

课时作业 74 分子动理论与统计观点

基础达标练

1. [2024 • 重庆模拟]关于下列四幅图,说法正确的是 ()



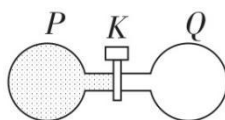
胡椒粉在热水中翻滚

甲



半杯水与半杯酒精混合

乙



打开开关K, P中的气体自由扩散到Q

丙



铝块与金块叠在一起

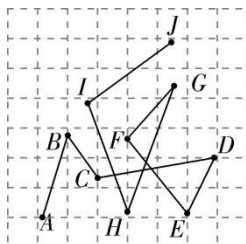
丁

- A. 对甲图,加热一锅水时发现水中的胡椒粉在翻滚,说明温度越高布朗运动越剧烈
- B. 对乙图,半杯水与半杯酒精混合之后的总体积要小于整个杯子的容积,说明液体分子之间有间隙
- C. 对丙图,自由膨胀和扩散现象都具有双向可逆性
- D. 对丁图,扩散现象不能在固体之间发生

【答案】B

【解析】布朗运动用肉眼观察不到,对甲图,加热一锅水时发现水中的胡椒粉在翻滚,不是布朗运动,而是翻滚的水带动胡椒粉运动,不能说明温度越高布朗运动越剧烈,选项 A 错误;对乙图,半杯水与半杯酒精混合之后的总体积要小于整个杯子的容积,说明液体分子之间有间隙,选项 B 正确;对丙图,自由膨胀和扩散现象都具有单向性,不具有双向可逆性,选项 C 错误;对丁图,扩散现象也能在固体之间发生,选项 D 错误。

2. **多选** 小张在显微镜下观察水中悬浮的细微粉笔末的运动。从A点开始,他把粉笔末每隔 20s 的位置记录在坐标纸上,依次得到B、C、D、… ,把这些点连线形成如图所示的折线图,则关于该粉笔末的运动,下列说法正确的是 ()



- A. 该折线图是粉笔末的运动轨迹
- B. 粉笔末的无规则运动反映了水分子的无规则运动
- C. 经过B点后 10s, 粉笔末应该在BC的中点处
- D. 粉笔末由B到C的平均速度小于由C到D的平均速度

【答案】BD

【解析】该折线图不是粉笔末的实际运动轨迹, 粉笔末的运动是无规则的, 故 A 错误; 粉笔末受到水分子的碰撞, 做无规则运动, 所以粉笔末的无规则运动反映了水分子的无规则运动, 故 B 正确; 由于运动的无规则性, 经过B点后 10s, 不能确定粉笔末在哪个位置, 故 C 错误; 时间间隔相等, 位移越大, 平均速度就越大, 故粉笔末由B到C的平均速度小于由C到D的平均速度, 故 D 正确。

3. 多选 南宋爱国诗人陆游的《村居书喜》中有名句“花气袭人知骤暖, 鹊声穿树喜新晴”, 描写了鸟语花香的山村美景, 流露出诗人的欢欣喜悦之情。对于花香扑鼻, 下列说法正确的是 ()

- A. 由于花粉颗粒在空中运动, 使人们闻到了花香
- B. 温度越高, 分子运动越剧烈, 空气中的花香扩散得越快
- C. 空气中的花香向外扩散是由于分子之间存在斥力
- D. 空气中的花香向外扩散, 说明分子永不停息地做无规则运动

【答案】BD

【解析】由于分子不停地做无规则运动, 使人们闻到了花香, 温度越高, 分子运动越剧烈, 空气中的花香扩散得越快, 故 A 错误, B 正确; 空气中的花香向外扩散是由于分子不停地做无规则运动, 故 C 错误, D 正确。

4. 阿伏加德罗常数是 N_A (单位为 mol^{-1}), 铜的摩尔质量为 M (单位为 kg/mol), 铜的密度为 ρ (单位为 kg/m^3), 则下列说法不正确的是 ()

- A. 1m^3 铜所含的原子数是 $\frac{\rho N_A}{M}$
- B. 1 个铜原子的质量是 $\frac{M}{N_A}$
- C. 1 个铜原子占有的体积是 $\frac{M}{\rho N_A}$
- D. 1kg 铜所含有的原子数目是 ρN_A

【答案】D

【解析】 1m^3 铜的质量为 $\rho(\text{kg})$ ，物质的量为 $\frac{\rho}{M}(\text{mol})$ ， 1m^3 铜所含的原子数为 $n = \frac{\rho}{M} \cdot N_A$ ，故 A 正确；铜的摩尔质量是 $M(\text{kg/mol})$ ， 1mol 铜共有 N_A 个铜原子，故一个铜原子的质量为 $\frac{M}{N_A}$ ，故 B 正确；一个铜原子所占的体积是 $V_0 = \frac{V_m}{N_A} = \frac{M}{\rho N_A}$ ，故 C 正确； 1kg 铜的物质的量为 $\frac{1}{M}(\text{mol})$ ，故含有的原子数目是 $\frac{N_A}{M}$ ，故 D 错误。

5. 某同学记录某天教室内温度如下：

时刻	8: 00	10: 00	12: 00	14: 00	16: 00
温度	7°C	11°C	12°C	17°C	16°C

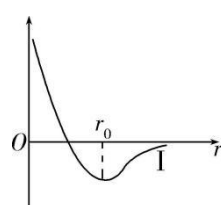
教室内气压可认为不变，则当天 16: 00 与 10: 00 相比，下列说法正确的是（ ）

- A. 教室内空气密度增加
- B. 教室内空气分子平均动能增加
- C. 墙壁单位面积受到气体压力增大
- D. 单位时间碰撞墙壁单位面积的气体分子数增加

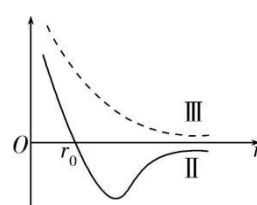
【答案】B

【解析】压强不变，当温度升高时，气体体积增大，因此教室内的空气质量减少，体积不变，则空气密度减小，故 A 错误；温度是分子平均动能的标志，温度升高则分子平均动能增加，故 B 正确；空气分子平均动能增大，教室内气压不变，那么单位时间碰撞墙壁单位面积的气体分子数减少，墙壁单位面积受到的气体压力不变，故 C、D 错误。

6. [2021 · 重庆卷 · 15 (1) , 4 分] 图甲和图乙中曲线 I、II、III 分别描述了某物理量随分子之间的距离变化的规律， r_0 为平衡位置。现有如下物理量:①分子势能，②分子间引力，③分子间斥力，④分子间引力和斥力的合力，则曲线 I、II、III 对应的物理量分别是（ ）



甲



乙

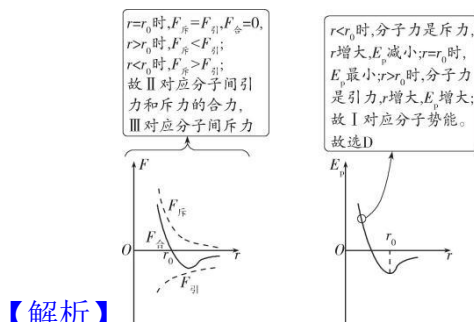
A. ①③②

B. ②④③

C. ④①③

D. ①④③

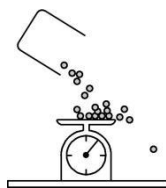
【答案】D



【解析】

能力强化练

7. 如图所示为模拟气体压强产生机理的演示实验。操作步骤如下：①把一颗豆粒从距秤盘 20cm 处松手让它落到秤盘上，观察指针摆动的情况；②再把 100 颗左右的豆粒从相同高度均匀连续地倒在秤盘上，观察指针摆动的情况；③把 100 颗豆粒从更高的位置均匀连续倒在秤盘上，观察指针摆动的情况。下列说法正确的是（ ）



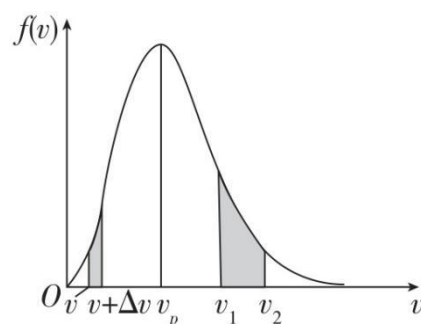
- A. 步骤①和②模拟的是气体压强与气体分子平均动能的关系
- B. 步骤①和②模拟的是大量气体分子频繁碰撞器壁产生压力的持续性
- C. 步骤②和③模拟的是气体压强与分子密集程度的关系
- D. 步骤②和③模拟的是大量气体分子速率分布所服从的统计规律

【答案】B

【解析】把一颗豆粒从距秤盘 20cm 处松手让它落到秤盘上，豆粒与秤盘碰撞的瞬间指针有摆动；把 100 颗左右的豆粒从相同高度均匀连续地倒在秤盘上，豆粒持续落到秤盘上，指针偏转，且会相对稳定在某一个值；将相同数量的豆粒从更高的位置倒在秤盘上，秤的示数变大。通过以上的分析可知，步骤①和②模拟的是大量气体分子频繁碰撞器壁产生压力的持续性，故 A 错误，B 正确；步骤②和③比较，豆粒下落的密集程度是相同的，但到达秤盘时的速度不同，下落的位置

高时，豆粒落到秤盘上的速度大，秤的示数大，所以步骤②和③模拟的是气体压强与气体分子平均动能的关系，故 C、D 错误。

8. [2024·贵州贵阳模拟] **多选** 麦克斯韦分子速率分布规律是分子动理论的重要结论之一，它是研究气体分子碰撞、大量分子热运动服从统计规律等问题的重要理论依据，正确理解它对学习热学非常有用。速率分布曲线表明速率很小和很大的分子数占总分子数的百分率都较小，而具有中等速率的分子数占总分子数的百分率较大，当 $v = v_p$ 时， $f(v)$ 取极大值， v_p 称为最概然速率，其物理意义是，如果把整个速率范围分成许多相等的小区间，则分布在 v_p 所在小区间的分子数占总分子数的百分比最大。下列说法正确的是（ ）



- A. 因这些是概率分布，所以麦克斯韦速率分布曲线与 v 轴围成的面积为 1
- B. 在有限速率区间 $v_1 \sim v_2$ 内，曲线下的阴影面积的物理意义是速率分布在 $v_1 \sim v_2$ 的分子数占总分子数的百分比，或一个分子的速率在 $v_1 \sim v_2$ 内的概率
- C. 任何温度下气体分子速率分布图像都一样
- D. 温度降低时，每个气体分子速率都减小

【答案】 AB

【解析】 麦克斯韦速率分布曲线与 v 轴围成的面积为 1，故 A 正确；在有限速率区间 $v_1 \sim v_2$ 内，曲线下的阴影面积的物理意义是速率分布在 $v_1 \sim v_2$ 的分子数占总分子数的百分比，或一个分子的速率在 $v_1 \sim v_2$ 内的概率，故 B 正确；不同温度下气体分子速率分布图像不同，温度升高时，峰值向速率较大的方向移动，故 C 错误；温度降低时，分子的平均动能减小，分子的平均速率减小，不是每个分子速率都减小，故 D 错误。

9. 多选 已知地球大气层的厚度 h 远小于地球半径 R ，空气的平均摩尔质量为 M ，阿伏加德罗常数为 N_A ，地面处大气压强为 p_0 ，重力加速度大小为 g 。由此可估算得（ ）

A. 地球大气层空气分子总数为 $\frac{4\pi R^2 p_0 N_A}{Mg}$

B. 地球大气层空气分子总数为 $\frac{2\pi R^2 p_0 N_A}{Mg}$

C. 空气分子之间的平均距离为 $\sqrt[3]{\frac{2Mgh}{p_0 N_A}}$

D. 空气分子之间的平均距离为 $\sqrt[3]{\frac{Mgh}{p_0 N_A}}$

【答案】AD

【解析】大气压强由大气层空气的重力产生，即 $mg = p_0 S = p_0 \cdot 4\pi R^2$ ，则地球大气层空气分子总数为 $N = \frac{m}{M} N_A = \frac{4\pi R^2 p_0 N_A}{Mg}$ ，A 正确，B 错误；大气层中空气的体积为 $V = 4\pi R^2 h$ ，则空气分子之间的平均距离为 $d = \sqrt[3]{\frac{V}{N}} = \sqrt[3]{\frac{Mgh}{p_0 N_A}}$ ，C 错误，D 正确。

10. 轿车中的安全气囊能有效保障驾乘人员的安全。轿车在发生一定强度的碰撞时，叠氮化钠（亦称“三氮化钠”，化学式为 NaN_3 ）受撞击完全分解产生钠和氮气而充入气囊。若充入氮气后安全气囊的容积 $V = 56\text{L}$ ，气囊中氮气的密度 $\rho = 1.25\text{kg/m}^3$ ，已知氮气的摩尔质量 $M = 28\text{g/mol}$ ，阿伏加德罗常数 $N_A = 6 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$ ，请估算：（结果保留 1 位有效数字）



- (1) 一个氮气分子的质量 m ；
- (2) 气囊中氮气分子的总个数 N ；
- (3) 气囊中氮气分子间的平均距离 r 。

【答案】(1) $5 \times 10^{-26}\text{kg}$

(2) 2×10^{24}

(3) $3 \times 10^{-9}\text{m}$

【解析】

(1) 一个氮气分子的质量 $m = \frac{M}{N_A}$ ，解得 $m \approx 5 \times 10^{-26} \text{kg}$

(2) 设气囊内氮气的物质的量为 n ，则有 $n = \frac{\rho V}{M}$ ， $N = nN_A$ 解得 $N \approx 2 \times 10^{24}$

(3) 气体分子间距较大，可以认为每个分子占据一个边长为 r 的立方体，则有 $r^3 = \frac{V}{N}$ 解得 $r \approx 3 \times 10^{-9} \text{m}$

素养综合练

11. 晶须是一种发展中的高强度材料，它是一些非常细的、非常完整的丝状晶体。现有一根铁质晶须，直径为 d ，用大小为 F 的力恰好将它拉断，断面呈垂直于轴线的圆形。已知铁的密度为 ρ ，铁的摩尔质量为 M ，阿伏加德罗常数为 N_A ，则拉断过程中相邻铁原子之间的相互作用力是 ()

- A. $\frac{F}{d^2} \left(\frac{M}{\pi \rho N_A} \right)^{\frac{1}{3}}$ B. $\frac{F}{d^2} \left(\frac{6M}{\pi \rho N_A} \right)^{\frac{1}{3}}$
C. $\frac{F}{d^2} \left(\frac{6M}{\pi \rho N_A} \right)^{\frac{2}{3}}$ D. $\frac{F}{d^2} \left(\frac{M}{\pi \rho N_A} \right)^{\frac{2}{3}}$

【答案】C

【解析】铁的摩尔体积 $V = \frac{M}{\rho}$ ，单个分子的体积 $V_0 = \frac{M}{\rho N_A}$ ，又 $V_0 = \frac{4}{3} \pi r^3$ ，所以分子的半径 $r = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{6M}{\pi \rho N_A} \right)^{\frac{1}{3}}$ ，分子的最大截面积 $S_0 = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{6M}{\pi \rho N_A} \right)^{\frac{2}{3}}$ ，铁质晶须的横截面上的分子数 $n = \frac{\frac{\pi d^2}{4}}{S_0}$ ，拉断过程中相邻铁原子之间的相互作用力 $F_0 = \frac{F}{n} = \frac{F}{d^2} \left(\frac{6M}{\pi \rho N_A} \right)^{\frac{2}{3}}$ ，故 C 正确。

课时作业 75 固体、液体和气体

基础达标练

1. 在甲、乙、丙三种固体薄片上涂蜡，用烧热的针接触其上一点，蜡熔化的范围如图 (a) 所示，而甲、乙、丙三种固体在熔化过程中温度随加热时间变化的关系如图 (b) 所示，以下说法可能正确的是 ()

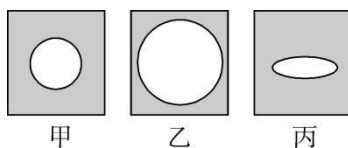


图 (a)

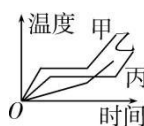


图 (b)

- A. 甲、乙为非晶体，丙是晶体
- B. 甲、乙为晶体，丙是非晶体
- C. 甲、丙为非晶体，乙是晶体
- D. 甲为多晶体，乙为非晶体，丙为单晶体

【答案】D

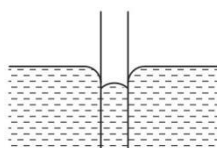
【解析】由题图（a）可知，丙具有各向异性；由题图（b）可知，甲、丙有固定熔点，乙无固定熔点。所以乙为非晶体，甲可能为多晶体，丙为单晶体，故 A、B、C 错误，D 正确。

2. 下列说法中正确的是（ ）

- A. 液晶的分子排列会因所加电压的变化而变化，由此引起光学性质的改变
- B. 在处于失重状态的宇宙飞船中，一大滴水银会呈球状，这是因为液体内分子间相互吸引
- C. 水在涂有油脂的玻璃板上能形成水珠，而在干净的玻璃板上却不能，这是因为油脂使水的表面张力增大
- D. 当两薄玻璃板间夹有一层水膜时，在垂直于玻璃板的方向很难将玻璃板拉开，这是由于水膜具有表面张力

【答案】A

3. [2024·广东茂名联考]两端开口的洁净玻璃管竖直插入液体中，管中液面如图所示，则（ ）



- A. 该液体对玻璃是不浸润的
- B. 玻璃管竖直插入任何液体中，管中液面都会下降
- C. 减小管的直径，管中液面会上升
- D. 液体和玻璃间的相互作用比液体分子间的相互作用强

【答案】A

【解析】根据题图可知，液体与玻璃的附着层沿固体表面收缩，则该液体对玻璃是不浸润的，故 A 正确；玻璃管与其他液体有可能浸润，管中液面会上升，故 B 错误；不浸润液体中，减小管的直径，管中液面会进一步下降，故 C 错误；液体

对玻璃不浸润，则液体和玻璃间的相互作用比液体分子间的相互作用弱，故 D 错误。

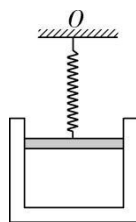
4. 关于气体、固体和液体，下列说法正确的是（ ）

- A. 液体表面张力的方向与液面垂直并指向液体内部
- B. 分子间同时存在着引力和斥力，当引力和斥力相等时，分子势能最大
- C. 液晶具有液体的流动性，低温时会凝固成结晶态，分子取向是有序的
- D. 容器中气体分子的数密度越大，在单位时间内，与单位面积器壁碰撞的分子越多

【答案】C

【解析】液体表面张力的方向与液面相切，A 错误；分子间同时存在着引力和斥力，当引力和斥力相等时，分子间作用力为零，分子势能最小，B 错误；液晶具有液体的流动性，也具有晶体的特性，在低温时会凝固成结晶态，而结晶态的分子取向是有序的，C 正确；单位时间内，与单位面积器壁撞击的气体分子数与分子的动能和分子的数密度有关，所以容器内气体分子的数密度越大，在单位时间内，与单位面积器壁碰撞的分子不一定越多，D 错误。

5. 多选 如图所示，活塞质量为 m ，汽缸质量为 M ，通过弹簧吊在空中，汽缸内封住一定质量的空气，汽缸内壁与活塞间无摩擦，活塞横截面积为 S ，大气压强为 p_0 ，重力加速度为 g ，则（ ）



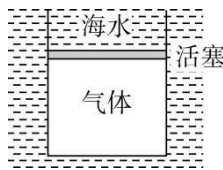
- A. 汽缸内空气的压强等于 $p_0 + \frac{mg}{S}$
- B. 汽缸内空气的压强等于 $p_0 - \frac{Mg}{S}$
- C. 弹簧弹力的大小为 $(M + m)g$
- D. 汽缸内外空气对活塞的作用力大小为 mg

【答案】BC

【解析】以汽缸为研究对象，由平衡条件得 $pS + Mg = p_0S$ ，解得 $p = p_0 - \frac{Mg}{S}$ ，

故 A 错误，B 正确；以活塞为研究对象，由平衡条件得 $F_x + pS = p_0S + mg$ ，则弹簧弹力 $F_x = (M + m)g$ ，汽缸内外空气对活塞的作用力大小 $F = p_0S - pS = Mg$ ，C 正确，D 错误。

6. “奋斗者”号潜水器 2020 年成功坐底马里亚纳海沟，标志着我国载人深潜技术已达世界领先水平。现利用一个密闭汽缸做验证性实验，如图，汽缸内封闭一定质量的理想气体，轻质导热活塞可自由移动。在汽缸缓慢下潜的过程中，海水温度逐渐降低，则此过程中理论上被封闭的气体（ ）



- A. 单位时间内气体分子撞击单位面积器壁的次数增多
- B. 压强与潜水器下潜的深度成正比
- C. 体积与潜水器下潜的深度成反比
- D. 分子的平均动能变大

【答案】A

【解析】在汽缸缓慢下潜的过程中，压强增大，温度降低，气体分子的平均动能减小，则单位时间内气体分子撞击单位面积器壁的次数增多，故 A 正确，D 错误；

气体压强 $p = p_0 + \rho gh$ ，根据 $\frac{pV}{T} = C$ 得 $V = \frac{CT}{p} = \frac{CT}{p_0 + \rho gh}$ ，故 B、C 错误。

7. [2025 · 1 月八省联考河南卷 · 5] 汽车轮胎压力表的示数为轮胎内部气体压强与外部大气压强的差值。一汽车在平原地区行驶时，压力表示数为 $2.6p_0$ (p_0 是 1 个标准大气压)，轮胎内部气体温度为 315K，外部大气压强为 p_0 。该汽车在某高原地区行驶时，压力表示数为 $2.5p_0$ ，轮胎内部气体温度为 280K。轮胎内部气体视为理想气体，轮胎内体积不变且不漏气，则该高原地区的大气压强为（ ）

- A. $0.6p_0$
- B. $0.7p_0$
- C. $0.8p_0$
- D. $0.9p_0$

【答案】B

【解析】根据题意可知，在平原地区时，轮胎内部气体压强为 $p_1 = 2.6p_0 + p_0 = 3.6p_0$ ，温度为 $T_1 = 315K$ ，设在高原地区轮胎内部气体压强为 p_2 ，温度为 $T_2 =$

280K，由题可知轮胎内部气体做等容变化，有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ，解得 $p_2 = 3.2p_0$ ，则该高原地区的大气压强 $p = 3.2p_0 - 2.5p_0 = 0.7p_0$ 。故选 B。

能力强化练

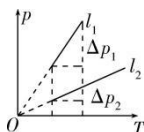
8. 如图所示，两端封闭、粗细均匀、竖直放置的玻璃管内，有一长为 h 的水银柱将管内气体分为两部分，已知上、下两部分气体温度相同，且 $l_2 = 2l_1$ 。现使两部分气体同时升高相同的温度，管内水银柱移动情况为（ ）



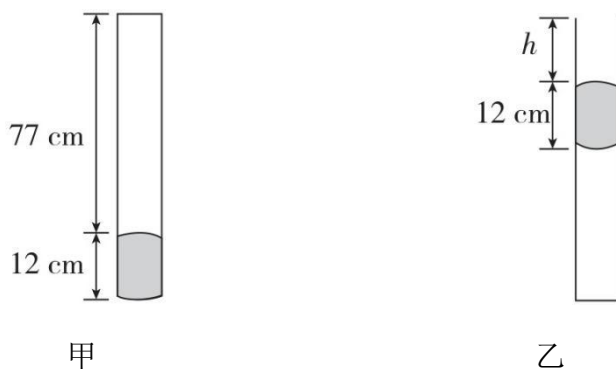
- A. 不动
- B. 水银柱下移
- C. 水银柱上移
- D. 无法确定是否移动

【答案】C

【解析】开始时水银柱处于平衡状态，所受合外力为零，即两部分气体的压强差 $\Delta p = p_1 - p_2 = \rho gh$ ，温度升高后，两部分气体的压强都增大。若 $\Delta p_1 > \Delta p_2$ ，水银柱所受合外力方向向上，应向上移动；若 $\Delta p_1 = \Delta p_2$ ，水银柱不移动；若 $\Delta p_1 < \Delta p_2$ ，水银柱向下移动。在同一 $p-T$ 坐标系中画出两段气柱的等容线，如图所示，在温度相同时， $p_1 > p_2$ ，由图可得气柱 l_1 等容线的斜率较大，当两气柱升高相同的温度时， $\Delta p_1 > \Delta p_2$ ，所以水银柱上移，故选 C。



9. [2024·河北一模]一根粗细均匀、长度为 $L = 89\text{cm}$ 的导热玻璃管开口向下竖直放置，管中长度为 $l_1 = 12\text{cm}$ 的水银封闭着理想气体柱的长度为 $l_2 = 77\text{cm}$ ，如图甲所示，现将玻璃管沿纸面缓慢转动 180° 至开口向上并固定，如图乙所示。已知外界大气压强恒为 76cmHg ，环境的热力学温度始终为 $T_0 = 308\text{K}$ 。



(1) 求图乙中水银到管口的距离 h ;

(2) 对图乙中的封闭气体加热, 要使水银全部从玻璃管顶端溢出, 封闭气体的热力学温度不能低于多少? (结果保留 1 位小数)

【答案】 (1) 21cm

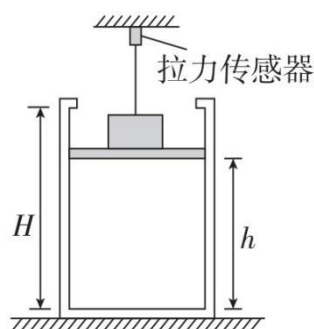
(2) 425.4K

【解析】

(1) 由平衡条件可得, 甲图中封闭气体的压强为 $p_1 = p_0 - 12\text{cmHg} = 64\text{cmHg}$ 乙图中封闭气体的压强为 $p_2 = p_0 + 12\text{cmHg} = 88\text{cmHg}$ 由玻意耳定律有 $p_1 S l_1 = p_2 S (l_2 - h)$ 联立解得图乙中水银到管口的距离 $h = 21\text{cm}$

(2) 设封闭理想气体的水银柱长度为 x 时, 理想气体的热力学温度为 T , 则由理想气体状态方程可得 $\frac{p_1 S l_1}{T_0} = \frac{p_3 S l_3}{T}$ 其中 $p_3 = (76 + x)\text{cmHg}$, $l_3 = (89 - x)\text{cm}$ 代入可得 $\frac{64\text{cmHg} \times 77\text{cm}}{308\text{K}} = \frac{(76 + x)\text{cmHg} \times (89 - x)\text{cm}}{T}$ 根据数学关系可知, 当 $89 - x = 76 + x$ 时, 即 $x = 6.5\text{cm}$ 时, T 取最大值 $T \approx 425.4\text{K}$ 因此封闭气体的热力学温度不低于425.4K, 水银才能全部从玻璃管顶端溢出。

10. [2024 · 湖南常德模拟] 如图所示, 一导热性能良好的汽缸开口竖直向上静置在水平面上, 缸口处固定有卡环 (大小不计), 卡环距汽缸底部的高度 $H = 12\text{cm}$, 质量 $m = 0.5\text{kg}$ 、横截面积 $S = 1.5\text{cm}^2$ 的光滑薄活塞下方封闭一定质量的理想气体, 活塞上表面有一用竖直轻绳悬挂的重物, 轻绳上端与固定的拉力传感器相连。当封闭气体的热力学温度 $T_1 = 300\text{K}$ 时, 活塞距汽缸底部的高度 $h = 10\text{cm}$, 重物对活塞恰好无压力; 当封闭气体的热力学温度缓慢上升至 $T_2 = 600\text{K}$ 时, 传感器的示数恰好为零。已知大气压强恒为 $p_0 = 1 \times 10^5\text{Pa}$, 取重力加速度 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求:



- (1) 重物的质量 M ;
- (2) 当封闭气体的热力学温度缓慢上升至 $T_3 = 900\text{K}$ 时, 封闭气体的压强 p 。

【答案】 (1) 2kg

(2) $\frac{10}{3} \times 10^5 \text{Pa}$

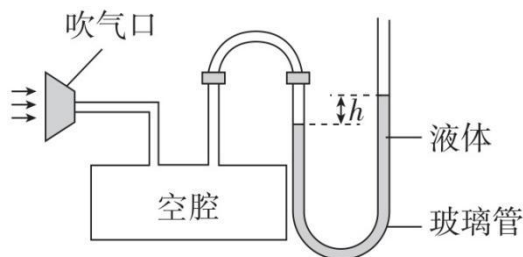
【解析】

(1) 设当热力学温度 $T_1 = 300\text{K}$ 时, 封闭气体的压强为 p_1 , 根据平衡条件有 $p_1 S = mg + p_0 S$ 设当热力学温度 $T_2 = 600\text{K}$ 时, 封闭气体的压强为 p_2 , 根据平衡条件有 $p_2 S = (M + m)g + p_0 S$ 根据查理定律有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ 解得 $M = 2\text{kg}$

(2) 设当活塞刚到达卡环处时, 封闭气体的热力学温度为 T_0 , 根据盖—吕萨克定律有 $\frac{HS}{T_0} = \frac{hS}{T_2}$ 解得 $T_0 = 720\text{K}$ 因为 $T_3 > T_0$, 所以此后封闭气体的体积不变, 根据查理定律有 $\frac{p}{T_3} = \frac{p_2}{T_0}$ 由 (1) 可得 $p_2 = \frac{8}{3} \times 10^5 \text{Pa}$ 解得 $p = \frac{10}{3} \times 10^5 \text{Pa}$

素养综合练

11. [2024 · 广东高三校级联考] 肺活量是指在标准大气压下, 人尽力呼气时呼出气体的体积, 是衡量心肺功能的重要指标。如图所示为某同学自行设计的肺活量测量装置, 体积为 V_0 的空腔通过细管与吹气口和外部玻璃管密封连接, 玻璃管内装有密度为 ρ 的液体用来封闭气体。测量肺活量时, 被测者吸足空气, 通过吹气口将肺部内的空气尽力吹入空腔中, 若设此时玻璃管两侧的液面高度差为 h , 大气压强为 p_0 保持不变, 重力加速度为 g , 忽略气体温度的变化, 则人的肺活量为 ()



A. $\frac{\rho gh + 2p_0}{p_0} V_0$

B. $\frac{\rho gh + p_0}{p_0} V_0$

C. $\frac{\rho gh}{p_0} V_0$

D. $\frac{\rho gh - p_0}{p_0} V_0$

【答案】C

【解析】设人的肺活量为 V ，以空腔中的气体和人吹出的气体为研究对象，初状态 $p_1 = p_0$ ， $V_1 = V_0 + V$ ，末状态 $p_2 = p_0 + \rho gh$ ， $V_2 = V_0$ ，根据玻意耳定律有 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ，联立解得 $V = \frac{\rho gh}{p_0} V_0$ ，故选 C。

课时作业 76 气体实验定律和理想气体状态方程的综合应用

基础达标练

1. [2024·辽宁大连模拟]学校举行趣味运动会，某同学用气泵给“陆地龙舟”充气。“陆地龙舟”里原有压强为 1atm 的空气 0.6m^3 ，气泵每秒能把体积为 $5.0 \times 10^{-4}\text{m}^3$ 压强为 1atm 的空气充入“陆地龙舟”中。请估算气泵工作多长时间能使“陆地龙舟”里的压强达到 1.1atm（近似认为“陆地龙舟”的体积和温度保持不变）（ ）



A. 0.5min

B. 1.0min

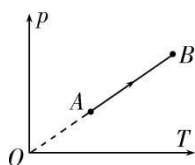
C. 2.0min

D. 3.0min

【答案】C

【解析】设气泵工作时间为 t ，则有 $p_1 V_1 + p_1 V_2 = p_2 V_1$ ，解得 $V_2 = 0.06\text{m}^3$ ，则 $t = \frac{V_2}{\Delta V} = 120\text{s} = 2\text{min}$ ，故选 C。

2. [2023·江苏卷·3, 4分]如图所示，密闭容器内一定质量的理想气体由状态A变化到状态B。该过程中（ ）



- A. 气体分子的数密度增大
- B. 气体分子的平均动能增大
- C. 单位时间内气体分子对单位面积器壁的作用力减小
- D. 单位时间内与单位面积器壁碰撞的气体分子数减小

【答案】B

【解析】根据 $\frac{pV}{T} = C$ 可得 $p = \frac{C}{V}T$ ，则从A到B为等容变化，即从A到B气体体积不变，则气体分子的数密度不变，A 错误；从A到B气体的温度升高，则气体分子的平均动能变大，B 正确；从A到B气体的压强变大，则单位时间内气体分子对单位面积的器壁的作用力变大，C 错误；气体分子的数密度不变，从A到B气体分子的平均速率变大，则单位时间内与单位面积器壁碰撞的气体分子数变大，D 错误。

3. [2024·安徽合肥二模]我国在春节和元宵节都有挂灯笼的习俗。现在制作的灯笼大多用铁丝作骨架，外层蒙以纸或纱类等透明物，内部装有白炽灯。夜晚点亮白炽灯，既起到照明作用，又营造出喜庆的节日氛围。若灯点亮前，灯笼内的温度为 T_1 ，空气密度为 ρ_1 ，灯点亮一段时间后，灯笼内的温度升至 T_2 ，空气密度为 ρ_2 。不计灯笼体积的变化， T_1 与 T_2 的单位均为开尔文。若大气压强不变，则 ρ_1 与 ρ_2 之比为（ ）

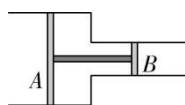


- A. $\frac{T_2 - T_1}{T_1}$
- B. $\frac{T_1}{T_2 - T_1}$
- C. $\frac{T_1}{T_2}$
- D. $\frac{T_2}{T_1}$

【答案】D

【解析】设灯笼体积为 V ，灯点亮前，灯笼内空气质量为 m ，大气压强不变，根据盖—吕萨克定律可得 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ，解得 $V_2 = \frac{T_2}{T_1}V_1$ ，又因 $m = \rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$ ，可得 $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$ ，故选 D。

4. 如图所示为水平放置的固定圆柱形汽缸，汽缸内被A、B两活塞封有一定质量的理想气体，活塞之间用硬杆相连（硬杆的粗细可忽略），活塞与汽缸壁之间可无摩擦地滑动而不漏气。现缸内气体温度为 T_1 ，活塞在图示位置保持静止，若缸内气体温度缓慢下降到 T_2 ，且降温幅度很小，外界环境压强不变，则下列说法中正确的是（ ）

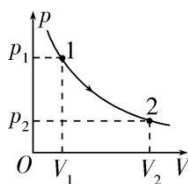


- A. 缸内气体将等体积变化，活塞不发生移动
- B. 活塞将向右移动
- C. 活塞将向左移动
- D. 活塞再次静止时，缸内气体的体积、温度、压强与降温前相比都发生了变化

【答案】B

【解析】设外界环境压强与密封气体压强分别为 p_0 、 p_1 ，对活塞与硬杆整体分析有 $p_0 S_A + p_1 S_B = p_1 S_A + p_0 S_B$ ，解得 $p_0 = p_1$ ，可知，气体发生的是等压变化，根据盖—吕萨克定律有 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ，可知，当缸内气体温度缓慢下降到 T_2 时，密封气体体积将随之减小，由于活塞用硬杆相连，两活塞移动的距离相等，当体积减小时，活塞应向横截面积较小的一侧移动，即活塞将向右移动，故 A、C 错误，B 正确；根据上述分析可知，活塞再次静止时，缸内气体的体积、温度与降温前相比都发生了变化，而压强没有发生变化，故 D 错误。

5. 多选 一定质量的理想气体状态变化如 $p - V$ 图所示，图中 $p_1 = 3p_2$ ， $V_2 = 4V_1$ ，状态 1、2 对应的温度分别为 T_1 、 T_2 。由状态 1 变化到状态 2 的过程中，下列说法正确的是（ ）

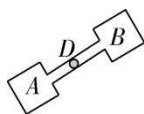


- A. 气体内能不变
- B. 每个气体分子的动能均增大
- C. 气体分子热运动平均动能增大
- D. 单位时间内器壁单位面积上受气体分子撞击的次数减少

【答案】CD

【解析】从状态1到状态2,根据理想气体状态方程可得 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$,其中 $p_1 = 3p_2$, $V_2 = 4V_1$, 解得 $T_2 = \frac{4}{3}T_1$, 温度升高, 气体的内能增大, 气体分子的平均动能增大, 但并不是每个气体分子的动能均增大, 故A、B错误, C正确; 分子平均动能增大, 则分子撞击器壁的平均作用力增大, 由于气体压强减小, 故器壁单位面积上在单位时间内受分子撞击的次数减少, 故D正确。

6. 如图所示, A、B两个容器中装有同种理想气体, 容器间用一根细玻璃管连接, 管中有一水银滴D作为活塞, 当A容器的温度为 -10°C , B容器的温度为 10°C 时, 水银滴刚好在玻璃管的中央保持平衡, 两个容器的温度都升高 20°C 时, 下列判断正确的是 ()



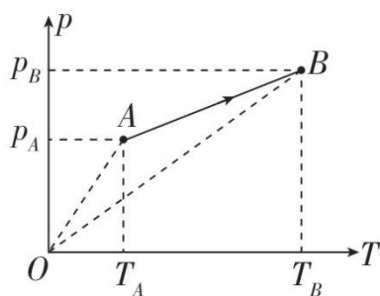
- A. 水银滴将向A移动
- B. 水银滴将向B移动
- C. 水银滴将向哪个方向移动无法判断
- D. 水银滴将不移动

【答案】B

【解析】假定升温后两个容器中气体的体积不变, 即 V_1 、 V_2 不变, A、B中所装气体温度分别为 $T_1 = 263\text{K}$, $T_2 = 283\text{K}$, 当温度升高 ΔT 时, 容器A中气体的压强由 p_1 增至 p'_1 , $\Delta p_1 = p'_1 - p_1$, 容器B中气体的压强由 p_2 增至 p'_2 , $\Delta p_2 = p'_2 - p_2$ 。由查理定律可得 $\frac{p}{T} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$, 解得 $\Delta p_1 = \frac{p_1}{263\text{K}} \cdot \Delta T$, $\Delta p_2 = \frac{p_2}{283\text{K}} \cdot \Delta T$, 因为 $p_2 < p_1$, 可得 $\Delta p_1 > \Delta p_2$, 即水银滴将向B移动, B正确。

能力强化练

7. [2024·河南模拟] **多选** 手机上某软件可利用手机传感器即时显示有关物理数据，同时建立坐标系，能够直观对比实验数据，操作简单，可全面测量物理量。小茗同学准备用此软件测量导热良好的透明玻璃杯内的压强与温度的关系。小茗同学将手机放入玻璃杯内，拧好杯盖，然后将玻璃杯放入热水中，测出气体的压强随温度变化的规律如图所示，玻璃杯内气体视为理想气体，环境压强不变。下列说法正确的是（ ）



- A. 状态A玻璃杯内气体分子平均距离比状态B玻璃杯内气体分子平均距离大
- B. 从状态A到状态B玻璃杯内气体分子平均动能变大，但有的气体分子动能可能减小
- C. 从状态A到状态B可知小茗同学没有完全把杯盖拧紧，玻璃杯内气体有漏气现象
- D. 从状态A到状态B玻璃杯中气体质量不变

【答案】BC

【解析】由题意可知玻璃杯的容积不变，所以玻璃杯中气体的体积不变。若气体质量不发生变化，则有 $\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$ ，结合图像可得从状态A到状态B的过程中，图线上的点与原点连线的斜率在逐渐减小，所以从状态A到状态B的过程中，玻璃杯内气体有漏气现象，玻璃杯中气体质量减少；由于玻璃杯中气体的分子数减少，所以玻璃杯内气体分子平均距离变大，即状态A玻璃杯内气体分子平均距离比状态B玻璃杯内气体分子平均距离小，故A、D错误，C正确。从状态A到状态B，温度升高，玻璃杯内气体分子平均动能变大，但有的气体分子动能可能减小，故B正确。

8. [2024·山东临沂模拟]江西景德镇的陶瓷以白瓷著称，素有“白如玉，明如镜，薄如纸，声如磬”之称。如图是烧制瓷器所用窑炉的简图，上方有一只能向上打开的单向阀门，阀门横截面积为 S ，当阀门受到大于等于 $2.5p_0S$ 的净压力时，

阀门打开，已知大气压强恒为 p_0 ，绝对零度取 -273°C 。某次模拟烧制过程，初始时窑内温度为 27°C ，窑内气体体积为 V_0 ，压强为 p_0 ，阀门打开后，窑内气体压强不变，窑内气体可看成理想气体，则（ ）

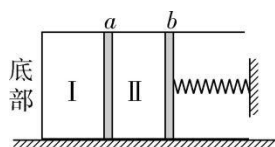


- A. 窑内温度为 727°C 时阀门打开
- B. 阀门打开时，窑内气压可能为 $2.6p_0$
- C. 窑内温度为 427°C 时窑内气压为 $2.0p_0$
- D. 窑内温度为 987°C 时窑内剩余气体质量为初始时的 $\frac{5}{6}$

【答案】D

【解析】外界大气对阀门的作用力恒为 p_0S ，阀门恰好打开时，设窑内气体压强为 p ，有 $pS - p_0S = 2.5p_0S$ ，解得 $p = 3.5p_0$ ，故 B 错误；阀门打开前，窑内气体发生等容变化，有 $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p}{T}$ ，可得 $T = 1050\text{K}$ ，解得 $t = 777^{\circ}\text{C}$ ，故 A 错误；窑内温度为 427°C 时，阀门未打开，根据 $\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1}$ ，解得 $p_1 = \frac{7p_0}{3}$ ，故 C 错误；窑内温度为 987°C 时，阀门处于打开状态，根据理想气体状态方程有 $\frac{p_0V_0}{T_0} = \frac{pV}{T_2}$ ，解得 $V = 1.2V_0$ ，根据 $m = \rho V$ 可知窑内剩余气体的质量为初始时气体质量的 $\frac{V_0}{V} = \frac{5}{6}$ ，故 D 正确。

9. 一圆柱形绝热汽缸水平固定，开口向右，底部透明，横截面积为 S 。汽缸内的两隔板 a 、 b 将汽缸分成 I、II 两室，其中隔板 a 绝热，隔板 b 导热，隔板可在汽缸内无摩擦地移动且不漏气。 b 的右侧与水平弹簧相连，初始时，弹簧处于拉伸状态，两室内均封闭有体积为 V_0 、温度为 T 的理想气体。现用红外线对 I 室底部进行照射，隔板缓慢移动，稳定后， b 隔板向右移动了 $\frac{4V_0}{3S}$ 。已知大气压强为 p_0 ，环境温度保持不变，照射前、后弹簧的弹力大小均为 $\frac{p_0S}{2}$ ，弹簧始终处在弹性限度内。则 a 隔板向右移动的距离 Δx 为（ ）



- A. $\frac{V_0}{2S}$ B. $\frac{V_0}{S}$ C. $\frac{3V_0}{2S}$ D. $\frac{2V_0}{S}$

【答案】D

【解析】由平衡条件知 I、II 两室气体压强始终相等，设照射前两室气体的压强为 p_1 ，照射后两室气体的压强为 p_2 ，则

$$\text{照射前，有 } p_1 S + \frac{p_0 S}{2} = p_0 S$$

$$\text{照射后，有 } p_2 S = p_0 S + \frac{p_0 S}{2}$$

$$a \text{ 隔板向右移动的距离 } \Delta x = \frac{V_1 - V_0}{S}$$

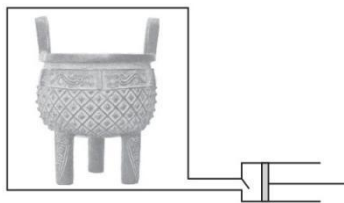
$$\text{II 室气体体积 } V_2 = V_0 + (V_0 - V_1) + \frac{4V_0}{3}$$

$$\text{II 室气体发生等温变化，由玻意耳定律，有 } p_1 V_0 = p_2 V_2$$

$$\text{联立解得 } \Delta x = \frac{2V_0}{S}, \text{ 故选 D。}$$

素养综合练

10. 为防止文物展出时因氧化而受损，需抽出存放文物的展柜中的空气，充入惰性气体，形成低氧环境。如图为用活塞式抽气筒从存放青铜鼎的展柜内抽出空气的示意图。已知展柜容积为 V_0 ，开始时展柜内空气压强为 p_0 ，抽气筒每次抽出空气的体积为 $\frac{V_0}{16}$ ；抽气一次后，展柜内压强传感器显示内部压强为 $\frac{14}{15}p_0$ ；不考虑抽气引起的温度变化。求：



- (1) 青铜鼎的总体积；
- (2) 抽气两次后，展柜内剩余空气与开始时空气的质量之比。

【答案】 (1) $\frac{1}{8}V_0$

(2) 196:225

【解析】

(1) 设青铜鼎的总体积为 ΔV ，由玻意耳定律得 $p_0(V_0 - \Delta V) = \frac{14}{15}p_0(V_0 - \Delta V + \frac{1}{16}V_0)$ 解得 $\Delta V = \frac{1}{8}V_0$

(2) 设第二次抽气后气体压强为 p_2 ，则有 $\frac{14}{15}p_0(V_0 - \Delta V) = p_2(V_0 - \Delta V + \frac{1}{16}V_0)$
设剩余气体压强为 p_0 时体积为 V ，则 $p_0V = p_2(V_0 - \Delta V)$ 剩余气体与原气体的质量比 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{V}{V_0 - \Delta V}$ 解得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{196}{225}$

课时作业 77 热力学定律与能量守恒

基础达标练

1. 关于温度、内能和热量，下列说法正确的是 ()
- A. 把零下 10°C 的冰块放在 0°C 的冰箱保鲜室中，一段时间后，冰块的内能会增加
- B. 在汽油机的压缩冲程中，内能转化为机械能
- C. 用锯条锯木板，锯条的温度升高，是由于锯条从木板吸收了热量
- D. 我们不敢大口喝热气腾腾的汤，是因为汤含有的热量较多

【答案】A

【解析】把零下 10°C 的冰块放在 0°C 的冰箱保鲜室中，一段时间后，冰块从冰箱中吸收热量，内能一定会增加，故 A 正确；在汽油机的压缩冲程中，是将机械能转化为内能，故 B 错误；用锯条锯木板，锯条的温度升高，是通过做功的方式增加了锯条的内能，故 C 错误；我们不敢大口喝热气腾腾的汤，是因为汤的温度高，热量是一个过程量，不能说含有，故 D 错误。

2. 在铜制活塞上放置少量易燃物，将金属筒套在活塞上迅速下压，可点燃易燃物。则迅速下压过程中，关于金属筒内的封闭气体，下列说法中正确的是 ()
- A. 分子平均动能变小
- B. 每个气体分子速率都增大
- C. 从外界吸热，气体内能增加
- D. 分子在单位时间内对单位面积器壁的碰撞次数增加

【答案】D

【解析】迅速下压过程中，外界对气体做功，由于气体状态变化经历时间很短，几乎不与外界发生热交换，近似为绝热过程，根据热力学第一定律可知气体内能增大，温度升高，分子平均动能变大，但并不是每个气体分子速率都增大，故 A、B、C 错误；气体体积减小，单位体积内分子数增多，且分子平均动能增大，所以分子在单位时间内对单位面积器壁的碰撞次数增加，故 D 正确。

3. 多选 下列说法正确的是（ ）

- A. 大量分子无规则的热运动能够自动转变为有序运动
- B. 热传递的自然过程是大量分子从有序运动状态向无序运动状态转化的过程
- C. 热传递的自然过程是大量分子从无序程度小的运动状态向无序程度大的运动状态转化的过程
- D. 一切自然过程总是沿着分子热运动的无序性增大的方向进行

【答案】CD

【解析】大量分子无规则的热运动不能自动转变为有序运动，故 A 错误；热传递的自然过程是大量分子从无序程度小的运动状态向无序程度大的运动状态转化的过程，故 B 错误，C 正确；D 项说法正确。

4. [2024·山东菏泽模拟] 一个充气气球用绳子拴着一块石头正在湖水中缓慢下沉，越往下水温越低，气球导热良好，则气球内气体（ ）

- A. 内能增加
- B. 对外界做正功
- C. 减少的内能小于放出的热量
- D. 减少的内能大于放出的热量

【答案】C

【解析】充气气球用绳子拴着一块石头在湖水中缓慢下沉，越往下水温越低，则气球内气体内能减少，A 错误；气球内气体压强逐渐增大，根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$ 知，气球体积减小，对外界做负功，B 错误；气球缓慢下沉时，气球内气体内能减少，外界对气球做正功，根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，可知减少的内能小于放出的热量，C 正确，D 错误。

5. 健身球是一种有趣的体育健身器材。如图所示，健身者正在挤压健身球，健身球内的气体视为理想气体且在挤压过程中温度不变，下列说法正确的是（ ）

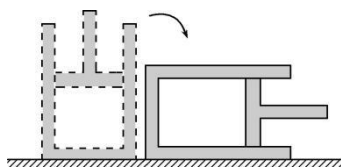


- A. 健身球内的气体内能不变
- B. 健身球内的气体对外界做正功
- C. 健身球内的气体从外界吸收热量
- D. 健身球内的气体单位时间内撞击单位面积球壁的分子数不变

【答案】A

【解析】健身球内的气体温度不变，则内能不变，故 A 正确；健身者正在挤压健身球，即外界对气体做正功，故 B 错误；因外界对气体做正功， $W > 0$ ，气体内能不变， $\Delta U = 0$ ，根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，可得 $Q < 0$ ，即气体向外放出热量，故 C 错误；气体的温度不变，即所有分子的平均速率不变，而体积变小，则单位体积的分子数变多，可知压强变大，则健身球内的气体单位时间内撞击单位面积球壁的分子数变多，故 D 错误。

6. [2022 · 山东卷 · 5, 3 分] 如图所示，内壁光滑的绝热汽缸内用绝热活塞封闭一定质量的理想气体，初始时汽缸开口向上放置，活塞处于静止状态，将汽缸缓慢转动 90° 过程中，缸内气体 ()



- A. 内能增加，外界对气体做正功
- B. 内能减小，所有分子热运动速率都减小
- C. 温度降低，速率大的分子数占总分子数比例减少
- D. 温度升高，速率大的分子数占总分子数比例增加

【答案】C

【解析】汽缸缓慢转动 90° 过程中，缸内气体压强减小，体积增大，则气体对外界做功，因为此过程为绝热过程，所以气体内能一定减小，温度降低，则分子平均动能减小，速率大的分子所占比例减少，C 正确。

7. [2024 · 湖北模拟] 油炸爆米花的基本原理是高温的油让玉米粒内的水分迅速汽化形成水蒸气，形成的水蒸气被玉米粒的外皮密封在内部。随着温度的升高水蒸气压强变大，当玉米粒的内、外压强差达到一定程度时玉米粒的外皮突然破裂，导致玉米粒内高压水蒸气急剧膨胀，瞬时爆开玉米粒。关于这一过程，下列说法正确的是 ()

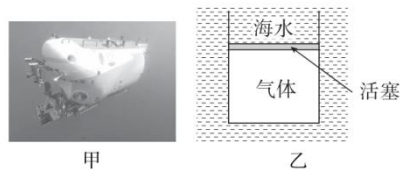
- A. 在玉米粒温度升高的过程中，每个水蒸气分子的动能都一定增加
- B. 大米粒虽然没有玉米粒那样的外皮密封，照样可以用油炸的方式做爆米花
- C. 炸裂的过程，气体对玉米粒外皮做功，该过程违背了热力学第二定律，能量从内能转变成了动能
- D. 玉米粒温度升高但外皮没有炸裂的过程中，玉米粒外皮单位时间内单位面积上受到水蒸气分子撞击的次数增多

【答案】D

【解析】玉米粒温度升高时，个别水蒸气分子的动能可能减小，也可能不变，故 A 错误；大米粒没有玉米粒那样的外皮密封，油炸形成的水蒸气不能被大米粒密封在内部，不可以用油炸的方式做爆米花，故 B 错误；炸裂的过程，气体对玉米粒外皮做功，能量从内能转变成了动能，遵循能量守恒定律，该过程不违背热力学第二定律，故 C 错误；玉米粒温度升高但外皮没有炸裂的过程中，体积不变，则分子分布的密集程度不变，温度升高，分子运动的平均速率增大，可知单位时间内水蒸气分子对玉米粒外皮单位面积的撞击次数增多，故 D 正确。

能力强化练

8. [2024·陕西模拟] **多选** 如图甲所示，中国“奋斗者”号载人潜水器在马里亚纳海沟成功坐底，坐底深度 10909m，创造了我国载人深潜新纪录。已知在深度 3000m 以下，海水温度基本不变，现利用如图乙所示固定在潜水器外的一个密闭汽缸做验证性实验，汽缸内封闭一定质量的理想气体。轻质导热活塞可自由移动。若将气体分子撞击缸壁视为弹性正碰，则在潜水器从 4000m 深度下潜到 5000m 深度的过程中，下列说法正确的是（ ）

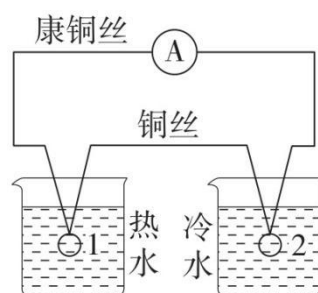


- A. 封闭气体对外界做正功
- B. 封闭气体向外界放出热量
- C. 封闭气体的压强与潜水器下潜的深度成正比
- D. 封闭气体分子单位时间撞击缸壁单位面积的次数增加

【答案】BD

【解析】根据热力学第一定律，由于温度不变，气体的内能不变，气体压强增大，体积减小，外界对气体做正功，则气体放出热量，A 错误，B 正确；潜水器从 4000m 深度下潜到 5000m 深度时，对封闭气体有 $p = p_0 + \rho gh$ ，封闭气体的压强与潜水器下潜的深度成一次函数关系，C 错误；下潜过程中，气体温度不变，气体分子平均动能不变，压强增大，气体被压缩，气体分子数密度增大，气体分子单位时间撞击缸壁单位面积的次数增加，D 正确。

9. [2024·福建泉州二模] 多选 温差发电原理：金属或者半导体的内部载流子的密度会随着温度的变化而变化，当维持物体两端的温差，可使载流子持续扩散，而形成稳定的电压。如图所示，用两种不同的金属丝组成一个回路，触点 1 插在热水中，触点 2 插在冷水中，电流表指针会发生偏转，这就是温差发电现象。下列说法正确的是（ ）



- A. 金属铜是非晶体
- B. 该实验中有部分内能转化为电路的电能
- C. 该实验中热水的温度降低，冷水的温度升高
- D. 该实验符合能量守恒定律，但违背了热力学第二定律

【答案】BC

【解析】金属铜有确定的熔点，是晶体，故 A 错误；该实验遵循能量守恒定律，最终将达到热平衡，内能转化为电能，热水温度降低，冷水温度升高，故 B、C 正确；热水中减少的内能一部分转化为电能，一部分传递给冷水，转化效率低于 100%，该实验符合能量守恒定律，也不违背热力学第二定律，故 D 错误。

10. [2024·重庆三模] 多选 潜水员在水中呼出的气泡，从水下几米深处快速上升到水面，这一过程中气体与外界未实现热交换。将气泡内的气体视为理想气体，则在这一过程中，下列说法正确的是（ ）



- A. 气体分子的平均动能保持不变 B. 气体温度降低
C. 气泡内气体分子数密度不变 D. 气泡体积增大，气体对外做功

【答案】BD

【解析】气泡从水下几米深处快速上升到水面过程中，气泡内气体压强减小，体积增大，气体对外做功，由于气体与外界未实现热交换，则气体内能减小，气体温度降低，故 B、D 正确；气体温度降低，气体分子平均动能减小，故 A 错误；气泡体积增大，气泡内气体分子数密度减小，故 C 错误。

11. 气象气球是进行高空气象观测的平台。首先用聚酯薄膜材料制成气球的球皮，然后对它充以比空气密度小的气体，之后密封好，气球就可以携带仪器升空探测了。某气象气球升至地球平流层时，平流层的气压为 p 。从早上至中午，由于阳光照射，气球内气体的内能增加了 ΔU ，气球有微小膨胀，半径由 R_1 膨胀到 R_2 ，已知早上气球内气体温度为 T_1 。假设气球内的气体压强始终等于平流层气压，求中午时气球内气体的温度 T_2 和早上至中午气球内气体吸收的热量 Q 。



【答案】 $\frac{R_2^3}{R_1^3}T_1$; $\Delta U + \frac{4}{3}\pi p(R_2^3 - R_1^3)$

【解析】早上气球体积 $V_1 = \frac{4}{3}\pi R_1^3$

中午气球体积 $V_2 = \frac{4}{3}\pi R_2^3$

从早上至中午，气球内的气体做等压变化，有 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

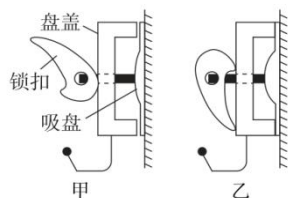
解得 $T_2 = \frac{R_2^3}{R_1^3}T_1$

气球膨胀过程，气体压强为 p ，外界对气体做功 $W = -p(V_2 - V_1)$ ，由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$

$$\text{解得 } Q = \Delta U + \frac{4}{3}\pi p(R_2^3 - R_1^3)$$

素养综合练

12. [2024·辽宁丹东二模] **多选** 如图所示是家庭中使用的一种强力挂钩，其使用时，按住锁扣把吸盘紧压在墙上（如图甲），吸盘中的空气被挤出一部分后，吸盘内封闭气体的体积为 V_0 ，压强为 p_0 ，然后再把锁扣扳下（如图乙），使腔内气体体积变为 $1.5V_0$ ，让吸盘紧紧吸在墙上。已知吸盘与墙面的有效正对面积为 S ，强力挂钩的总质量为 m ，与墙面间的最大静摩擦力是正压力的 k 倍，外界大气压强为 p_0 ，重力加速度为 g ，忽略操作时的温度变化，把封闭气体看成理想气体（只有吸盘内的气体是封闭的）。此过程中，下列说法正确的是（ ）



- A. 吸盘内的气体的压强增大
- B. 吸盘内的气体要从外界吸收热量
- C. 吸盘内的气体分子的平均动能不变
- D. 安装结束后，此挂钩所挂物体的最大质量为 $\frac{2kp_0S}{3g} - m$

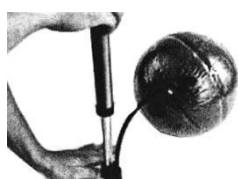
【答案】BC

【解析】理想气体的温度不变，体积增大，根据玻意耳定律可知，吸盘内的气体的压强减小，故 A 错误；理想气体的温度不变，则气体的内能不变，气体体积增大，气体对外界做功，根据热力学第一定律可知，吸盘内的气体要从外界吸收热量，故 B 正确；理想气体的温度不变，则吸盘内的气体分子热运动的平均动能不变，故 C 正确；根据玻意耳定律有 $p_0V_0 = p_1 \cdot 1.5V_0$ ，设此挂钩所挂物体的最大质量为 M ，对物体与挂钩整体分析，有 $(M + m)g = kN$ ， $p_0S = N + p_1S$ ，解得 $M = \frac{kp_0S}{3g} - m$ ，故 D 错误。

课时作业 78 热力学定律与气体实验定律、气体图像的综合应用

基础达标练

1. 如图,用打气筒和气针给篮球充气,将气针安装在打气筒气嘴上,把气针慢慢插入篮球气孔,然后压缩打气筒内空气。在一次缓慢充气过程中,设篮球的体积不变,气体温度不变,打气筒内的气体全部压入篮球内,无漏气,气体可视为理想气体,对于此次充气前打气筒内和篮球内的全部气体()

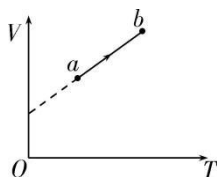


- A. 此过程中气体的内能增大
- B. 此过程中气体从外界吸收热量
- C. 此过程中气体分子对篮球内壁的平均撞击力变大
- D. 此过程中气体分子单位时间内与篮球内壁单位面积碰撞的次数增多

【答案】D

【解析】气体温度不变,则气体内能不变,故 A 错误;充气过程中外界对气体做功,即 $W > 0$,气体温度不变,则内能不变,即 $\Delta U = 0$,根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$,则 $Q < 0$,即气体向外界放出热量,故 B 错误;温度是分子平均动能的标志,温度不变,则分子的平均动能不变,此过程中气体分子对篮球内壁的平均撞击力不变,故 C 错误;充气过程中气体温度不变,体积变小,则气体的压强增大,结合 C 项分析可知,气体分子单位时间内与篮球内壁单位面积碰撞的次数增加,故 D 正确。

2. [2022·辽宁卷·6,4分]一定质量的理想气体从状态 a 变化到状态 b ,其体积 V 和热力学温度 T 的关系图像如图所示,此过程中该系统()



- A. 对外界做正功
- B. 压强保持不变

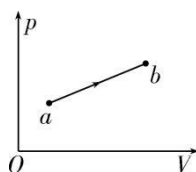
C. 向外界放热

D. 内能减少

【答案】A

【解析】从状态 a 到状态 b ，气体体积增大，系统对外界做正功， $W < 0$ ，温度升高，系统内能增加， $\Delta U > 0$ ，根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可得， $Q > 0$ ，系统从外界吸热，A 正确，C、D 错。在该 $V-T$ 图像中，图线的延长线不过原点，故不是等压变化，B 错误。

3. 多选 如图所示，一定质量的理想气体从状态 a 变化到状态 b 。在此过程中（ ）



A. 气体温度先上升后下降

B. 气体内能一直增加

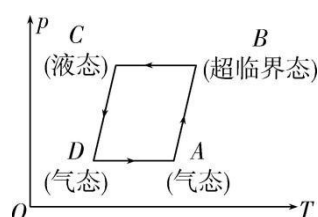
C. 气体一直对外做功

D. 气体吸收的热量一直全部用于对外做功

【答案】BC

【解析】由题图知气体的 p 、 V 乘积一直增大，由 $\frac{pV}{T} = C$ ，知气体的温度一直升高，内能一直增加，A 错误，B 正确；气体的体积增大，则气体一直对外做功，同时气体的内能一直增加，根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ ，可知气体一直从外界吸热，吸收的热量用于对外做功和增加内能，故 C 正确，D 错误。

4. 二氧化碳制冰过程可简化为图中的循环过程，其中横轴为温度 T ，纵轴为压强 p 。过程 $A \rightarrow B$ ：一定质量的二氧化碳在压缩机的作用下变为高温高压的超临界态（一种介于液态和气态之间、分子间有强烈相互作用的特殊状态）；过程 $B \rightarrow C$ ：二氧化碳在冷凝器中经历一恒压过程向外放热而变成高压液体；过程 $C \rightarrow D$ ：二氧化碳进入蒸发器中蒸发，进而使与蒸发器接触的水降温而凝固；过程 $D \rightarrow A$ ：二氧化碳经历一恒压过程回到初始状态。下列说法正确的是（ ）

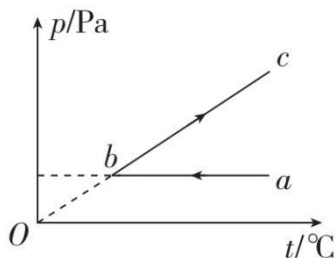


- A. 过程 $A \rightarrow B$ 中，每个二氧化碳分子的动能都将增大
- B. 过程 $B \rightarrow C$ 中，二氧化碳始终遵循理想气体的实验定律
- C. 过程 $D \rightarrow A$ 中，若二氧化碳可看作理想气体，则该过程中二氧化碳将吸热
- D. 整个循环过程中，热量从低温水向高温二氧化碳传递，违反热力学第二定律

【答案】C

【解析】温度是分子平均动能的标志， $A \rightarrow B$ 的过程中气体的温度升高，分子的平均动能增大，但不是每一个分子的动能都增大，故A错误； $B \rightarrow C$ 过程中二氧化碳从超临界态变成液态，不遵循理想气体实验定律，故B错误； $D \rightarrow A$ 过程中，二氧化碳等压升温，由 $\frac{pV}{T} = C$ 可知气体的体积增大，则气体对外做功，气体的温度升高，则气体的内能增大，结合热力学第一定律可知该过程中二氧化碳将吸热，故C正确；整个循环过程，热量从低温水向高温二氧化碳传递，借助了外界的帮助，并不违反热力学第二定律，故D错误。

5. [2024·山东济宁模拟] 多选 如图为一定质量的理想气体经历 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过程的压强 p 随摄氏温度 t 变化的图像，其中 ab 平行于 t 轴， cb 的延长线过坐标原点。下列判断正确的是（ ）

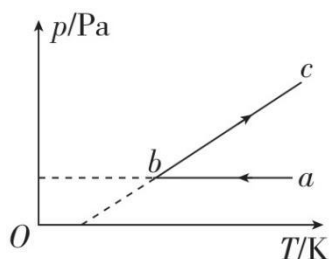


- A. $a \rightarrow b$ 过程，所有气体分子的运动速率都减小
- B. $a \rightarrow b$ 过程，单位时间撞击单位面积器壁的分子数增加
- C. $b \rightarrow c$ 过程，气体体积保持不变，从外界吸热，内能增加
- D. $b \rightarrow c$ 过程，外界对气体做功，温度升高，内能增加

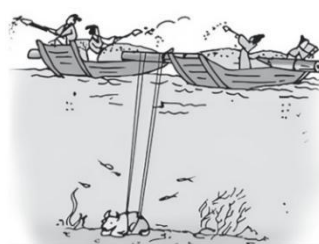
【答案】BD

【解析】 $a \rightarrow b$ 过程，温度降低，气体分子的平均速率减小，导致分子撞击器壁的平均作用力减小，压强保持不变，则单位时间撞击单位面积器壁的分子数增加，故B项正确，A项错误；把该图像转化为 $p - T$ 图像，如图所示， $b \rightarrow c$ 过程，图

像上的点与坐标原点连线斜率增大，根据 $\frac{pV}{T} = C$ ，可知气体体积减小，外界对气体做功，温度升高，内能增加，故 C 错误，D 正确。



6. [2024·湖南衡阳模拟] 如图所示为利用船的浮力打捞起几万斤的铁牛的情境。若铁牛内部有一封闭空腔，开始在水底时，腔内气体温度为 17°C 、压强为 $0.97 \times 10^5 \text{Pa}$ ，当铁牛上升到水面时，腔内温度升高到 27°C 。腔内气体视为理想气体，体积和质量不变。则在上升过程中，关于腔内气体，下列说法错误的是 ($T = t + 273\text{K}$) ()



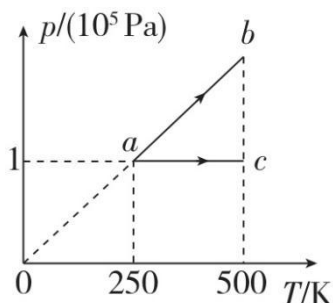
- A. 27°C 时，气体压强约为 $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$
- B. 单位时间撞击单位面积器壁的分子数增加
- C. 气体做正功
- D. 气体吸收热量

【答案】C

【解析】依题意，腔内气体体积保持不变，由查理定律可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ，其中 $T_1 = (273 + 17)\text{K} = 290\text{K}$ ， $T_2 = (273 + 27)\text{K} = 300\text{K}$ ，解得 $p_2 \approx 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ，故 A 正确；上升过程中气体温度升高，气体分子的平均速率增大，分子的数密度不变，因此单位时间撞击单位面积器壁的分子数增加，B 正确；因为气体体积不变，所以气体不做功，即 $W = 0$ ，故 C 错误；气体温度升高，内能增大，即 $\Delta U > 0$ ，又 $W = 0$ ，由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ ，解得 $Q > 0$ ，即上升过程中，吸收热量，故 D 正确。

能力强化练

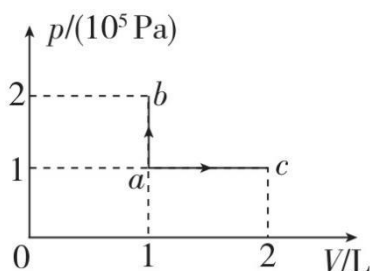
7. 一定质量的理想气体从状态 a 开始分别变化到状态 b 、 c ，气体的 $p-T$ 图像如图所示。已知气体在 a 状态的体积为 1L ，从状态 a 到状态 b 气体内能变化量为 600J 。下列说法正确的是（ ）



- A. 从 a 到 b 过程，所有气体分子的速率均增大
- B. 气体在 b 状态的内能大于在 c 状态的内能
- C. 从 a 到 c 过程，气体对外界做的功为 100J
- D. 从 a 到 c 过程，气体从外界吸收的热量为 500J

【答案】C

【解析】从 a 到 b 过程，理想气体温度升高，气体分子的平均动能增大，但不是所有分子的速率均增大，故A错误；气体在状态 b 、 c 的温度相等，又理想气体的内能只与温度有关，故气体在状态 b 、 c 的内能相等，故B错误；由理想气体状态方程可得，从 a 到 b 过程，气体发生等容变化，从 a 到 c 过程气体等压膨胀，作出气体状态变化过程的 $p-V$ 图像如图所示，可得从 a 到 c 过程，气体对外界做的功为 $W = p_a(V_c - V_a) = 100\text{J}$ ，由热力学第一定律可得，从 a 到 c 过程，气体从外界吸收的热量为 $Q = W + \Delta U = 700\text{J}$ ，故C正确，D错误。



8. [2025·河北名校联盟模拟] 多选 炎热的夏季是汽车轮胎爆胎频发时期，爆胎的一个原因是轮胎内气体温度升高导致胎压变大，因此有经验的司机师傅会适当降低胎压。某汽车上一个轮胎的容积为 200L ，早晨 17°C 时给轮胎充气，充气前轮胎内的压强为 $2.0 \times 10^5\text{Pa}$ ，充气时每秒可将 5L 、压强为 $1.0 \times 10^5\text{Pa}$ 的气体

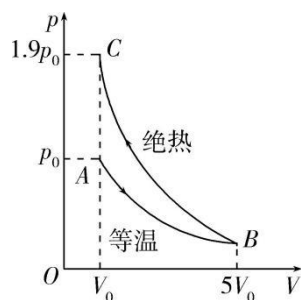
充入轮胎内，不考虑充气过程中气体温度的变化。中午高速行驶时允许的最大胎压为 $2.9 \times 10^5 \text{Pa}$ ，此时胎内气体温度可达 77°C 。将胎内气体看成理想气体，不计胎内气体温度变化对轮胎容积的影响。在安全行车的情况下，下列说法正确的是 ($T = t + 273\text{K}$) ()

- A. 轮胎内气体温度升高的过程中，每个气体分子热运动的速率均变大
- B. 轮胎内气体温度升高的过程中，气体从外界吸收的热量等于气体内能的增加量
- C. 早晨充气后轮胎内气体的压强最大允许为 $2.4 \times 10^5 \text{Pa}$
- D. 早晨充气所用时间最长为 36s

【答案】BC

【解析】轮胎内气体温度升高的过程中，气体分子的平均动能增大，平均速率增大，但不是每个气体分子的速率均变大，故 A 错误；轮胎内气体温度升高的过程中，气体内能增大，但气体体积不变，根据热力学第一定律可得，气体从外界吸收的热量等于气体内能的增加量，故 B 正确；根据等容变化可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ， $p_1 = \frac{T_1}{T_2} p_2 = \frac{273+17}{273+77} \times 2.9 \times 10^5 \text{Pa} = 2.4 \times 10^5 \text{Pa}$ ，故 C 正确；早晨充气时，有 $p_0 V_0 + pV = p_1 V_0$ ，解得 $V = 80\text{L}$ ，则所用时间最长为 $t = \frac{80}{5} \text{s} = 16\text{s}$ ，故 D 错误。

9. [2023·广东卷·13, 9分] 在驻波声场的作用下，水中小气泡周围液体的压强会发生周期性变化，使小气泡周期性膨胀和收缩，气泡内的气体可视为质量不变的理想气体，其膨胀和收缩过程可简化为如图所示的 $p-V$ 图像，气泡内气体先从压强为 p_0 、体积为 V_0 、温度为 T_0 的状态 A 等温膨胀到体积为 $5V_0$ 、压强为 p_B 的状态 B，然后从状态 B 绝热收缩到体积为 V_0 、压强为 $1.9p_0$ 、温度为 T_C 的状态 C，B 到 C 的过程外界对气体做功为 W 。已知 p_0 、 V_0 、 T_0 和 W 。求：



(1) p_B 的表达式；

(2) T_C 的表达式;

(3) B 到 C 的过程, 气泡内气体的内能变化了多少?

【答案】 (1) $p_B = \frac{p_0}{5}$

(2) $T_C = 1.9T_0$

(3) 增加了 W

【解析】

(1) 由题意可知从状态 A 到状态 B , 气体发生等温变化, 根据玻意耳定律有

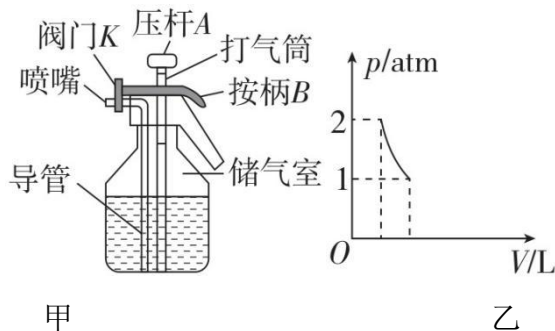
$$p_0 V_0 = p_B \cdot 5V_0, \text{ 解得 } p_B = \frac{p_0}{5}.$$

(2) 解法一: 由题图可知, 若从状态 A 沿虚线到状态 C , 则气体发生等容变化, 根据查理定律有 $\frac{p_0}{T_0} = \frac{1.9p_0}{T_C}$, 解得 $T_C = 1.9T_0$ 。解法二: 气体从状态 B 到状态 C 的过程, 由理想气体状态方程有 $\frac{p_B V_B}{T_B} = \frac{p_C V_C}{T_C}$ $p_B = \frac{p_0}{5}$, $V_B = 5V_0$, $T_A = T_B = T_0$, $p_C = 1.9p_0$, $V_C = V_0$, 联立解得 $T_C = 1.9T_0$ 。

(3) 由题意可知从状态 B 到状态 C , 气体发生绝热收缩, $Q = 0$, 根据热力学第一定律有 $\Delta U = Q + W = W$, 故从 B 到 C 过程, 气泡内气体的内能增加了 W 。

素养综合练

10. [2024·重庆模拟]如图甲所示为压气式消毒喷壶, 若该壶容积为 3L, 内装 2.4L 消毒液。闭合阀门 K , 缓慢向下压 A , 每次可向瓶内储气室充入 0.06L 的 1.0atm 的空气, 经 n 次下压后, 壶内气体压强变为 2.0atm 时按下 B , 阀门 K 打开, 消毒液从喷嘴处喷出, 喷出过程储气室内气体状态变化的 $p-V$ 图像如图乙所示。已知储气室内气体可视为理想气体, 充气和喷液过程中温度保持不变, 1.0atm = 1.0×10^5 Pa, 则 ()



A. 充气过程向下压 A 的次数 $n = 20$

- B. 储气室内气体充气前后内能不变
- C. 喷液过程中，气体分子单位时间内对器壁单位面积上的碰撞次数增加
- D. 若喷液全过程，气体状态变化的等温线近似看成一段倾斜直线，则喷液过程壶内气体从外界吸收的热量为 90J

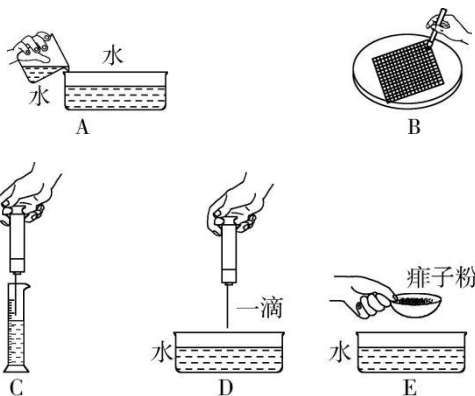
【答案】D

【解析】壶中原来空气的体积 $V_1 = 0.6\text{L}$ ，由玻意耳定律有 $p_1(nV_0 + V_1) = p_2V_1$ ，解得 $n = 10$ ，A 错误；充气后气体温度不变但分子数增加，故充气后内能大于充气前，B 错误；喷液过程中，气体温度不变，分子平均运动速率不变，但气体体积变大，压强减小，所以气体分子单位时间内对器壁单位面积的碰撞次数减少，C 错误；外界对气体做功 $W = -\frac{p_1+p_2}{2} \times \Delta V = -90\text{J}$ ，气体温度不变，内能不变，由热力学第一定律有 $\Delta U = W + Q = 0$ ，解得 $Q = 90\text{J}$ ，D 正确。

课时作业 79 用油膜法估测油酸分子的大小

1. 某实验小组用油膜法估测油酸分子的大小。

(1) 如图是该小组进行实验操作过程中的一些步骤，请按操作的先后顺序进行排列_____。



(2) 该小组按照油酸与酒精的体积比为 $m:n$ 配制油酸酒精溶液，用注射器滴取该溶液，测得 k 滴溶液的总体积为 V ，将一滴该溶液滴入浅盘，稳定后将油膜的轮廓描绘在带有坐标方格的玻璃板上，通过数格子得出油膜的面积为 S ，则油酸分子的直径 $d =$ _____。

(3) 该小组计算油膜面积时，将所有不完整的方格也都作为一格进行了保留，则计算出的油酸分子直径___（选填“偏大”“偏小”或“无影响”）。

【答案】 (1) CAEDB

(2) $\frac{mV}{kS(m+n)}$

(3) 偏小

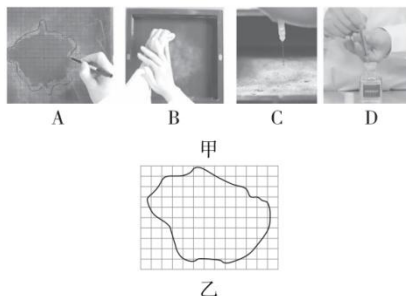
【解析】

(1) “用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，先配制好油酸酒精溶液，通过量筒测出 1 滴溶液的体积从而得到 1 滴溶液中所含纯油酸的体积，之后将配制好的溶液滴在浅盘里撒有痱子粉的水面上，当油膜扩散稳定后，将带有坐标方格的玻璃板放在浅盘上，描绘出油膜的形状，最后统计出油膜的面积，并计算油酸分子的直径，所以按操作先后顺序排列应是 CAEDB。

(2) 一滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积 $V_0 = \frac{Vm}{k(m+n)}$ ，油酸分子直径 $d = \frac{mV}{kS(m+n)}$ 。

(3) 该小组计算油膜面积时，将所有不完整的方格也都作为一格进行了保留，则计算出的油膜的面积偏大，可知计算出的油酸分子直径偏小。

2. 在“用油膜法估测分子的大小”实验中，将体积为 V_1 的纯油酸配成总体积为 V_2 的油酸酒精溶液，用注射器取体积为 V_0 的上述溶液，再把它一滴一滴地全部滴入烧杯，滴数为 N 。接下来进行图甲中操作。



(1) 图甲中操作正确的顺序是_____（用字母符号表示）。

(2) 把一滴油酸酒精溶液滴入浅盘中，待稳定后得到油膜的轮廓形状和尺寸如图乙所示。图中每个小正方形格的边长为 a ，则油膜的面积 $S = \underline{\hspace{2cm}}$ ；可估算出油酸分子的直径为_____（用 V_1 、 V_2 、 V_0 、 N 、 S 表示）。

(3) 若实验得到的油酸分子直径数据偏大，可能是因为_____。

- A. 油酸酒精溶液中油酸浓度偏小
- B. 痱子粉撒得太多，油膜没有充分展开
- C. 油膜有部分沾到了浅盘边缘
- D. 未等油膜形状稳定就开始描绘轮廓

【答案】 (1) BDCA

(2) $71a^2$; $\frac{V_1V_0}{NSV_2}$

(3) BDC

【解析】

(1) 先将适量的痱子粉均匀地撒在水面上，再用注射器将事先配好的油酸酒精溶液滴一滴在水面上，待油膜形状稳定后，将带有坐标方格的玻璃板放在浅盘上，将油膜的形状用彩笔描绘在玻璃板上，计算出油膜的面积。题图甲中实验步骤的正确顺序是 BDCA。

(2) 油膜的面积为 $S = 71a^2$ ，每滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积为 $V_n = \frac{V_0}{N} \times \frac{V_1}{V_2}$ ，油酸分子的直径为 $d = \frac{V_n}{S} = \frac{V_1V_0}{NSV_2}$ 。

(3) 油酸酒精溶液中油酸浓度偏小，导致 1 滴油酸酒精溶液中油酸的体积偏小，可知油酸分子直径 d 的计算值将比真实值偏小，故 A 错误。如果水面上痱子粉撒得较多，油膜没有充分展开，导致统计的油膜面积比充分展开的油膜面积小，油酸分子直径 d 的计算结果将偏大，故 B 正确。油膜有部分沾到了浅盘边缘，会导致油膜面积偏小，油酸分子直径 d 的计算结果会偏大，故 C 正确。未等油膜形状稳定就开始描绘轮廓，会导致油膜面积偏小，油酸分子直径 d 的计算结果会偏大，故 D 正确。

3. [2024·河北秦皇岛期中]在“用油膜法估测分子的大小”实验中，某实验小组的实验方法如下：

(1) 下列实验步骤中，正确的顺序是_____。（填写步骤前面的数字）

①往边长约为 40cm 的浅盘里倒入约 2cm 深的水。待水面稳定后将适量的痱子粉均匀地撒在水面上。

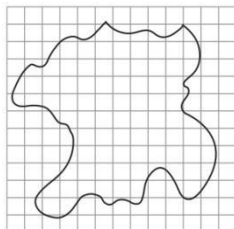
②用注射器将事先配好的油酸酒精溶液滴一滴在水面上，待油膜形状稳定。

③将画有油膜形状的玻璃板平放在坐标纸上，计算出油膜的面积，根据油酸的体积和油膜的面积计算出油酸分子直径的大小。

④用注射器将事先配好的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中，记下量筒内每增加一定体积时的滴数，由此计算出一滴油酸酒精溶液的体积。

⑤将玻璃板放在浅盘上，然后将油膜的形状用彩笔描绘在玻璃板上。

(2) 用滴管向量筒内滴 50 滴上述溶液，量筒中的溶液体积增加 1mL。把一滴这样的溶液滴入盛水的浅盘中，由于酒精溶于水，油酸在水面上展开，稳定后形成单分子油膜的形状如图所示。（结果保留 2 位有效数字）



- a. 若每一个小方格的边长为 10mm，则油膜的面积为_____m²。
 b. 若 1 升油酸酒精溶液中含有 0.3mL 油酸，则估算出油酸分子的直径为_____m。

(3) 若该小组同学在计算注射器滴出的一滴油酸酒精溶液体积之后，不小心拿错了另一个注射器把溶液滴在水面上。拿错的注射器针头比原来的粗，这会导致实验测得的油酸分子直径___（选填“偏大”或“偏小”）。

【答案】 (1) ④①②⑤③

(2) a 8.0×10^{-3}

b 7.5×10^{-10}

(3) 偏小

【解析】

(1) 用油膜法估测油酸分子的大小的实验步骤为：配制油酸酒精溶液→ 测定一滴油酸酒精溶液的体积 $V_0 = \frac{V}{N}$ (④) → 准备浅水盘(①) → 形成油膜(②) → 描绘油膜轮廓(⑤) → 计算油膜面积(③) → 计算分子直径(③)，故正确的顺序为④①②⑤③。

(2) a 若每一个小方格的边长为 10mm，由题图可知轮廓中大约有 80 个小方格，则油膜的面积 $S = 80 \times (10\text{mm})^2 = 8.0 \times 10^{-3}\text{m}^2$ 。

b 每一滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积 $V = \frac{0.3 \times 1}{1000 \times 50}\text{mL} = 6.0 \times 10^{-12}\text{m}^3$ 。油

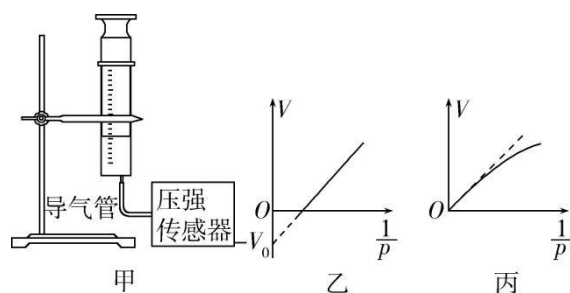
酸分子的直径 $d = \frac{V}{S} = \frac{6.0 \times 10^{-12}}{8.0 \times 10^{-3}}\text{m} = 7.5 \times 10^{-10}\text{m}$ 。

(3) 该小组同学拿错的注射器针头比原来的粗，该小组同学测得的 1 滴油酸酒精溶液中纯油酸的体积 V 比实际值小，测得的油膜面积 S 是准确的，根据 $d = \frac{V}{S}$ 可知，测得的油酸分子的直径偏小。

课时作业 80 探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系

1. 某班级各实验小组利用如图甲所示装置进行“探究等温情况下一定质量气体压强与体积的关系”实验。实验步骤如下：

- ①把注射器活塞移至注射器中间某位置，将注射器与导气管、压强传感器逐一连接；
- ②移动活塞，记录注射器的刻度值 V ，同时记录对应的由压强传感器显示的气体压强值 p ；
- ③用 $V - \frac{1}{p}$ 图像处理实验数据。



(1) 为了保持封闭气体的质量不变，实验中采取的主要措施是_____；为了保持封闭气体的温度不变，实验中采取的主要措施是_____和_____。

(2) 如果实验操作规范，某小组描绘的 $V - \frac{1}{p}$ 图线如图乙所示，则图中的 V_0 代表_____。

(3) 另一小组所做的实验中，画出的 $V - \frac{1}{p}$ 图像如图丙所示，则图线发生弯曲的原因可能是。

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| A. $V - \frac{1}{p}$ 取值范围太小 | B. 实验过程中气体温度降低 |
| C. 实验过程中有漏气现象 | D. 实验过程中气体温度升高 |

【答案】(1) 在注射器活塞上涂抹润滑油；移动活塞要缓慢；不能用手握住注射器封闭气体部分

(2) 注射器与压强传感器连接部分（或导气管内）的气体体积

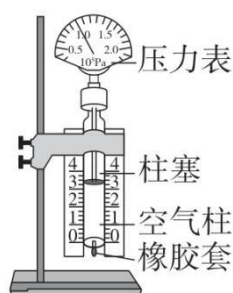
(3) BC

【解析】

(2) 根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$ 可知，如果实验操作规范，读数正确，根据实验数据画出的 $V - \frac{1}{p}$ 图线是过坐标原点的直线。但题图乙所示的 $V - \frac{1}{p}$ 图线不过原点， $V = CT\frac{1}{p} - V_0$ ，说明注射器中气体的体积小于实际的封闭气体的体积，结合实验的器材可知， V_0 代表注射器与压强传感器连接部分的气体体积。

(3) V 、 $\frac{1}{p}$ 取值范围太小，不会使图线发生弯曲，故 A 错误；实验过程中气体温度降低，则 pV 值减小，图线向下弯曲，故 B 正确；实验过程中有漏气现象，则 pV 值减小，图线向下弯曲，故 C 正确；实验过程中气体温度升高，则 pV 值变大，图线向上弯曲，故 D 错误。

2. [2024·浙江三模] 使用如图甲装置做“探究气体压强与体积的关系”实验，已知压力表通过细管与注射器内的空气柱相连，细管隐藏在柱塞内部未在图中标明。



甲

(1) 为了探究压强 p 与体积 V 的关系，在测得需要的实验数据后，为达到“探究”的实验目的，用图像法进行数据分析，从下列选项中选出需要的步骤并按顺序排列___。

A. 作 $p - V$ 图像，根据画出的图线猜测 p 与 V 的关系

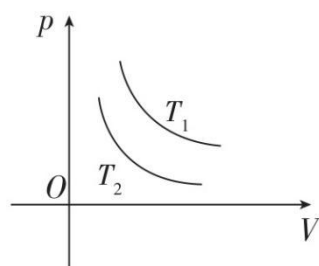
B. 作 $p - \frac{1}{V}$ 图像，根据画出的图线猜测 p 与 V 的关系

C. 作 $p-V$ 图像, 对 p 与 V 关系的猜测进行检验

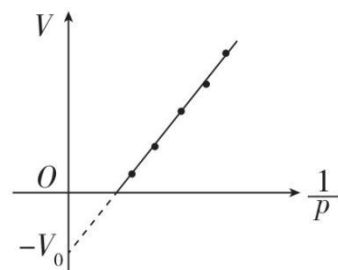
D. 作 $p-\frac{1}{V}$ 图像, 对 p 与 V 关系的猜测进行检验

E. 检验正确, 得出 p 与 V 关系的结论

(2) 第 1 小组为了探究一定质量的气体在不同温度时发生等温变化是否遵循相同的规律, 进行了两次实验, 得到的 $p-V$ 图像如图乙所示。第 2 小组根据某次实验数据作出的 $V-\frac{1}{p}$ 图像如图丙所示。下列说法正确的是。



乙



丙

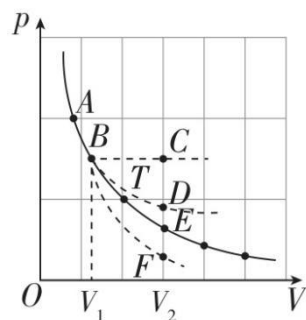
A. 实验前应将注射器里的空气完全排出

B. 为了减小实验误差, 可以在柱塞上涂上润滑油, 以减少摩擦

C. 由图乙可知, 第 1 小组的两次实验气体温度大小关系为 $T_1 > T_2$

D. 若第 2 小组实验操作正确, 则 V_0 为连通空气柱与压力表的细管中空气的体积

(3) 如图丁所示, 小明从状态 A 缓慢向上拉柱塞, 使其到达状态 B (体积为 V_1)。若此时突然向上拉柱塞, 使其快速到达体积 V_2 , 则此时 V_2 对应图丁中的状态 _____ (选填 “C” “D” “E” 或 “F”) (图丁中 A、B、E 为同一等温线上的点)。



丁

【答案】 (1) ADE

(2) CD

(3) F

【解析】

(1) 根据实验目的可作 $p-V$ 图像, 根据画出的图线猜测 p 与 V 的关系, 再作 $p-\frac{1}{V}$ 图像, 对 p 与 V 关系的猜测进行检验, 检验正确, 得出 p 与 V 关系的结论。故选出的步骤按顺序排列为 ADE。

(2) 实验是以注射器内的空气为研究对象, 所以实验前注射器内的空气不用完全排出, 故 A 错误; 为了减小实验误差, 可以在柱塞上涂上润滑油, 以保证气密性良好, 故 B 错误; 根据 $pV = CT$ 可知, 离坐标原点越远的等温线对应温度越高, 则有 $T_1 > T_2$, 故 C 正确; 设连通空气柱与压力表的细管中空气的体积为 V' , 则有 $p(V + V') = C$, 整理可得 $V = \frac{1}{p}C - V'$, 根据题图丙可知 V_0 为连通空气柱与压力表的细管中空气的体积, 故 D 正确。

(3) 突然向上拉柱塞, 使其快速到达体积 V_2 , 则气体对外界做功, 内能减小, 温度降低, 则对应题图丁中的状态 F。

高考真题集训 15 热学

1. [2023·北京卷·1, 3分] 夜间由于气温降低, 汽车轮胎内的气体压强变低。

与白天相比, 夜间轮胎内的气体 ()

- A. 分子的平均动能更小
- B. 单位体积内分子的个数更少
- C. 所有分子的运动速率都更小
- D. 分子对轮胎内壁单位面积的平均作用力更大

【答案】A

【解析】温度是分子平均动能的标志, 温度变低, 则分子平均动能变小, A 正确。汽车轮胎可认为体积不变, 分子数量一定, 所以密集程度是不变的, B 错误。气体分子平均动能减小, 并不是每一个分子的速率都减小, 分子的速率分布符合大量分子的统计规律, C 错误。气体压强变小, 则分子对轮胎内壁单位面积的平均作用力变小, D 错误。

2. [2023·海南卷·5, 3分] 如图为两分子靠近过程中的示意图, r_0 为分子间平衡距离, 下列关于分子力和分子势能的说法正确的是 ()

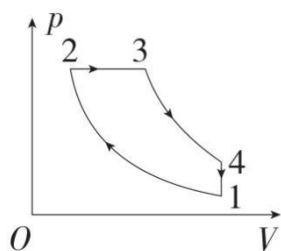


- A. 分子间距离大于 r_0 时，分子间表现为斥力
- B. 分子从无限远靠近到距离 r_0 处的过程中分子势能变大
- C. 分子势能在 r_0 处最小
- D. 分子间距离在小于 r_0 且减小时，分子势能在减小

【答案】C

【解析】分子间距离大于 r_0 时，分子间表现为引力，A 错误；分子从无限远靠近到距离 r_0 处的过程中，引力做正功，分子势能减小，在 r_0 处分子势能最小，继续减小分子间距离，分子间表现为斥力，分子力做负功，分子势能增大，C 正确，B、D 错误。

3. [2024 · 新课标卷 · 21, 6 分] 多选 如图，一定量理想气体的循环由下面 4 个过程组成： $1 \rightarrow 2$ 为绝热过程（过程中气体不与外界交换热量）， $2 \rightarrow 3$ 为等压过程， $3 \rightarrow 4$ 为绝热过程， $4 \rightarrow 1$ 为等容过程。上述四个过程是四冲程柴油机工作循环的主要过程。下列说法正确的是（ ）

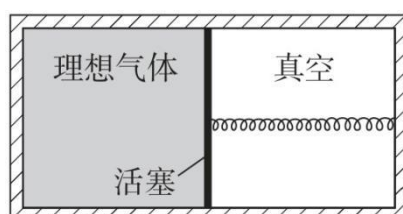


- A. $1 \rightarrow 2$ 过程中，气体内能增加
- B. $2 \rightarrow 3$ 过程中，气体向外放热
- C. $3 \rightarrow 4$ 过程中，气体内能不变
- D. $4 \rightarrow 1$ 过程中，气体向外放热

【答案】AD

【解析】 $1 \rightarrow 2$ 过程中， $Q = 0$ ，气体体积减小，说明外界对气体做功，即 $W > 0$ ，根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，可知 $\Delta U > 0$ ，即内能增加，A 正确。 $2 \rightarrow 3$ 过程中，气体体积增加，气体对外界做功，即 $W < 0$ ，由 $\frac{V}{T} = C$ 可知温度升高，理想气体的内能看温度，温度升高，内能增大，即 $\Delta U > 0$ ，由 $\Delta U = W + Q$ 可知 $Q > 0$ ，即气体吸收热量，B 错误。 $3 \rightarrow 4$ 过程中， $Q = 0$ ，气体体积增加，说明气体对外界做功， $W < 0$ ，由 $\Delta U = W + Q$ 可知 $\Delta U < 0$ ，即内能减小，C 错误。 $4 \rightarrow 1$ 过程中，压强减小，由 $\frac{p}{T} = C$ 可知温度降低，则内能减小，即 $\Delta U < 0$ ，气体体积不变， $W = 0$ ，由 $\Delta U = W + Q$ 可知 $Q < 0$ ，即气体向外放热，D 正确。

4. [2024·河北卷·9, 6分]多选 如图, 水平放置的密闭绝热汽缸被导热活塞分成左右两部分, 左侧封闭一定质量的理想气体, 右侧为真空, 活塞与汽缸右壁中央用一根轻质弹簧水平连接。汽缸内壁光滑且水平长度大于弹簧自然长度, 弹簧的形变始终在弹性限度内且体积忽略不计。活塞初始时静止在汽缸正中间, 后因活塞密封不严发生缓慢移动, 活塞重新静止后 ()



- A. 弹簧恢复至自然长度
- B. 活塞两侧气体质量相等
- C. 与初始时相比, 汽缸内气体的内能增加
- D. 与初始时相比, 活塞左侧单位体积内气体分子数减少

【答案】ACD

【解析】活塞初始时静止在汽缸正中间, 此时弹簧处于压缩状态, 当活塞密封不严时, 活塞左侧气体压强减小, 活塞缓慢左移, 当活塞左右两侧气体压强相等时, 弹簧恢复至自然长度, 活塞重新静止, A 正确。活塞重新静止, 左右两侧气体温度、压强均相等, 则两侧气体密度相等, 因活塞左侧气体体积小, 则其质量小, B 错误。汽缸密闭绝热, 弹簧弹性势能转化为气体内能, 所以与初始时相比, 汽缸内气体的内能增加, C 正确。与初始时相比, 气体总体积增大, 单位体积内气体分子数减少, D 正确。

5. [2023·山东卷·9, 4分]多选 一定质量的理想气体, 初始温度为 300K, 压强为 $1 \times 10^5 \text{Pa}$ 。经等容过程, 该气体吸收 400J 的热量后温度上升 100K; 若经等压过程, 需要吸收 600J 的热量才能使气体温度上升 100K。下列说法正确的是 ()

- A. 初始状态下, 气体的体积为 6L
- B. 等压过程中, 气体对外做功 400J
- C. 等压过程中, 气体体积增加了原体积的 $\frac{1}{4}$
- D. 两个过程中, 气体的内能增加量都为 400J

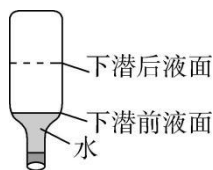
【答案】AD

【解析】对一定质量的理想气体，内能的大小取决于温度的高低，两个过程中的初温及末温相同，故内能的增加量相同，即 $\Delta U_2 = \Delta U_1 = 400\text{J}$ ，D 正确。等压过程中，根据热力学第一定律有 $\Delta U_2 = W + Q_2$ ，其中 $\Delta U_2 = 400\text{J}$ ， $Q_2 = 600\text{J}$ ，故 $W = -200\text{J}$ ，气体对外界做功 $W' = 200\text{J}$ ，由 $W' = p_1 \Delta V$ 解得 $\Delta V = 2\text{L}$ ，B 错误。

等压过程中，有 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_1 + \Delta V}{T_2}$ ，其中 $T_1 = 300\text{K}$ ， $\Delta V = 2\text{L}$ ， $T_2 = 400\text{K}$ ，解得 $V_1 = 6\text{L}$ ，

A 正确。等压过程中，气体体积增加了原体积的 $\frac{\Delta V}{V_1} = \frac{1}{3}$ ，C 错误。

6. [2022·广东卷·15(2)，6分]玻璃瓶可作为测量水深的简易装置。如图所示，潜水员在水面上将 80mL 水装入容积为 380mL 的玻璃瓶中，拧紧瓶盖后带入水底，倒置瓶身，打开瓶盖，让水进入瓶中，稳定后测得瓶内水的体积为 230mL。将瓶内气体视为理想气体，全程气体不泄漏且温度不变。大气压强 p_0 取 $1.0 \times 10^5\text{Pa}$ ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，水的密度 ρ 取 $1.0 \times 10^3\text{kg/m}^3$ ，求水底的压强 p 和水的深度 h 。



【答案】 $2.0 \times 10^5\text{Pa}$ ； 10m

【解析】瓶中气体等温变化，在水面，瓶中气体体积 $V_1 = 380\text{mL} - 80\text{mL} = 300\text{mL}$ ，压强 $p_1 = p_0 = 1.0 \times 10^5\text{Pa}$ ，在水底，瓶中气体体积 $V_2 = 380\text{mL} - 230\text{mL} = 150\text{mL}$

根据玻意耳定律有 $p_1 V_1 = p V_2$

代入数据得 $p = 2.0 \times 10^5\text{Pa}$

根据平衡特点可知 $p = p_0 + \rho gh$

代入数据得 $h = 10\text{m}$

7. [2024·湖南卷·13，10分]一个充有空气的薄壁气球，气球内气体压强为 p 、体积为 V 。气球内空气可视为理想气体。

(1) 若将气球内气体等温膨胀至大气压强 p_0 ，求此时气体的体积 V_0 （用 p_0 、 p 和 V 表示）；

(2) 小赞同学想测量该气球内气体体积 V 的大小，但身边仅有一个电子天平。将气球置于电子天平上，示数为 $m = 8.66 \times 10^{-3} \text{kg}$ （此时须考虑空气浮力对该示数的影响）。小赞同学查阅资料发现，此时气球内气体压强 p 和体积 V 还满足： $(p - p_0)(V - V_{B0}) = C$ ，其中 $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ 为大气压强， $V_{B0} = 0.5 \times 10^{-3} \text{m}^3$ 为气球无张力时的最大容积， $C = 18 \text{J}$ 为常数。已知该气球自身质量为 $m_0 = 8.40 \times 10^{-3} \text{kg}$ ，外界空气密度为 $\rho_0 = 1.3 \text{kg/m}^3$ ，求气球内气体体积 V 的大小。

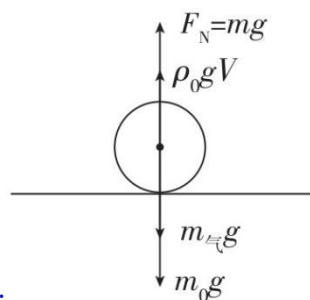
【答案】 (1) $\frac{pV}{p_0}$

(2) $5 \times 10^{-3} \text{m}^3$

【解析】

(1) 理想气体等温变化,根据玻意耳定律有 $pV = p_0 V_0$ 解得 $V_0 = \frac{pV}{p_0}$

(2) 设气球内气体质量为 $m_{\text{气}}$,则 $m_{\text{气}} = \rho_0 V_0$ 对气球和气球内气体整体进行受力

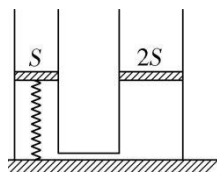


分析如图所示:

根据平衡条件有 $mg + \rho_0 g V = m_{\text{气}} g + m_0 g$

结合题中 p 和 V 满足的关系为 $(p - p_0)(V - V_{B0}) = C$ 解得 $V = 5 \times 10^{-3} \text{m}^3$

8. [2023·湖北卷·13, 10分]如图所示，竖直放置在水平桌面上的左右两汽缸粗细均匀，内壁光滑，横截面积分别为 S 、 $2S$ ，由体积可忽略的细管在底部连通。两汽缸中各有一轻质活塞将一定质量的理想气体封闭，左侧汽缸底部与活塞用轻质细弹簧相连。初始时，两汽缸内封闭气柱的高度均为 H ，弹簧长度恰好为原长。现往右侧活塞上表面缓慢添加一定质量的沙子，直至右侧活塞下降 $\frac{1}{3}H$ ，左侧活塞上升 $\frac{1}{2}H$ 。已知大气压强为 p_0 ，重力加速度大小为 g ，汽缸足够长，汽缸内气体温度始终不变，弹簧始终在弹性限度内。求：



(1) 最终汽缸内气体的压强；

(2) 弹簧的劲度系数和添加的沙子质量。

【答案】 (1) $\frac{18}{17}p_0$

(2) $\frac{2p_0S}{17H}$; $\frac{2p_0S}{17g}$

【解析】

(1) 封闭气体发生等温变化，由玻意耳定律得 $p_0(SH + 2SH) = p[S \times (H + \frac{1}{2}H) + 2S \times (H - \frac{1}{3}H)]$ ，解得 $p = \frac{18}{17}p_0$ 。

(2) 以左侧活塞为研究对象，由平衡条件得 $p_0S + k \times \frac{1}{2}H = pS$ ，解得 $k = \frac{2p_0S}{17H}$ ；
以右侧活塞为研究对象，设所加沙子质量为 m ，由平衡条件得 $p_0 \times 2S + mg = p \times 2S$ ，解得 $m = \frac{2p_0S}{17g}$ 。

9. [2021·河北卷·15(2)，8分]某双层玻璃保温杯夹层中有少量空气，温度为 27°C 时，压强为 $3.0 \times 10^3 \text{Pa}$ 。

(i) 当夹层中空气的温度升至 37°C ，求此时夹层中空气的压强；

(ii) 当保温杯外层出现裂隙，静置足够长时间，求夹层中增加的空气质量与原有空气质量的比值。设环境温度为 27°C ，大气压强为 $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

【答案】 (i) $3.1 \times 10^3 \text{Pa}$

(ii) $\frac{97}{3}$

【解析】

(i) 夹层内气体原状态 $T_1 = (273 + 27)\text{K} = 300\text{K}$ 、 $p_1 = 3.0 \times 10^3 \text{Pa}$ 温度升高后 $T_2 = (273 + 37)\text{K} = 310\text{K}$ 根据查理定律得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ，解得 $p_2 = 3.1 \times 10^3 \text{Pa}$ 。

(ii) 设夹层容积为 V ，夹层中增加的气体在压强为 p_1 状态下的体积为 nV ，大气压强为 p_0 ，根据玻意耳定律得 $p_1(V + nV) = p_0V$ ，解得 $n = \frac{97}{3}$ ，压强相同时空气密度相等，根据 $m = \rho V$ 得 $\frac{\Delta m}{m} = \frac{\rho nV}{\rho V} = \frac{97}{3}$ 。