 则气体内能增大, 可知气体从外界吸收的热量一部分用于对外做功, 另一部分用于增加内能, 故 **A 错误**; $b \rightarrow c$ 过程气体与外界无热量交换, 即 $Q_{bc} = 0$, 气体体积增加, 对外做功, 可知 $W_{bc} < 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U_{bc} = W_{bc} + Q_{bc}$, 可知气体内能减小, 故 **B 错误**; $p-V$ 图像与横轴围成的面积表示做功, $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过

程图像与横轴围成的面积大于 $c \rightarrow a$ 过程图像与横轴围成的面积, 可知气体对外做功, 故 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ 过程, 气体对外做功大于外界对气体做功, 故 **C 错误**; a 、 c 在同一条等温线上, $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过程, $\Delta U_{abc} = W_{abc} + Q_{abc} = 0$, 可知气体从外界吸收的热量全部用于对外做功, 故 **D 正确**.

方法总结 根据 $p-V$ 图线求外界对气体做功

- (1) $p-V$ 图线与横轴围成图形的面积表示做功的大小;
- (2) 做功的正负通过体积的变化来判断.

4. (1) 600 K (2) $3 \times 10^5\text{ Pa}$ (3) 180 J 放热

【解析】(1) 由理想气体状态方程可得 $V = \frac{c}{p}T$, $V-T$ 图像中

BA 的延长线过原点,则理想气体从 A 状态到 B 状态的过程中,压强保持不变,

根据盖-吕萨克定律有 $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$,

代入数据解得 $T_B = \frac{V_B}{V_A} T_A = \frac{2 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-3}} \times 300 \text{ K} = 600 \text{ K}$.

(2) 由理想气体状态方程有 $\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_C V_C}{T_C}$, 解得 $p_C = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$.

(3) 理想气体从 A 状态到 B 状态的过程中,外界对气体做的功为 $W_1 = -p_A(V_B - V_A)$,

关键点: 注意正负号

解得 $W_1 = -120 \text{ J}$;

气体从 B 状态到 C 状态和从 D 状态到 A 状态的过程中,体积保持不变,外界对气体不做功;

从 C 状态到 D 状态的过程中,外界对气体做功为

$W_2 = p_C(V_C - V_D)$,

解得 $W_2 = 300 \text{ J}$,

一次循环过程中外界对气体所做的总功为

$W = W_1 + W_2 = 180 \text{ J}$,

理想气体从 A 状态完成一次循环回到 A 状态,始、末状态温度不变,所以内能不变, $\Delta U = 0$,

根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$, 解得 $Q = -180 \text{ J}$,

故完成一个循环,气体对外界放热 180 J.

方法总结 对于理想气体来说,由于分子间距比较大,分子势能忽略不计,理想气体内能的大小由分子动能决定,即一定质量理想气体的内能由温度决定;做功情况看气体体积的变化,体积减小,外界对气体做正功,体积增大,外界对气体做负功;绝热过程没有热传递;吸收热量和放出热量的求解用热力学第一定律.

- 5. AD** 【解析】假设活塞不动,由平衡条件可知 B 内气体压强不变,由 $\frac{V}{T} = c$ 可知, B 中气体的温度缓慢升高,体积必然增大,故两活塞将缓慢下降,故 A 正确, B 错误;两活塞将缓慢下降,气缸和活塞均绝热,故 $Q = 0$, A 中气体体积增大,故 $W_A < 0$, 由 $\Delta U = Q + W$ 可知 $\Delta U_A < 0$, A 中气体内能缓慢减小, C 中气体体积减小,故 $W_C > 0$, 由 $\Delta U = Q + W$ 可知 $\Delta U_C > 0$, C 中气体内能缓慢增大,故 C 错误, D 正确.

- 6. AC** 【解析】在 $b \rightarrow c$ 过程中,气体等压升温膨胀,活塞受力平衡,有 $1.5p_0S = p_0S + Mg$, 解得活塞质量为 $M = \frac{p_0S}{2g}$, 故 A 正

确;由题图甲、乙可知 $b \rightarrow c$ 过程气体压强为 $1.5p_0$, 体积增大

$\frac{SH}{2}$, 则 $b \rightarrow c$ 过程中气体对外做功为 $W = 1.5p_0S \cdot \frac{H}{2} =$

$\frac{3}{4}p_0SH$, 故 B 错误; $a \rightarrow d$ 全过程, 由理想气体状态方程有

$\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{2p_0 \cdot 2V_0}{T_d}$, 解得 $T_d = 4T_0$, 可知气体内能的变化量 $\Delta U =$

关键点: 结合题图甲、乙可知 d 状态时气体的体积是初始状态的 2 倍

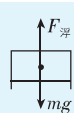
$\alpha(T_d - T_0) = 3\alpha T_0$, 即气体内能增加 $3\alpha T_0$, 故 C 正确; $a \rightarrow d$ 全过程, 气体体积增大, 气体对外做功, 根据热力学第一定律可知, 气体吸收的热量大于其内能的增加量, 故 D 错误.

- 7. (1)** ρSh $\rho gh + p_0$ **(2)** $\frac{(\rho gh + p_0)h}{p_0 - \rho gH} + H$ **(3)** 吸热, 理由见解析

思路导引 以盆为研究对象, 开始时盆的受力分析

如图所示. 向上提升盆的过程中, 气体的体积变大,

气体等温膨胀, 由热力学第一定律可得 $Q > 0$.



【解析】(1) 对盆受力分析有 $mg = \rho gSh$,

解得 $m = \rho Sh$,

盆内空气的压强 $p_1 = \rho gh + p_0$.

(2) 当在水面上方盆内的水高度为 H 时, 盆内空气的压强 p_2 满足

$p_2 + \rho gH = p_0$,

提升过程中盆内气体发生等温变化, 设此时盆底离水面的高度为 d , 根据玻意耳定律有 $p_1 hS = p_2 (d - H)S$,

联立解得 $d = \frac{(\rho gh + p_0)h}{p_0 - \rho gH} + H$.

(3) 等温过程, 内能不变, $\Delta U = 0$, 由第(2)问可知, 提升过程中, 盆内空气的压强减小, 体积增大, 气体对外做功, $W < 0$, 根据热力学第一定律有 $\Delta U = W + Q$,

可知 $Q > 0$, 故盆内空气吸热.

方法总结 热力学第一定律与玻璃管、气缸类结合问题的

解题方法

- (1) 熟悉玻璃管、气缸类的热力学计算方法, 求出气体状态参量;
- (2) 明确做功与气体体积变化的关系;
- (3) 根据 $\Delta U = Q + W$ 求气体内能的变化量或热量的变化量.

- 8. (1)** $\frac{M}{\rho S}$ **(2)** $\frac{h_0 + \Delta h_0}{h_0} T$ **(3)** $(p_0 S - Mg) \Delta h_0 + \Delta U$

【解析】(1) 设封闭气体的压强为 p , 对活塞受力分析可得

$$pS + Mg = p_0 S, \text{解得 } p = p_0 - \frac{Mg}{S},$$

$$\text{又因为 } \Delta p = p_0 - p = \rho g \Delta h,$$

$$\text{联立解得 U 形细管内两侧水银柱的高度差为 } \Delta h = \frac{M}{\rho S}.$$

(2) 加热过程中气体发生等压变化,

$$\text{则 } \frac{Sh_0}{T} = \frac{S(h_0 + \Delta h_0)}{T'},$$

$$\text{解得此时气体的温度为 } T' = \frac{h_0 + \Delta h_0}{h_0} T.$$

(3) 此加热过程中, 气体对外做功为

$$W = pS\Delta h_0 = (p_0 S - Mg) \Delta h_0,$$

$$\text{根据热力学第一定律得 } \Delta U = -W + Q,$$

易错点: 容易漏掉负号导致错解

$$\text{可得气体吸收的热量为 } Q = (p_0 S - Mg) \Delta h_0 + \Delta U.$$

第三节 热力学第二定律

刷基础

- 1. D** 【解析】热量不可能自发地从低温物体传递到高温物体, 若有外界做功, 热量可以从低温物体传递到高温物体, 比如冰箱, 故 **A 错误**; 可以从单一热源吸收热量, 使之完全变为有用功, 但是会引起其他变化, 故 **B 错误**; 不可能从单一热源吸收热量全部用来对外做功而不引起其他变化, 即不可能制造出单一热源的热机, 故 **C 错误**; 根据热力学第二定律, 即使没有漏气、摩擦、不必要的散热等损失, 热机也不可能把燃料产生的内能全部转化为机械能, 即效率达不到 100%, 故 **D 正确**.

关键点拨 热力学第二定律反映了宏观自然过程的方向性. 热传导具有方向性; 气体的扩散现象具有方向性; 机械能和内能的转化具有方向性; 气体的膨胀具有方向性; 自然过程具有方向性.

- 2. C** 【解析】由热力学第二定律可知, 热量不能自发地从低温物体传到高温物体, 除非有外界的影响或帮助, 电冰箱把热量从低温的内部传到高温的外部, 需要压缩机的帮助并消耗电能, **A 错误**; 电冰箱工作时消耗电能, 房间的总热量会增加, 房间温度会升高, **B 错误**; 电冰箱的工作原理不违反热力学第一定律和热力学第二定律, **C 正确, D 错误**.

易错分析 本题中有些同学易认为电冰箱的制冷系统能够不断地把冰箱内的热量传到外界, 而忽略其消耗了电能.

- 3. BCD** 【解析】大米和小米混合后小米能自发地填充到大米

空隙中, 这种现象与温度无关, 不是热现象, 不能用热力学第二定律解释, 故 **A 错误**; 将一滴红墨水滴入一杯清水中, 会均匀扩散到整杯水中, 经过一段时间, 墨水和清水不会自动分开, 这种现象与温度有关, 温度越高, 分子运动越剧烈, 扩散越快, 根据热力学第二定律可知, 墨水和清水不会自动分开, 故 **B 正确**; 冬季的夜晚, 放在室外的物体随气温的降低, 物体的内能减少, 根据热力学第二定律可知, 内能不会自发地转化为机械能而使物体动起来, 故 **C 正确**; 随着节能减排措施的不断完善, 根据热力学第二定律可知, 最终也不会使汽车热机的效率达到 100%, 故 **D 正确**.

- 4. B** 【解析】第二类永动机不能制成, 是因为违背了热力学第二定律, 但不违背能量守恒定律, **A 错误**; 一切自然过程总是沿着分子热运动的无序性增加的方向进行, 即向熵增加的方向进行, 所以热力学第二定律也叫熵增定律, **B 正确**; 根据热力学第二定律可知, 内能可全部转换为机械能, 但要引起其他变化, **C 错误**; 物体向外界释放热量, 同时外界对物体做功, 则物体的温度不一定会降低, **D 错误**.

- 5. BD** 【解析】绝热容器内的气体与外界没有热交换, 则 $Q = 0$, 气体向真空扩散, 没有对外界做功, 则 $W = 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$, 可知气体的内能不变, 温度不变, 气体体积变大, 气体系统无序度变大, 根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = c$ 可知, 压强减小, 故 **B、D 正确, A、C 错误**.

关键点拨 根据热力学第二定律的微观解释分析问题时应明确:

- (1) 一切自发过程都是大量分子从有序运动状态向无序运动状态转化发展的过程;
- (2) 自发过程是不可逆转的过程, 即不可能使大量分子无规则的热运动转化为有序的运动;
- (3) 大量分子无序运动状态变化的方向总是向无序性更大的方向进行.

- 6. C** 【解析】由于系统温度保持不变, 所以气体内能不变, 即 $\Delta U = 0$, 气阀舱 B 内为真空, 打开阀门 K , A 内的气体自由扩散, 该过程气体不做功, 根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$, 可知 $Q = 0$, 既不吸热也不放热, 故 **A、B 错误**; 气体体积增大, 则气体分子数密度减小, 温度不变, 分子的平均动能不变, 则气体分子在单位时间内对 A 舱壁单位面积碰撞的次数减少, 故 **C 正确**; 根据热力学第二定律可知, B 中气体不能自发地退回到 A 中, 即 A 内气体的密度不可能自发地恢复到原来的密度, 故 **D 错误**.

第一~三章素养检测

刷速度

1. C 【解析】题图甲中,实验现象表明薄板材料导热性表现为各向同性,则说明薄板材料可能是单晶体,也可能是多晶体,还可能是非晶体,故 A 错误;题图乙中液体和管壁接触面有

易错点:易忽略某些单晶体在导热上也表现为各向同性

扩张的趋势,液体附着在管壁上,可知液体和管壁表现为浸润,故 B 错误;题图丙中,在液体表面层,分子间作用力表现为引力,因此产生表面张力,故 C 正确;题图丁中,农民用拖拉机耕地是为了破坏土壤里的毛细管,防止地下水分因毛细现象上升到地面蒸发,故 D 错误。

2. C 【解析】水蒸气温度下降,故内能减小,即 $\Delta U < 0$, 体积减小,外界对水蒸气做功,故 $W > 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知, $Q < 0$, 故水蒸气上升过程中放出热量, A 错误;水蒸气的温度下降,故分子的平均动能减小, B 错误;根据热力学第一定律,因外界对水蒸气做功,故水蒸气放出的热量大于其减小的内能, C 正确;该过程变化的同时也引起了海水的重力势能和内能的变化,故没有违反热力学第二定律, D 错误。

3. D 【解析】对活塞受力分析可知,气体压强始终等于外界大气压,压强不变, A 错误;缓慢加热气体,气体温度上升,内能增大, B 错误;由热力学第二定律知,不可能从单一热库吸收热量,使之完全变成功,而不产生其他影响,可知气体吸收的热量不可以全部用来对外做功, C 错误, D 正确。

一题多解 C、D 选项也可用热力学第一定律进行分析,根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$, 气体等压膨胀,温度升高,则有 $W < 0$, $\Delta U > 0$, 则 $Q > 0$, 由此可知,气体吸收的热量大于对外所做的功, C 错误, D 正确。

4. B 【解析】初始时矿泉水瓶内气体压强为 p_0 , 设矿泉水瓶圆柱部分的横截面积为 S , 则初始时矿泉水瓶内气体体积为 $V_0 = SH$, 设末状态矿泉水瓶内水面所在处水的深度为 d , 则末状态矿泉水瓶内气体压强为 $p_1 = p_0 + \rho g d$, 末状态矿泉水瓶内气体体积为 $V_1 = S(H - h)$, 由题意知,矿泉水瓶内的气体发生等温变化,由玻意耳定律可得 $p_0 V_0 = p_1 V_1$, 联立解得 $d = \frac{p_0 h}{\rho g(H - h)}$, 故 B 正确。

5. C 【解析】根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = c$ 得 b 、 c 、 d 状态的温度分别为 $T_b = 4T_0$ 、 $T_c = 6T_0$ 、 $T_d = 2T_0$, $a \rightarrow b$ 过程内能变化量 $\Delta U_{ab} = 3\alpha T_0$, $c \rightarrow d$ 过程内能变化量 $\Delta U_{cd} = -4\alpha T_0$, 故 $a \rightarrow b$ 过

程内能变化量大小小于 $c \rightarrow d$ 过程内能变化量大小, A 错误; $b \rightarrow c$ 过程发生等容变化,则 $W_{bc} = 0$, 吸收热量 $Q_{bc} = \Delta U_{bc} = 2\alpha T_0$, $d \rightarrow a$ 过程发生等容变化,则 $W_{da} = 0$, 放出的热量 $Q_{da} = |\Delta U_{da}| = \alpha T_0$, 则 $Q_{bc} > Q_{da}$, B 错误;根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$, 系统一个循环过程回到初状态 a , 其内能不变,外界对系统做正功,则系统要放出热量, p - V 图像与横轴围成的面积表示功,则 $Q = W = p_0 V_0$, C 正确;温度越高内能越大,则一个循环过程中 c 状态时温度最高,内能最大,内能最大值 $U_m = 6\alpha T_0$, D 错误。

6. D 【解析】机内的气体发生等容变化,根据查理定律有 $\frac{p_1}{T_1} =$

$\frac{p_2}{T_2}$, 其中 $p_1 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, $T_1 = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$, $p_2 = 4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 解得 $T_2 = 1200 \text{ K}$, 则 $t_2 = 927 \text{ }^\circ\text{C}$, 故 A 错误;从微观角度看,气体分子热运动加剧,无序程度增加,熵在增加,故

关键点:分子热运动加剧,熵增加

B 错误;因为不计玉米粒在加热过程中的体积变化和不考虑少量气体进入玉米粒内引起的机内空气密度的变化,整个过程气体体积不变,分子总数不变,故机内气体的分子数密度不变,故 C 错误;已知加热过程中气体吸热 4200 J , 加热过程中气体体积不变,则外界不对气体做功,即 $W = 0$, 根据热力学第一定律有 $\Delta U = Q + W = 4200 \text{ J}$, 故气体的内能增加 4200 J , 故 D 正确。

7. C 【解析】设容器总长度为 l , 当温度为 T 时,活塞平衡,弹簧伸长 x , 气体体积为 $\left(\frac{l}{2} + x\right)S$, 压强为 $\frac{kx}{S}$; 由理想气体状态

方程 $\frac{pV}{T} = c$, 可得 $\frac{kx\left(\frac{l}{2} + x\right)}{T} = c$, 整理得 $T = \frac{k}{c}x^2 + \frac{kl}{2c} \cdot x$, 即 x - T 图像是过原点开口向右的抛物线,故题图乙中 3 比较符合, C 正确。

8. BC 【解析】当分子间距离小于 r_0 时分子间的斥力大于引力,分子力表现为斥力, A 错误;当分子间距离大于 r_0 且在增大时,分子间的引力和斥力都在不断变小, B 正确;分子势能变化量等于克服分子力做的功,即 $\Delta E_p = W = Fx$, 可知,题图乙中 ab 斜率的大小表示分子在该间距时分子间相互作用力的大小, C 正确;题图甲中阴影部分面积表示分子力做功的大小,根据功能关系,阴影部分面积也等于分子势能差值,与零势能点的选取无关, D 错误。

- 9. AB** 【解析】根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = c$ 有 $p = cT \cdot \frac{1}{V}$, 由于 O, A, D 在一条直线上, 所以直线 OAD 的斜率 $k = cT$ 为定值, 从状态 D 到状态 A 是等温变化, 故 **A 正确**; 从状态 A 到状态 B 为等压变化, 由盖-吕萨克定律有 $\frac{\frac{1}{2}V_0}{T_B} = \frac{V_0}{T_0}$, 解得 $T_B = \frac{T_0}{2}$, O, B, C 在一条直线上, 同理从状态 B 到状态 C 为等温变化, 则 $T_C = T_B = \frac{T_0}{2}$, 从状态 D 到状态 A 为等温变化, 则 $T_D = T_0$, $T_D > T_B$, 从状态 C 到状态 D 为等容变化, 则有 $\frac{p_C}{p_D} = \frac{T_C}{T_D}$, 解得 $p_C = \frac{3p_0}{2}$, 故 **B 正确, C、D 错误**.

- 10. CD** 【解析】从初始到物块对地面压力为 0 的过程, 活塞不动, 气体做等容变化, 初始时气体的温度为 T_0 , 压强为 p_0 , 当物块对地面压力为 0 时, 对活塞受力分析有 $p_0 S = p_1 S + mg$, 解得气体的压强 $p_1 = p_0 - \frac{mg}{S}$, 根据查理定律有 $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1}$, 解得 $T_1 = T_0 \left(1 - \frac{mg}{p_0 S} \right)$, 故 **A 错误**; 当活塞开始运动后, 气体做等压变化, 根据盖-吕萨克定律有 $\frac{dS}{T_1} = \frac{\frac{d}{2}S}{T_2}$, 解得最终气体的温度 $T_2 = \frac{T_0}{2} \left(1 - \frac{mg}{p_0 S} \right)$, 故 **B 错误**; 整个过程外界对气体做的功 $W = p_1 \Delta V = (p_0 S - mg) \frac{d}{2}$, 故 **C 正确**; 根据热力学第一定律有 $-\Delta U = W + Q$, 解得 $Q = - (p_0 S - mg) \frac{d}{2} - \Delta U$, 即气体释放的热量 $Q = (p_0 S - mg) \frac{d}{2} + \Delta U$, 故 **D 正确**.

- 11. (1) $1.1 \times 10^6 \text{ Pa}$ (2) 1 cm**

【解析】(1) 空载时对车厢与活塞整体受力分析, 有

$$4p_1 S = 4p_0 S + Mg,$$

解得空载时气缸内气体压强为 $p_1 = 1.1 \times 10^6 \text{ Pa}$.

(2) 载客后对车厢与活塞整体受力分析, 有

$$4p_2 S = 4p_0 S + (M + 4m_0)g,$$

$$\text{解得 } p_2 = 1.2 \times 10^6 \text{ Pa},$$

对气缸内气体, 根据玻意耳定律有 $p_1 h_1 S = p_2 h_2 S$,

$$\text{解得 } h_2 = 11 \text{ cm},$$

$$\text{则活塞下降的距离为 } \Delta h = h_1 - h_2 = 1 \text{ cm},$$

即车体下降的距离为 1 cm .

$$\mathbf{12. (1) \textcircled{1} \frac{(2p-p_0)S}{g} - m \quad \textcircled{2} \frac{1}{9} \quad (2) \sqrt{2gl + \frac{4p_0 l S - U - 4Q}{6m}}}$$

【解析】(1) ① 活塞缓慢下移, 气体做等温变化, 由玻意耳定律有 $p \cdot 2lS = p' lS$,

解得触发报警时气体压强 $p' = 2p$,

此时, 由平衡条件可得 $p'S = (m+M)g + p_0 S$,

$$\text{解得 } M = \frac{(2p-p_0)S}{g} - m.$$

② 触点恰好分离, 此时气缸内气体压强为 p' , 温度为 $\frac{9T_0}{10}$, 体积为 lS . 若封闭气体状态压强为 p' , 温度为 T_0 , 体积为 V , 由

盖-吕萨克定律有 $\frac{lS}{\frac{9T_0}{10}} = \frac{V}{T_0}$,

$$\text{解得 } V = \frac{10}{9} lS,$$

充入氮气质量与原来氮气质量的比值 $\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{V - lS}{lS} = \frac{1}{9}$.

(2) 由题意可知超重报警灯亮起时封闭气体的内能 $U' =$

$$\frac{5}{4} U,$$

【关键点: 理想气体的内能与热力学温度成正比】

$$\text{内能增量 } \Delta U = \frac{1}{4} U,$$

由热力学第一定律有 $\Delta U = -Q + W$,

$$\text{解得 } W = \frac{1}{4} U + Q,$$

对活塞和重物, 根据动能定理有

$$(2m+m)gl + p_0 S l - W = \frac{1}{2} \times (2m+m)v^2,$$

$$\text{解得 } v = \sqrt{2gl + \frac{4p_0 l S - U - 4Q}{6m}}.$$

第一~三章高考强化

刷真题

- 1. C** 【解析】两个分子间距离 r 等于 r_0 时分子势能为零, 分子间距离从 r_0 开始增大时, 分子间作用力表现为引力, 分子间

作用力做负功, 分子势能增大; 分子间距离从 r_0 开始减小时, 分子间作用力表现为斥力, 分子间作用力也做负功, 分子势能也增大, 可知当 r 不等于 r_0 时, E_p 为正, **C 正确**.

2. AB 【解析】估测油酸分子大小时,可以把油酸分子简化为球形,A 正确;分子在永不停息地做无规则热运动,油膜稳定时,油酸分子还在做热运动,B 正确;在计算油膜面积时,对于周边不完整的格子,不足半格的不计面积,大于等于半格的计一个单位面积,C 错误;为了使油酸充分展开,需将油酸在酒精中稀释后再滴入水中,故油酸酒精溶液更易在水面形成单分子油膜,D 错误。

3. (1) B (2) 2.04×10^5 (3) 增大

【解析】(1) 结合题意和题图乙可知, p 与 $\frac{1}{V}$ 成正比,B 正确。

(2) 当 $V = 10.0 \text{ mL}$ 时, $\frac{1}{V} = 100 \times 10^{-3} \text{ mL}^{-1}$,由题图乙知此时封闭气体的压强为 $2.04 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

(3) 在等温条件下,由玻意耳定律知,正确记录数据时有 $p(V_0 + \Delta V) = c$,若记录数据时漏掉了 ΔV ,则有 $pV_0 = c - p\Delta V$,则两种情况下计算结果之差的绝对值为 $p\Delta V$,其随 p 的增大而增大。

4. B 【解析】糖果瓶从刚进入车厢到进入车厢一段时间后,瓶内气体温度升高,内能变大,A 错误;气体体积不变,由查理定律可知,温度升高,压强变大,B 正确;糖果瓶气密性良好,气体分子数不变,气体体积不变,则分子的数密度不变,C 错误;气体的温度升高,分子的平均动能变大,但并非每个分子动能都变大,D 错误。

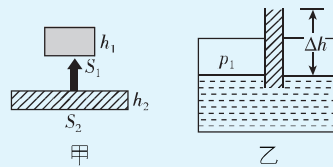
5. AC 【解析】设开始时两部分气体压强为 p_0 ,固定 M 、 N ,假设 P 不动,由查理定律得 $\Delta p_1 = \frac{\Delta T}{T_1} p_0$, $\Delta p_2 = \frac{\Delta T}{T_2} p_0$,又 $T_1 < T_2$,则 $\Delta p_1 > \Delta p_2$,故 P 将右移,A 正确,B 错误;保持 T_1 、 T_2 不变,假设 P 不动, M 、 N 移动相同的距离,则两部分气体体积减小量相同,由玻意耳定律得 $p_0 V_1 = p_1 (V_1 - \Delta V)$, $p_0 V_2 = p_2 (V_2 - \Delta V)$,解得 $p_1 = \frac{1}{1 - \frac{\Delta V}{V_1}} p_0$, $p_2 = \frac{1}{1 - \frac{\Delta V}{V_2}} p_0$,又 $V_1 < V_2$,则 $p_1 > p_2$,故 P 将右移,C 正确,D 错误。

方法总结 液柱或活塞移动方向的判断

气体被液柱或活塞隔开时	温度不变	利用玻意耳定律($p_1 V_1 = p_2 V_2$)直接判断	
	温度升高(降低)	先假设体积不变,两侧的气体分别做等容变化,根据查理定律分别求出两侧的压强差 $\Delta p = \frac{\Delta T}{T} p$	若两侧面积相同,直接比较 Δp 的大小,活塞和液柱向 Δp 小(大)的方向移动
			若两侧面积不同,比较 $S \Delta p$ 的大小,活塞和液柱向 $S \Delta p$ 小(大)的方向移动

6. (1) 0.05 m $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ (2) $1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$

思路导引 构建“液柱+两团气”气体状态变化模型,由几何关系确定“两团气”的体积关系,由液柱封闭压强确定两团气的压强关系.在计算压强时,需要注意液柱的总高度等于三部分高度之和。



【解析】(1) 金属液刚好充满铸型室时,由几何关系可得

$$h_1 S_1 = h_2 S_2,$$

解得 $h_2 = 0.05 \text{ m}$,

气室内的气体压强为 p_1 ,有 $p_1 = p_0 + \rho g(H + h_1 + h_2)$,

易错点: 注意液柱高度为三部分高度之和

解得 $p_1 = 1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

(2) 初始时铸型室内的气体压强为 p_0 ,设注气后铸型室内的气体压强为 p_3 ,由玻意耳定律有 $p_0 h_1 S_1 = p_3 (h_1 - h_3) S_1$,

当铸型室内的金属液高度为 h_3 时,设气室内液面下降了 h_4 ,有 $h_4 S_2 = h_3 S_1$,

气室内的压强 $p_2 = p_3 + \rho g(H + h_3 + h_4)$,

解得 $p_2 = 1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

7. (1) $9 \times 10^4 \text{ Pa}$ (2) $3.6 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ (3) 110 kg

【解析】(1) 假设此过程中差压阀关闭,A 内气体做等压变化,

突破点: 对差压阀状态进行判定

B 内气体做等容变化,

对 B 内气体,由查理定律得 $\frac{p_{B1}}{T_1} = \frac{p_{B2}}{T_2}$,

解得 $p_{B2} = 0.9 p_0 = 9 \times 10^4 \text{ Pa}$,

A 内气体的压强 $p_A = p_0$,

此时 A、B 内气体的压强差 $\Delta p' = p_A - p_{B2} = 0.1 p_0 < \Delta p = 0.11 p_0$,假设成立,差压阀处于关闭状态,此时 B 内气体压强为 $9 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。

(2) 对 A 内气体,由盖-吕萨克定律得 $\frac{V_{A1}}{T_1} = \frac{V_{A2}}{T_2}$,

解得 $V_{A2} = 3.6 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ 。

(3) B 中气体压强能够回到 p_0 ,说明差压阀在该过程中打开,当 A、B 中压强差为 Δp 时,差压阀关闭,可知当 B 中气体压强回到 p_0 时,A 中的气体压强为

$$p_0 + \Delta p = 1.11 p_0,$$

对活塞,有 $p_0 S + mg = 1.11 p_0 S$,

解得 $m = 110 \text{ kg}$ 。

8. (1) 2 cm (2) 892 cm³

【解析】(1) 液面内外相平时, 长柄内气体压强为 $p_1 = p_0$, 长度为 $H-x$,

将汲液器提出液面时, 长柄内气体压强为 $p_2 = p_0 - \rho gh$, 长度为 H ,

气体发生等温变化, 根据玻意耳定律有

$$p_1(H-x)S_1 = p_2HS_1,$$

解得 $x = 2$ cm.

(2) 当储液罐中剩余一半液体时, 气体压强为 $p_3 = p_0 - \frac{1}{2}\rho gh$,

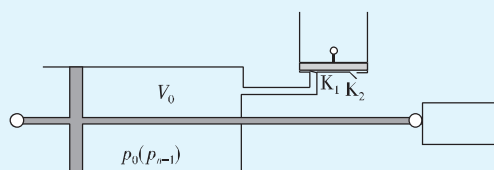
$$\text{气体体积为 } HS_1 + \frac{1}{2}hS_2,$$

$$\text{由玻意耳定律有 } p_2HS_1 + p_0V = p_3\left(HS_1 + \frac{1}{2}hS_2\right),$$

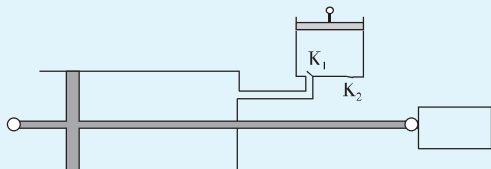
解得 $V = 892$ cm³.

9. (1) $\frac{V_0}{V_0+V_1}p_0$ (2) $p_0S\left[1-\left(\frac{V_0}{V_0+V_1}\right)^n\right]$

思路导引 第1次(第n次)抽气前后的状态分析



抽气前, K_1 闭合, K_2 打开, 抽气前瞬间气体体积为 V_0



抽气时, K_1 打开, K_2 闭合, 抽气后瞬间气体体积为 (V_0+V_1)

【解析】(1) 将助力气室和抽气气室两个空间看作一个整体, 根据题意可知, 第1次抽气过程, 整体空间内气体体积从 V_0 变为 V_0+V_1 , 气体温度不变, 根据玻意耳定律有

$$p_0V_0 = p_1(V_0+V_1),$$

$$\text{解得 } p_1 = \frac{V_0}{V_0+V_1}p_0.$$

(2) 第2次抽气过程, 有 $p_1V_0 = p_2(V_0+V_1)$,

$$\text{解得助力气室内的气体压强 } p_2 = \frac{V_0}{V_0+V_1}p_1 = \left(\frac{V_0}{V_0+V_1}\right)^2 p_0,$$

$$\text{则第 } n \text{ 次抽气后, 助力气室内的气体压强 } p_n = \left(\frac{V_0}{V_0+V_1}\right)^n p_0,$$

此时刹车助力系统装置为驾驶员省力的大小为助力活塞两侧气

$$\text{体压力之差, 即 } \Delta F = p_0S - p_nS = p_0S\left[1 - \left(\frac{V_0}{V_0+V_1}\right)^n\right].$$

10. B 【解析】由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = c$ 和题图可知, $p-T$ 图

像中过原点的图线为等容线, 即气体由状态 A 变化到状态 B 为等容变化, 气体分子的数密度不变, **A 错误**; 气体由状态 A 变化到状态 B 温度升高, 温度是气体分子平均动能的标志, 故气体分子的平均动能增大, **B 正确**; 单位时间内气体分子对单位面积器壁的作用力等于压强, 从状态 A 到状态 B 气体压强增大, 即单位时间内气体分子对单位面积器壁的作用力增大, **C 错误**; 由于气体分子的平均速率增大, 气体体积不变, 则单位时间内与单位面积器壁碰撞的气体分子数增多, **D 错误**.

11. (1) 2.0×10^5 Pa (2) 2.0 m³

【解析】(1) 气体在状态 A 和 D 体积相同, 根据查理定律有

$$\frac{p_A}{p_D} = \frac{T_1}{T_2},$$

解得 $p_D = 2.0 \times 10^5$ Pa.

(2) 气体在状态 B 与 C 体积相同, 均为 V_2 , 对于气体在状态

A 和状态 C , 根据理想气体状态方程, 有 $\frac{p_A V_1}{T_1} = \frac{p_C V_2}{T_2}$,

解得 $V_2 = 2.0$ m³.

12. D

思路导引 一定质量的理想气体的内能只与温度有关; 气缸导热, 所以气体温度与外界温度相同, 活塞稳定时有 $mg + p_0S = pS$.

【解析】

选项	分析	结论
A	活塞从 a 到 b 的过程中, 对活塞受力分析, 有 $pS = mg + p_0S$, 重力和大气压强不变, 所以气缸内气体压强不变	×
B	活塞从 a 到 b 的过程中, 温度降低, 所以气缸内气体内能变小	×
C	活塞从 b 到 a 的过程中, 温度不变, 气体体积增大, 所以气缸内气体压强减小	×
D	活塞从 b 到 a 的过程中, 温度不变, 所以气缸内气体内能不变	✓

13. 2.0×10^5 Pa 10 m

【解析】对瓶内气体始末状态进行分析,

初状态有 $p_1 = p_0 = 1.0 \times 10^5$ Pa, $V_1 = 380$ mL $- 80$ mL $= 300$ mL,

末状态有 $V_2 = 380$ mL $- 230$ mL $= 150$ mL,

温度恒定, 根据玻意耳定律有 $p_1 V_1 = p_2 V_2$,

解得 $p = 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$,

根据 $p - p_0 = \rho gh$ 得 $h = \frac{p - p_0}{\rho g}$,

代入数据解得 $h = 10 \text{ m}$.

14. A 【解析】

选项	分析	结论
A	皮球体积变大,则皮球内封闭气体体积变大,气体对外做功	✓
B	根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$,气体对外做功且内能增大,则气体从外界吸收热量	×
C	在此过程中皮球未漏气,故气体分子数不变,气体体积变大,分子的数密度减小	×
D	温度升高,气体分子的平均速率增大,但并非每个分子的速率都增大	×

15. (1) $p_B = 0.2p_0$ (2) $T_C = 1.9T_0$ (3) W

【解析】(1) $A \rightarrow B$: 气体发生等温变化,由玻意耳定律有 $p_A V_A = p_B V_B$,

代入数据解得 $p_B = 0.2p_0$.

(2) 直接分析气体从状态 $A \rightarrow C$: 气体发生等容变化,由查理

定律有 $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_C}{T_C}$,

代入数据解得 $T_C = 1.9T_0$.

一题多解

$B \rightarrow C$: 对气体由理想气体状态方程有 $\frac{p_B V_B}{T_B} = \frac{p_C V_C}{T_C}$, 代入数据解得 $T_C = 1.9T_0$.

(3) $B \rightarrow C$: 气体与外界没有热交换, $Q = 0$,

外界对气体做的功为 W , 由热力学第一定律有 $\Delta U = Q + W = W$,

则 $B \rightarrow C$ 过程中, 气体内能增大 W .

16. (1) $\frac{4}{3}h_1$ (2) $\frac{8p_0 h_1 S}{63}$

【解析】(1) $T_1 \rightarrow T_2$ 升温过程中, 理想气体等压膨胀, 由盖-吕萨克定律得 $\frac{h_1 S}{T_1} = \frac{h_2 S}{T_2}$,

解得 $h_2 = \frac{4}{3}h_1$.

(2) 活塞缓慢上升, 由受力平衡得 $p_0 S + f_0 = p_1 S$,

解得封闭的理想气体压强 $p_1 = \frac{22}{21}p_0$,

$T_1 \rightarrow T_2$ 升温过程中, 理想气体等压膨胀, 外界对气体做功

$W_1 = -p_1(h_2 - h_1)S = -\frac{22p_0 h_1 S}{63}$,

$T_2 \rightarrow T_3$ 降温过程中, 气体发生等容变化, 外界对气体做功

$W_2 = 0$,

活塞缓慢下降时, 受力平衡, 有 $p_0 S = f_0 + p_3 S$,

解得封闭的理想气体压强 $p_3 = \frac{20}{21}p_0$,

$T_3 \rightarrow T_4$ 降温过程中, 理想气体等压压缩, 由盖-吕萨克定律

得 $\frac{h_3 S}{T_3} = \frac{h_4 S}{T_4}$,

解得 $h_4 = \frac{11}{10}h_1$,

外界对气体做功 $W_3 = p_3(h_2 - h_4)S = \frac{2p_0 h_1 S}{9}$,

全程外界对气体做功 $W = W_1 + W_2 + W_3 = -\frac{8p_0 h_1 S}{63}$,

因为 $T_1 = T_4$, 故封闭的理想气体总内能变化 $\Delta U = 0$,

由热力学第一定律得 $\Delta U = W + Q$,

解得 $Q = \frac{8p_0 h_1 S}{63}$,

故封闭气体吸收的净热量 $Q = \frac{8p_0 h_1 S}{63}$.

17. ABE 【解析】

由题意可知分子热运动速率较大的气体分子将聚集到环形管边缘部位, 从 B 端流出, 分子热运动速率较小的气体分子将聚集到环形管中心部位, 中心部位气流与分离挡板碰撞后反向, 从 A 端流出, 根据温度是分子平均动能的标志可知, B 端为热端, A 端为冷端, A 端流出的气体分子热运动平均速率一定小于 B 端流出的, **A、B 正确**; 由上述分析知从 A 端流出的气体分子平均动能小于从 B 端流出的, 内能还与分子数有关, 则不能得出 A 端流出的气体内能一定大于 B 端流出的气体内能的结论, **C 错误**; 该装置满足能量守恒定律, 也满足热力学第二定律, **D 错误, E 正确**.

18. 不是 大于

【解析】自发状态下热量只能从高温物体传递到低温物体, 故空调将热量从温度较低的室内传递到温度较高的室外环境, 这个过程不是自发过程; 空调消耗电能的过程中产生热量, 故空调排放到室外环境的热量大于从室内吸收的热量.

刷原创

1. **AD** 【解析】 $a \rightarrow b$ 过程中, 气体体积不变, 压强增大, 根据查理定律可知, 气体温度升高, 内能增加, 根据热力学第一定律可知, 气体吸热, 故 **A 正确**. $b \rightarrow c$ 过程, 根据理想气体状态方

程可得 $\frac{p_2 V_1}{T_2} = \frac{p_1 V_2}{T_3}$, 可知 $\frac{T_2}{T_3} = \frac{p_2 V_1}{p_1 V_2}$, 故 **B 错误**. $b \rightarrow c$ 过程是绝热过程, 气体不吸热也不放热, 即 $Q=0$, 气体的体积增大, 对外界做正功, 即 $W<0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$ 可知, 内能减少, 气体的温度降低, 故 **C 错误, D 正确**.

$$2. (1) \frac{p_0 + \rho g h_2}{p_0 + \rho g h_1} T_1 \quad (2) \frac{p_0 + 2\rho g h_1}{2p_0 + 2\rho g h_1} T_1$$

【解析】(1) 设待测系统温度为 T_1 时, B 内气体的压强为 p_1 , 根据平衡条件得 $p_0 + \rho g h_1 = p_1$,
设待测系统温度为 T_2 时, B 内气体的压强为 p_2 , 根据平衡条件得 $p_0 + \rho g h_2 = p_2$,

B 内气体的体积保持不变, 根据查理定律可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$,

$$\text{联立解得 } T_2 = \frac{p_0 + \rho g h_2}{p_0 + \rho g h_1} T_1.$$

(2) 设当外界压强为 $\frac{p_0}{2}$ 时 B 内的气体压强为 p'_1 ,

$$\text{根据平衡条件得 } \frac{p_0}{2} + \rho g h_1 = p'_1,$$

B 内气体的体积保持不变, 根据查理定律可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p'_1}{T'_1}$,

$$\text{联立解得 } T'_1 = \frac{p_0 + 2\rho g h_1}{2p_0 + 2\rho g h_1} T_1.$$

第四章 波粒二象性

第一~二节 光电效应/光电效应方程及其意义

刷基础

1. AD 【解析】逸出功指电子逸出金属表面过程克服金属原子核引力做功的最小值, 因此逸出功由金属材料本身决定, 与人射光的频率无关, 故 **A 正确**; 根据光电效应方程有 $E_{k\max} = h\nu - W_0$, 可知光电子的最大初动能由入射光的频率和逸出功共同决定, 而光电流的大小由单位时间内到达阳极的光电子的数目决定, 二者的影响因素不完全相同, 故 **B 错误**; 入射光的强度指单位时间内照射到单位面积上的光子的总能量, 其与人射光的频率及单位时间内照射到单位面积上的光子数目有关, 而光电子的最大初动能由入射光的频率和逸出功共同决定, 与入射光的强度没有关系, 故 **C 错误**; 根据光电效应的产生条件可知, 对于某种金属, 只要入射光的频率低于金属的极限频率就不能发生光电效应, 故 **D 正确**.

2. D 【解析】电压表示数为 1 V 时, 电流表示数为零, 即遏止电压为 1 V , 则光电子最大初动能为 $E_{k\max} = eU = 1\text{ eV}$, **A 错误**; K 极材料的逸出功为 $W_0 = h\nu - E_{k\max} = 1.82\text{ eV}$, **B 错误**; 电流表有示数, 说明两极电压小于遏止电压, 即电压表示数小于 1 V , **C 错误**; 仅将电源正负极对调, 则两极间电场对光电子的运动有促进作用, 电流表示数增大, 一定大于 $30\text{ }\mu\text{A}$, **D 正确**.

3. ABC 【解析】用频率为 ν_1 的光照射时, 光电子在电场中做减速运动, 根据动能定理得 $-eU_1 = 0 - \frac{1}{2}mv^2$, 则得光电子的最大初速度 $v = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$, 故 **A 正确**; 根据爱因斯坦光电效应方程得 $h\nu_1 = eU_1 + W_0$, $h\nu_2 = eU_2 + W_0$, 可得阴极 K 金属的逸出功

$W_0 = h\nu_1 - eU_1$, 普朗克常量 $h = \frac{e(U_1 - U_2)}{\nu_1 - \nu_2}$, 故 **B 正确, D 错误**;

阴极 K 金属的极限频率 $\nu_c = \frac{W_0}{h} = \frac{U_1\nu_2 - U_2\nu_1}{U_1 - U_2}$, 故 **C 正确**.

4. B 【解析】根据光电效应方程有 $E_{k0} = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 根据动能定理有 $E_{k\max} = Ue + E_{k0}$, 可得 $E_{k\max} = Ue + h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 结合图像可知, 斜率 $k=e$, 即题图乙中图线 a 、 b 的斜率均表示电子电荷量的大小, 纵截距 $b = h\nu - W_{\text{逸出功}}$, 因为 b 光的纵截距较大, 可知 b 光频率较大, 波长较小, 根据 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$, 可知用同一装置做双缝干涉实验, b 光的条纹间距较小, **A 错误, B 正确**; 由图像可知 $E_0 = h\nu_a - W_{\text{逸出功}}$, $2E_0 = h\nu_b - W_{\text{逸出功}}$, 可知单色光 a 、 b 的频率之比不等于 $1:2$, **C 错误**; 题图甲中电源电压及滑动变阻器滑片位置不变, 若部分光线被遮挡, 即光照强度减小, 单位时间内逸出的光电子数目减小, 则放大器的电流将减小, **D 错误**.

关键点拨 解答本题时应明确两个决定关系

- (1) 逸出功 W_0 一定时, 入射光的频率决定着能否发生光电效应以及光电子的最大初动能;
- (2) 入射光的频率一定时, 入射光的强度决定着单位时间内逸出的光电子数.

5. BC

题图剖析

$U_c - \nu$ 图像的分析如图所示.

