

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限远的过程中,它们之间的分子势能先减小后增大, **C 错误**;当两分子间距无限远时,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**.

第二章 气体、固体和液体

第 1 节 温度和温标

刷基础

**1. A** 【解析】金属块放在沸水中加热足够长的时间,其状态参量稳定不变,系统处于平衡态,故 **A 正确**;刚刚放在教室中的一杯热水和一杯加较多冰块的可乐,两者状态参量都是不稳定的,不是平衡态,故 **B 错误**;突然被压缩的气体温度升高,压强变大,故其不处于平衡态,故 **C 错误**;开空调 2 min 内教室内的气体温度有变化,故其不处于平衡态,故 **D 错误**.

**关键点拨** 把握住平衡态的定义,即系统内与外界不发生能量的转移,是判断是否是平衡态的关键.

**2. D** 【解析】两个系统处于热平衡时,一定具有相同的温度,内能还与质量、状态等因素有关,温度相同内能不一定相同,故 **A 错误**;热平衡时,轮胎内气体的温度与室内气体的温度相同,则轮胎内气体分子的平均动能与室内气体分子的平均动能相同,故 **B 错误**;根据分子运动速率分布规律可知,在不同温度下,各种速率的分子都存在,不能说室内气体每个分子的速率比室外气体所有分子的速率大,故 **C 错误**;热平衡后,轮胎

内气体的温度升高,分子的平均动能变大,轮胎内气体分子单位时间内与单位面积器壁的平均作用力比热平衡前的大,故 **D 正确**.

**关键点拨** 热平衡定律(热力学第零定律):如果两个系统分别与第三个系统达到热平衡,那么这两个系统彼此之间也必定处于热平衡.

**3. D** 【解析】根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知  $27^\circ\text{C}$  相当于  $(27 + 273.15) \text{ K} = 300.15 \text{ K}$ ,故 **A 正确**;根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知  $100^\circ\text{C}$  相当于  $(100 + 273.15) \text{ K} = 373.15 \text{ K}$ ,故 **B 正确**;根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知  $0^\circ\text{C}$  相当于  $(0 + 273.15) \text{ K} = 273.15 \text{ K}$ ,  $100^\circ\text{C}$  相当于  $(100 + 273.15) \text{ K} = 373.15 \text{ K}$ ,可知水从  $0^\circ\text{C}$  升高到  $100^\circ\text{C}$ ,用热力学温度表示即为从  $273.15 \text{ K}$  升高到  $373.15 \text{ K}$ ,故 **C 正确**;根据  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,可知摄氏温度为  $t$  相当于  $T_1 = (t + 273.15) \text{ K}$ ,摄氏温度  $2t$  相当于  $T_2 = (2t + 273.15) \text{ K}$ ,可知  $T_2 \neq 2T_1$ ,故温度由摄氏温度  $t$  升至  $2t(t > 0^\circ\text{C})$ ,对应的热力学温度不是由  $T$  升至  $2T$ ,故 **D 错误**.

**易错分析** 分子势能是分子  $A$ 、 $B$  组成的系统所共有的,系统在只有分子间作用力做功的情况下,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 0.

本题选说法错误的,故选 D.

关键点拨 热力学温度与摄氏温度

对于热力学温度和摄氏温度的关系,易出现以下两点错误:

(1) 单位混淆.

(2) 错用公式  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,把物体的温度和物体升高的温度混淆,认为摄氏温度升高  $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ ,热力学温度升高  $\Delta T = \Delta t + 273.15 \text{ K}$ ,从而出错.

弄清二者关系,一要强化二者的单位,二要明确热力学温标和摄氏温标表示的温差相同,即  $\Delta T = \Delta t$ .

**4. C** 【解析】根据热力学温度与摄氏温度的关系  $T = t + 273 \text{ K}$ ,可得今天最高气温是  $25^\circ\text{C}$ ,用热力学温度来表示即为  $298 \text{ K}$ ,故 **A 错误**;今天最低气温是  $283 \text{ K}$ ,用摄氏温度来表示即为  $t = (283 - 273)^\circ\text{C} = 10^\circ\text{C}$ ,故 **B 错误**;今天从早晨到中午,气温上升了  $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ ,由于数值上  $\Delta T = \Delta t$ ,所以用热力学温度来表

示即上升  $10 \text{ K}$ ,故 **C 正确**,**D 错误**.

5. A

思路导引

由题图甲可得  $R = R_0 + kt$  }  $R$  和  $T$  的表达式  
 $T = t + 273.15 \text{ K}$  }  $\Rightarrow$  A 选项

题图甲  $R = R_0 + kt$  }  $t$  和  $I$  的表达式  
题图乙  $E = I(R_A + R + r)$  }  $\Rightarrow$  B 选项

**【解析】**由题图甲可得  $R = R_0 + kt$ ,又  $T = t + 273.15 \text{ K}$ ,联立可得  $R = (R_0 - 273.15k) + kT$ ,由此可知该电阻  $R$  与热力学温度  $T$  是线性关系, **A 正确**;由闭合电路欧姆定律可得  $I = \frac{E}{R_A + R + r}$ ,

代入  $R = R_0 + kt$ ,整理得  $t = \frac{E}{kI} - \frac{R_0 + R_A + r}{k}$ ,可知摄氏温度与电流不是线性关系, **B 错误**;由题图甲可知,温度越高,  $R$  的阻值越大,由闭合电路欧姆定律知,回路中的电流越小,根据  $P = EI$  可知,电源的总功率越小, **C 错误**;由题图甲可知,  $t_A$  对应的电阻阻值小于  $t_B$  对应的电阻阻值,结合闭合电路欧姆定律可知,阻值小时电流大,故  $t_A$  应标在电流较大的刻度上, **D 错误**.

**教材变式** 本题目由教材 P22 第 4 题演变而来. 教材考查了  $t_1$  和  $t_2$  对应的电流的大小关系, 本题延伸考查了电阻  $R$  与热力学温度  $T$  的关系式.

**关键点拨** 电阻温度计: 根据电阻随温度的变化而变化这一原理制成的将温度值转化为电阻值的温度传感器. 通过测量电路中的电流值结合闭合电路欧姆定律得到电阻值, 再将电阻值转化为温度值, 从而实现温度测量.

## 刷易错

### ★易错点 平衡态与热平衡的辨析

**6. B** 【解析】乙和丙分开后, 甲、乙、丙三个物体与外界没有热传递, 它们中各自的宏观性质将不随时间变化且具有确定的状态, 所以甲、乙、丙三个物体都达到了平衡态, **A 正确, B 错误**; 甲和乙接触一段时间分开后, 甲和乙达到了热平衡, 但乙和丙接触一段时间后, 乙的温度又可能发生了变化, 最终乙、丙两物体温度相同, 但是与甲的温度可能不同、也可能相同, 乙、丙两物体达到了热平衡, 也可能与甲达到热平衡, **C、D 正确**.

**易错分析** 平衡态是一个系统所处的状态, 在该状态下系统所有的状态参量(温度、压强、体积等)不再发生变化. 而热平衡是相互接触的两个(或多个)系统达到了相同的温度, 温度是判断系统之间是否达到热平衡的唯一参量.

## 第 2 节 气体的等温变化

## 刷基础

**1. C** 【解析】对 B 气体分析可知  $p_B = p_0 + \rho gh_2 = (75 + 10) \text{ cmHg} = 85 \text{ cmHg}$ , 对 A 气体分析可知  $p_A = p_B - \rho gh_1 = (85 - 5) \text{ cmHg} = 80 \text{ cmHg}$ , **C 正确**.

**关键点拨** 在液体不流动时, 连通的同一种液体(中间液体不间断)的同一水平面的压强是相等的.

**2. B** 【解析】以 A 管中的水银柱为研究对象有  $pS + \rho gh \cos \theta = p_0 S$ , 则管内封闭气体的压强  $p = p_0 - \rho gh \cos \theta$ , 则管内封闭气体的压强比大气压强小  $h \cos \theta$  高的水银柱产生的压强, 且 B 管内水银面要比槽内水银面高出  $h \cos \theta$ , 故 **B 正确, A、C、D 错误**.

**3. (1) D (2) 细软管内的气体体积 封闭气体的质量不同 (3) D**

【解析】(1) 为了确保气体温度不变, 实验时应缓慢推拉柱塞, 待示数稳定后读取数据, 故 **A 错误**; 由于注射器是圆柱形的, 横截面积不变, 所以只需测出空气柱的长度即可, 故 **B 错误**; 涂润滑油的主要目的是防止漏气, 使被封闭气体的质量不发生变化, 故 **C 错误**; 当  $p$  与  $V$  成反比时,  $p - \frac{1}{V}$  图像是一条

过原点的直线, 而  $p - V$  图像是双曲线, 则  $p - \frac{1}{V}$  图像比  $p - V$  图像更直观, 故 **D 正确**.

(2) 根据  $p(V + V_0) = C$ , 可得  $V = \frac{C}{p} - V_0$ , 可知题图丙中  $V_0$  的物理含义是细软管内的气体体积. 图像的斜率为  $C$ , 环境温度相同, 图线 a 斜率大于图线 b 斜率的可能原因是两组实验气体质量不同.

(3) 测量时, 注射器与压强传感器连接部分气体的体积  $V_0$  未计入, 纵轴存在截距  $-V_0$ ; 软管脱落后, 气体向外漏出, 重新接上后继续实验,  $p$  的测量值偏小, 相应的横坐标  $\frac{1}{p}$  偏大, 但左侧的延长线与纵轴的交点纵坐标仍为  $-V_0$ , 故前后两条线相交在此处. 故选 D.

**4. D** 【解析】根据题意可知杯口上升, 则空气所在的液面深度减小, 可知气体压强减小, 根据玻意耳定律  $pV = C$ , 可知气体体积变大, 故 **D 正确**.

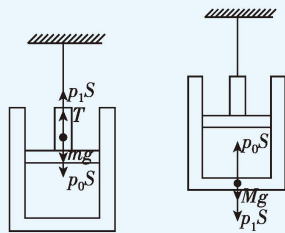
**5. D**

**思路导引** 解答本题的关键点: (1) 由题图 1 到题图 2, 封闭气体等温膨胀, 压强减小, 由玻意耳定律和几何关系求得  $x$ ; (2) 题图 3 中  $p_3 = p_0$ .

【解析】玻璃管水平放置时  $p_1 = p_0$ ,  $V_1 = (85 - 15 - 5) \text{ cm} \cdot S$ , 开口竖直向下时  $p_2 = p_0 - \rho gx$ ,  $V_2 = (85 - x) \text{ cm} \cdot S$ , 根据玻意耳定律得  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ , 解得  $x = 10 \text{ cm}$ , **A、B 错误**; 玻璃管竖直插入水银槽时  $p_3 = p_0$ ,  $V_3 = (85 - x - y) \text{ cm} \cdot S$ , 根据玻意耳定律得  $p_1 V_1 = p_3 V_3$ , 解得  $y = 10 \text{ cm}$ , **C 错误, D 正确**.

**6. D**

**思路导引** 解答本题的关键是正确选取研究对象. 以活塞和汽缸分别为研究对象, 各自受力平衡, 受力分析如图所示. 以封闭气体为研究对象, 由  $pV = C$ , 可判断气体体积的变化.



【解析】设缸内气体压强为  $p_1$ , 大气压强为  $p_0$ , 活塞横截面积为  $S$ 、质量为  $m$ , 汽缸质量为  $M$ , 细线对活塞的拉力大小为  $T$ , 对活塞, 根据平衡条件有  $mg + p_0 S = T + p_1 S$ , 对汽缸, 根据平衡条件有  $p_1 S + Mg = p_0 S$ , 联立解得  $T = (M + m)g$ , 结合牛顿第三

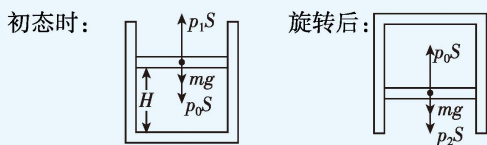
**突破点:** 也可对汽缸和活塞整体受力分析判断细线拉力变化情况

定律可知细线所受的拉力不变, 故 **A、B 错误**; 当  $p_0$  增大时, 对汽缸根据平衡条件有  $p_1 S + Mg = p_0 S$ , 可知  $p_1$  增大, 由于缸内气体温度不变, 根据玻意耳定律有  $p_1 V_1 = C$ , 可知缸内气体的体积将减小, 故 **C 错误, D 正确**.



7. (1)  $\frac{2mg}{S}$  (2)  $\frac{2(p_0S+mg)}{2p_0S-3mg}H$

**思路导引** 第(1)问中两个状态的受力分析如图所示。



**【解析】**(1) 初态时对活塞受力分析有  $p_1S = p_0S + mg$ , 汽缸旋转  $180^\circ$  后, 对活塞受力分析有  $p_2S + mg = p_0S$ ,

这个过程中理想气体压强变化的大小  $\Delta p = p_1 - p_2$ ,

$$\text{解得 } \Delta p = \frac{2mg}{S}.$$

(2) 汽缸旋转后, 电梯以  $\frac{1}{2}g$  的加速度向上做加速运动, 设此时汽缸内气体的压强为  $p_3$ , 对活塞受力分析有  $p_0S - mg - p_3S = m \frac{g}{2}$ , 这个过程中封闭气体做等温变化, 由玻意耳定律有

$$HSp_1 = hSp_3, \text{ 解得 } h = \frac{2(p_0S + mg)}{2p_0S - 3mg}H.$$

8. C **【解析】** 根据等温线特征可知  $T_A < T_B$ , 由于面积  $S_A, S_B$  反

映的是公式  $pV = C$  中的常数  $C$  的一半, 而  $A$  状态的常数比  $B$

状态的常数小, 所以  $S_A < S_B$ . 故 C 正确.

9. C **【解析】** 根据玻意耳定律  $pV = C$ , 可得  $p = C \cdot \frac{1}{V}$ , 一定质量

的理想气体发生等温变化, 可知压强  $p$  与体积  $V$  成反比, 即

压强  $p$  与体积的倒数  $\frac{1}{V}$  成正比, 故  $p - \frac{1}{V}$  图像为过原点的直

线, 图像斜率为  $C$ , 可知温度越高,  $p - \frac{1}{V}$  图像的斜率越大, 由

于  $T_1 > T_2$ , 故选 C.

### 刷易错

★ 易错点 只考虑液体压强而忽略大气压强

10. C **【解析】** 设气泡初、末态的体积分别为  $V_1, V_2$ , 初态时气泡的压强  $p_1 = p_0 + \rho gh_1 = 3 \times 10^5$  Pa, 在 10 m 深处时气泡的压强  $p_2 = p_0 + \rho gh_2 = 2 \times 10^5$  Pa, 根据玻意耳定律得  $p_1V_1 = p_2V_2$ , 解得  $V_2 = 1.5V_1$ , 即气泡的体积变为原来的 1.5 倍, 故 C 正确.

**易错分析** 求液体中密封气体压强, 不能只考虑气体上方液体产生的压强, 还要考虑液体上方大气压强, 若未考虑大气压强, 就会错选 B.

### 刷提升

1. B **【解析】** 释放前, 对水银柱有  $p_0S + mg = p_1S$ , 可知  $p_1 > p_0$ , A 错误; 释放瞬间, 被封闭气体的压强来不及变化, 对玻璃管,

由牛顿第二定律可得  $p_1S + mg - p_0S = ma$ , 可得玻璃管的加速

度大小  $a = 2g$ , B 正确; 释放后, 水银柱的加速度小于玻璃管

的加速度, 水银柱相对玻璃管向上运动, 封闭气体体积增大, 压强减小, 当封闭气体压强与大气压强相等时, 水银柱下降的速度比玻璃管的速度小, 故封闭气体的体积继续增大, 压强继续减小, 水银柱的加速度增大, 玻璃管的加速度减小, 直到二者的速度相等, 然后水银柱又压缩气体, 封闭气体压强增大, 二者的加速度继续改变, 水银柱与玻璃管之间一直有相对运动, 故 C、D 错误.

2. A **【解析】** 初状态  $p_1 = (75 + 20)$  cmHg = 95 cmHg,  $V_1 = 20$  cm  $\cdot$  S, 当玻璃管上滑时, 对水银柱和玻璃管整体有  $(M + m)g \sin 37^\circ + \mu(M + m)g \cos 37^\circ = (M + m)a_1$ , 解得加速度大小  $a_1 = 10$  m/s<sup>2</sup>, 选水银柱为研究对象, 由牛顿第二定律有  $p_0S + mgs \sin 37^\circ - p_2S = ma_1$ , 其中  $\rho gh = 20$  cmHg,  $m = \rho Sh$ , 解得  $p_2 = 67$  cmHg, A 错误; 由玻意耳定律有  $p_1V_1 = p_2V_2$ , 代入数据解得  $L_2 = 28.4$  cm, B 正确; 当玻璃管下滑时, 对水银柱和玻璃管整体有  $(M + m)g \sin 37^\circ - \mu(M + m)g \cos 37^\circ = (M + m)a_2$ , 解得加速度大小  $a_2 = 2$  m/s<sup>2</sup>, 选水银柱为研究对象, 由牛顿第二定律有  $p_0S + mgs \sin 37^\circ - p_3S = ma_2$ , 代入数据解得  $p_3 = 83$  cmHg, C 正确; 由玻意耳定律有  $p_1V_1 = p_3V_3$ , 代入数据解得  $L_3 = 22.9$  cm, D 正确. 本题选说法错误的, 故选 A.

3. (1)  $\frac{9mg}{S}$  (2)  $\frac{Sl_0}{10}$

**【解析】**(1) 待活塞重新稳定后, 对活塞受力分析, 有

$$p_0S + mg = p_1S,$$

$$\text{解得 } p_1 = p_0 + \frac{mg}{S} = \frac{9mg}{S}.$$

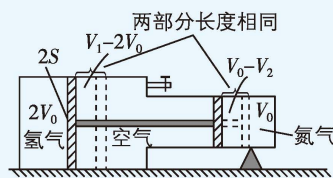
(2) 设汽缸内放置的化学药品体积为  $V$ , 有  $V_0 = Sl_0 - V$ ,  $V_1 =$

$\frac{9}{10}Sl_0 - V$ , 气体做等温变化, 由玻意耳定律有  $p_0V_0 = p_1V_1$ ,

$$\text{解得化学药品的体积 } V = \frac{Sl_0}{10}.$$

4. (1)  $\frac{1}{2}(p_0 + p)$  (2)  $\frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{4}p$   $\frac{4(p_0 + p)V_0}{2p_0 + p}$

**思路导引** 两活塞用刚性杆连接, 抽气后, 氢气长度的变化和氮气长度的变化大小相同, 如图所示.



**【解析】**(1) 设抽气前氢气的压强为  $p_{10}$ , 根据力的平衡条件得  $p_{10} \cdot 2S = p \cdot 2S + T$ ,  $p_0S = pS + T$ ,

其中  $T$  为刚性杆的弹力,

$$\text{解得 } p_{10} = \frac{1}{2}(p_0 + p).$$

(2) 设抽气后氢气的压强和体积分别为  $p_1$  和  $V_1$ , 氮气的压强和体积分别为  $p_2$  和  $V_2$ , 根据力的平衡条件有  $p_2 \cdot S = p_1 \cdot 2S$ ,

由玻意耳定律得  $p_1 V_1 = p_{10} \cdot 2V_0, p_2 V_2 = p_0 V_0$ ,  
 由于两活塞用刚性杆连接,故  $V_1 - 2V_0 = 2(V_0 - V_2)$ ,  
 联立解得  $p_1 = \frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{4}p, V_1 = \frac{4(p_0 + p)V_0}{2p_0 + p}$ .

**方法总结** 相互联系的两部分气体的状态变化的解题方法:(1)对用来分隔两部分气体的那个物体(活塞、水银柱等)进行受力分析,按其运动状态应用牛顿运动定律或平衡条件列方程,得出压强关系;(2)分析两部分气体的体积关系,注意分隔物的移动使它们的体积发生变化;(3)对于各部分气体,在状态变化前后各自遵循气体实验定律,列方程联立求解.

### 第3节 气体的等压变化和等容变化

#### 课时1 气体的等压变化

##### 刷基础

**1. B** 【解析】将烧瓶浸在热水中时,气体温度升高,压强变大, $B$ 管水银面下降,应适当向下移动 $A$ 管使两管水银面等高,即保证了气体压强不变,故①正确,②错误.将烧瓶浸在冷水中时,气体温度降低,压强减小, $B$ 管水银面上升,应适当向上移动 $A$ 管使两管水银面等高,故③错误,④正确.故选B.

**2. A** 【解析】气体发生等压变化,根据盖-吕萨克定律有  $\frac{V}{T} = C$ ,有  $\frac{V}{T} = \frac{\Delta V}{\Delta T}$ ,故  $\Delta V = \frac{V}{T} \Delta T$ ,故温度每升高1 K(1 °C),它的体积的增加量相同.故选A.

**方法总结** 由盖-吕萨克定律推论可得,气体做等压变化时,变化的体积和变化的温度成正比,  $\frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{V}{T}$ ,其中  $\Delta V$  为气体体积的变化量,  $\Delta T$  为气体温度的变化量.

**3. A** 【解析】因为大气压强保持不变,所以球形容器内气体做等压变化,根据盖-吕萨克定律有  $\frac{V}{T} = C$ ,则其体积  $V$  与热力学温度  $T$  成正比,由此可知,温度越高,体积越大,则玻璃管  $M$ 、 $N$  区间内的刻度越靠下,对应温度越高,又因为摄氏温度与热力学温度相邻刻度差值不变,则  $M$ 、 $N$  区间内的刻度分布均匀.故选A.

**4. (1) 0.06 m (2) 0.02 m**

**【解析】**(1)对容器受力分析,有  $mg + p_0 S = p S$ ,  
 解得  $p = 1.006 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  
 又  $p = p_0 + \rho g \Delta h$ ,  
 解得  $\Delta h = 0.06 \text{ m}$ .  
 (2)容器内封闭气体做等压变化,容器内外液面高度差不变,由盖-吕萨克定律可得  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ,其中  $V_1 = S(L_1 + \Delta h)$ ,  $T_1 = (27 + 273) \text{ K} = 300 \text{ K}$ ,  $V_2 = S(L_2 + \Delta h)$ ,  $T_2 = (77 + 273) \text{ K} = 350 \text{ K}$ ,  
 解得  $L_2 = 0.08 \text{ m}$ ,  
 由  $\Delta H = L_2 - L_1$ ,解得  $\Delta H = 0.02 \text{ m}$ .

**5. (1)  $7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$  (2) 384 K**

**【解析】**(1)设活塞在  $A$  处时的气体压强为  $p_1$ ,对活塞,由平衡条件得  $p_1 S + mg = p_0 S$ ,  
 代入数据解得  $p_1 = 7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ .

(2)活塞由  $A$  到  $B$ ,气体做等压变化,根据盖-吕萨克定律有  $\frac{Sh_1}{T_1} = \frac{Sh_2}{T_2}$ ,  
 代入数据解得  $T_2 = 384 \text{ K}$ .

**6. (1)  $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$  (2) 12 cm (3) 1.8 J**

**【解析】**(1)初始状态时,以圆柱形汽缸与椅面整体为研究对象,根据受力平衡可得  $mg + p_0 S = p_1 S$ ,  
 解得  $p_1 = 1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$ .

(2)质量  $M = 54 \text{ kg}$  的人,脚悬空坐在椅面上,稳定后,根据受

**关键点:** 等温变化,应用玻意耳定律求解

力平衡可得  $(M + m)g + p_0 S = p_2 S$ ,解得  $p_2 = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  
 设稳定后缸内气柱长度为  $L'$ ,根据玻意耳定律可得  $p_1 L S = p_2 L' S$ ,解得  $L' = 8 \text{ cm}$ ,  
 则椅面下降了  $\Delta h = L - L' = 20 \text{ cm} - 8 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$ .

(3)在(2)情况下,由于开空调室内气温缓慢降至  $T_2 = 300.3 \text{ K}$ ,该过程气体发生等压变化,根据盖-吕萨克定律有

**关键点:** 等压变化,应用盖-吕萨克定律求解  
 $\frac{L'S}{T_1} = \frac{L''S}{T_2}$ ,解得  $L'' = 7.8 \text{ cm}$ ,外界对封闭气体所做的功为  $W = (p_0 S + Mg + mg)(L' - L'')$ ,解得  $W = 1.8 \text{ J}$ .

**7. B** 【解析】 $OC$  和  $OD$  都是过原点的直线,是等压线,根据  $\frac{pV}{T} = C$  可知,等压线的斜率  $k = \frac{V}{T} = \frac{C}{p}$ ,即压强越大,等压线的斜率越小,直线  $OC$  的斜率小于直线  $OD$  的斜率,所以状态  $C$  的压强大于状态  $D$  的压强,即该气体从状态  $C$  到状态  $D$ ,压强变小.故选B.

**8. A** 【解析】分别过  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四个点作出等压线,如图所示.保持体积不变,温度越高,则压强越大,可知在  $V$ - $T$  图像中,等压线倾角越大,压强越小,所以  $p_a < p_c < p_b$ ,**A 正确, B 错误**;由题图可知,从状态  $c$  到状态  $d$ ,气体体积增大,**C 错误**;从状态  $a$  到状态  $c$ ,气体体积先变小后变大,因此气体分子数密度先增大后减小,**D 错误**.

**关键点:** 分子个数与它们所占空间体积之比叫作分子数密度

#### 课时2 气体的等容变化

##### 刷基础

**1. A** 【解析】设大气压强为  $p_0$ ,对题图中活塞受力分析,有  $\frac{mg}{S} + p_0 = p_{\text{甲}}, p_{\text{乙}} = p_0$ ,则  $p_{\text{甲}} > p_{\text{乙}}$ ,由题意知质量相等的同种理想气体甲、乙的体积相等,根据  $\frac{p_{\text{甲}}}{T_{\text{甲}}} = \frac{p_{\text{乙}}}{T_{\text{乙}}}$ ,可知  $T_{\text{甲}} > T_{\text{乙}}$ ,故**A 正确**.



**2. C** 【解析】初始时,空气温度为  $T_0 = 273 \text{ K} + t_0 = (273 + 27) \text{ K} = 300 \text{ K}$ ,容器内气体压强为  $p_0$ ,当容器浸入温度为  $t_1$  的热水中并最终恢复左管中水银面至原高度时,容器内气体压强比大气压强高  $\rho gh$ ,故  $p_1 = p_0 + \rho gh$ ,气体做等容变化,根据查理定律得  $\frac{p_1}{p_0} = \frac{T_1}{T_0}$ ,代入数据解得  $T_1 = 360 \text{ K}$ ,则  $t_1 = (T_1 - 273) ^\circ\text{C} = 87 ^\circ\text{C}$ ,故选 C.

**3. A** 【解析】A 项:假设升温后水银柱不动,由查理定律得  $\Delta p = \frac{p\Delta T}{T}$ ,由于两侧气体初态温度  $T$  相同, $\Delta T$  相同,故初态压强大的  $\Delta p$  大,即水银柱向着初态压强小的方向移动,由题图可知  $a$  侧气体压强小于  $b$  侧气体压强,故水银柱一定向  $a$  侧移动,故 A 正确;B 项:假设升温后水银柱不动,由查理定律得  $\Delta p = \frac{p\Delta T}{T}$ , $\Delta T$  相同,由于  $a$  侧气体初态温度低, $a$  侧气体压强小,故无法判断升高相同温度时  $a$ 、 $b$  两侧气体的  $\Delta p$  大小,故无法判断水银柱移动方向,故 B 错误;C、D 项:假设升温后水银柱不动,由查理定律得  $\Delta p = \frac{p\Delta T}{T}$ ,而 C、D 中两玻璃管  $a$ 、 $b$  两侧的初始  $p$  均相同, $\Delta T$  相同,所以初态温度高的  $\Delta p$  小,故水银柱向着初态温度高的方向移动,即 C 中水银柱一定向  $b$  侧移动,D 中水银柱不移动,故 C、D 错误.

**4. (1) 2.73 $p_0$  (2) 有**

【解析】(1) 香槟释放气体后,温度不变,对酒瓶内气体分析,初态  $p_1 = p_0$ , $V_1 = 750 \text{ mL} - 500 \text{ mL} = 250 \text{ mL}$ , $T_1 = 280 \text{ K}$ ,释放气体后, $V_2 = (250 + 500 \times 5\%) \text{ mL} = 275 \text{ mL}$ ,根据玻意耳定律有  $p_1 V_1 + p_0 \times 0.5 \text{ L} = p_2 V_2$ ,解得  $p_2 = 2.73 p_0$ .

(2) 瓶中气体发生等容变化,由查理定律得  $\frac{p_2}{T_1} = \frac{p_3}{T_2}$ ,

解得  $p_3 = 3.22 p_0$ , $p_3 - p_0 > 2 p_0$ ,

瓶塞有被冲开的风险.

**5. (1) 越偏下 (2) 均匀,见解析 (3) 低于  $17 ^\circ\text{C}$ ,见解析**

【解析】(1) 玻璃泡中的气体压强与大气压  $p_0$  的关系为  $p = p_0 - \rho gh$ ,该过程为等容过程,温度越高,气体压强  $p$  越大,所以玻璃管中水柱距离水槽液面的高度  $h$  越小,玻璃管上标定的位置越偏下.

(2) 设初始温度为  $T_0$ ,玻璃管中水柱距离水槽液面的高度为

$x_0$ ,温度变化过程属于等容变化,则有  $\frac{p_0 - \rho g x_0}{T_0} = \frac{p_0 - \rho g x}{T}$ ,

可得  $T = \frac{p_0 - \rho g x}{p_0 - \rho g x_0} T_0$ , $T = t + 273 \text{ K}$ ,

解得  $t = \left( \frac{p_0 - \rho g x}{p_0 - \rho g x_0} T_0 - 273 \right) ^\circ\text{C}$ ,

$t$  与  $x$  为一次函数关系,所以玻璃管上标定的刻度是均匀的.

(3) 由题意, $x = x_0 + \Delta h$ ,

$T = \frac{p_0 - \rho g x}{p_0 - \rho g x_0} T_0 = \frac{p_0 - \rho g x_0 - \rho g \Delta h}{p_0 - \rho g x_0} T_0 = \left( 1 - \frac{\rho g \Delta h}{p_0 - \rho g x_0} \right) T_0$ ,

因为  $p_0$  减小,所以  $T$  减小,即实际温度低于  $17 ^\circ\text{C}$ .

**教材变式** 本题目由教材 P43 第 1 题演变而来. 本题考查了新型测温装置,解题时需要明确测温的原理.

**一题多解** 气体做等容变化时,  $\frac{p}{T} = \frac{\Delta p}{\Delta T} = C$ .

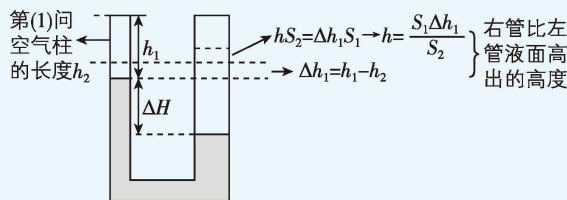
(2)  $\frac{p_0 - \rho g x_0}{T_0} = C = \frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{-\rho g \Delta h}{\Delta t}$ ,  $\frac{\Delta h}{\Delta t} = \text{常数}$ ,

即相同的  $\Delta t$  对应相同的  $\Delta h$ ,所以玻璃管上标定的刻度是均匀的.

(3)  $\frac{p_0 - \rho g x_0}{T_0} = C = \frac{\Delta p}{\Delta T} = \frac{-\rho g \Delta h}{\Delta T} = \frac{\rho g \Delta h}{- \Delta T} = \frac{\rho g \Delta h}{T_0 - T}$ ,  $\Delta h$ 、 $T_0$  一定,由于  $p_0$  减小,所以  $T$  减小,即实际温度低于  $17 ^\circ\text{C}$ .

**6. (1) 15 cm (2) 328 K**

**思路导引** 封闭气体重新回到 19 cm 的长度时,右管比左管液面高出的高度的示意图如图所示.



【解析】(1) 设水银的密度为  $\rho$ ,U 形管左、右两管横截面积分别为  $S_1$ 、 $S_2$ ,封闭气体在初始状态下的压强为  $p_1$ ,

则有  $p_1 + \rho g \Delta H = p_0$ ,解得  $p_1 = 60 \text{ cmHg}$ ,

设两边液面相平时,封闭气体压强为  $p_2$ ,封闭气体长度为  $h_2$ ,

则有  $p_2 = p_0 = 76 \text{ cmHg}$ ,

该过程封闭气体发生等温变化,由玻意耳定律有

$p_1 S_1 h_1 = p_2 S_1 h_2$ ,

解得  $h_2 = 15 \text{ cm}$ .

(2) 封闭气体回到原长度时,右管比左管液面高出  $\Delta h_1 +$

$\frac{S_1}{S_2} \Delta h_1 = \Delta h_1 + \frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2} \Delta h_1 = \frac{3}{2} \Delta h_1$ ,其中  $\Delta h_1 = h_1 - h_2 = 4 \text{ cm}$ ,

**易错点:** 右管液面升高的高度是左管液面下降高度的一半

设此时封闭气体压强为  $p_3$ ,

则有  $p_3 = p_0 + \rho g \cdot \frac{3}{2} \Delta h_1 = 82 \text{ cmHg}$ ,

与初态相比,封闭气体发生等容变化,由查理定律得  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T}$ ,

解得  $T = 328 \text{ K}$ .

**7. B** 【解析】根据  $\frac{pV}{T} = C$ ,可得  $p = \frac{C}{V} T$ ,结合题图可知  $A \rightarrow B$  为

等容变化,即体积不变;由题图可知  $B \rightarrow C$  为等温变化,分别

过  $B$  点、 $C$  点作等容线,图线的斜率  $k = \frac{C}{V}$  与气体的体积有

关,体积越大,斜率越小, $B \rightarrow C$  压强增大,等容线斜率增大,可知体积变小,所以气体的体积先不变后变小. 故选 B.

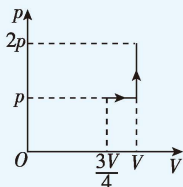
**8. D** 【解析】用手捂住烧瓶,则烧瓶内气体温度升高,A 错误;观察到液柱缓慢向外移动,对液柱分析可知,烧瓶内气体压强不变,B 错误;烧瓶内气体温度升高,瓶内气体分子平均动能变大,C 错误;因烧瓶内气体压强不变,则分子对器壁单位面积的作用力不变,D 正确。

### 刷易错

★易错点 未考虑气体状态的转换,盲目使用气体实验定律

9. (1)  $\frac{4}{3}T_0$  (2)  $\frac{8}{3}T_0$

**思路导引** 该封闭气体经历等压膨胀、等容升温两个过程,画出其  $p$ - $V$  图像,如图所示。



**【解析】**(1) 该过程为等压变化过程,根据盖-吕萨克定律有

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},$$

$$\text{其中 } V_1 = \frac{3}{4}V, V_2 = V, T_1 = T_0,$$

$$\text{联立解得 } T_2 = \frac{4}{3}T_0.$$

(2) 活塞到达卡口处之后,继续加热至缸内气体压强为  $2p$  的过程中,气体体积不变,根据查理定律有

$$\frac{p_1}{T_2} = \frac{p_2}{T_3},$$

$$p_1 = p, p_2 = 2p, T_2 = \frac{4}{3}T_0,$$

$$\text{联立解得 } T_3 = \frac{8}{3}T_0.$$

**易错分析** 没有意识到活塞到达汽缸卡口处后运动受到限制,直接使用题目所给的数据信息,利用盖-吕萨克定律求解而导致错误。

## 专题 1 理想气体状态方程

### 刷题型

**1. B** 【解析】根据理想气体状态方程  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ , 若  $p_1 = p_2$ ,  $V_1 = 2V_2$ , 则  $T_1 = 2T_2$ , 故 A 错误; 若  $p_1 = p_2$ ,  $V_1 = \frac{V_2}{2}$ , 则  $T_1 = \frac{T_2}{2}$ , 故 B 正确; 若  $p_1 = 2p_2$ ,  $V_1 = 2V_2$ , 则  $T_1 = 4T_2$ , 故 C、D 错误。

**2. A** 【解析】根据理想气体状态方程  $\frac{pV}{T} = C$  可知, 理想气体先等温压缩, 压强增大, 再等容降温, 压强减小, 压强可以回到初始值, A 正确; 理想气体先等温膨胀, 压强减小, 再等容降温, 压强减小, 压强不能回到初始值, B 错误; 理想气体先等容升温, 压强增大, 再等温压缩, 压强增大, 压强不能回到初

始值, C 错误; 理想气体先等容降温, 压强减小, 再等温膨胀, 压强减小, 压强不能回到初始值, D 错误。

**方法总结** 讨论气体状态变化的可能性问题, 主要是用理想

气体状态方程  $\frac{pV}{T} = C$  来判定。若方程成立, 则过程可以进行; 若方程不成立, 则过程不能进行。需要注意  $p$  增大、 $V$  减小 (或  $p$  减小、 $V$  增大) 的情况, 其温度可以增大、减小或不变, 主要通过  $p$ 、 $V$  的乘积的变化情况, 来判断  $T$  的变化情况。

**3. D** 【解析】气泡上升, 气泡内气体压强减小, 温度升高, 由理想气体状态方程可知, 封闭气体体积增大, 则分子数密度减小, 故 A 错误; 温度升高, 分子平均动能增大, 故 B 错误; 气泡上升过程压强减小, 分子平均动能增大, 则撞到气泡单位面积上的气体分子数变少, 故 C 错误; 10 m 深处气泡内气体压强  $p_1 = p_0 + \rho gh = 2p_0$ , 对应的温度  $T_0 = (7+273) \text{ K} = 280 \text{ K}$ , 水面的温度  $T_1 = (27+273) \text{ K} = 300 \text{ K}$ , 根据理想气体状态方程有

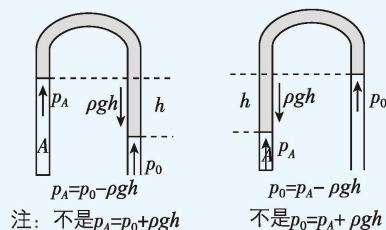
$$\frac{p_1 V_0}{T_0} = \frac{p_0 V_1}{T_1}, \text{ 代入数据可得 } V_1 = \frac{15}{7}V_0, \text{ 故 D 正确。}$$

**4. B** 【解析】右侧轻活塞封闭的气体压强为  $p = p_0 + \rho gh_1 + \rho gh_2$ , 故 A 错误; 若仅缓慢加热右侧轻质活塞处封闭的气体, 由于活塞下方有一固定卡扣, 则气体压强增大,  $d$  液面上升,  $c$  液面下降, 则  $h_2$  变小, 故 B 正确; 若缓慢向上推动活塞, 活塞封闭气体温度不变, 体积减小, 压强增大,  $d$  液面上升,  $c$  液面下降, 则  $h_2$  变小,  $b$ 、 $c$  间气体压强变大, 故 C 错误; 若加热  $b$ 、 $c$  间

→ 关键点:  $h_1$  变大

的气体,  $b$ 、 $c$  间气体压强变大, 而压强为  $p_0 + \rho gh_1$ , 则  $h_1$  变大, 故 D 错误。

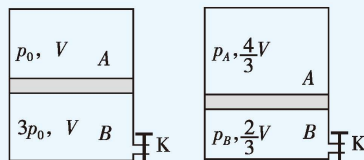
**方法总结** 封闭气体压强计算的两种常见情况如图所示。



5. (1)  $\frac{11}{18}$  (2)  $\frac{12}{5}T_0$

### 题图剖析

A、B 两部分气体的状态参量的变化如图所示。



**【解析】**(1) 初始时对活塞有  $p_0 S + mg = 3p_0 S$ , 得  $mg = 2p_0 S$ ,

打开阀门后, 活塞稳定时, 对 A 部分气体有  $p_0 \cdot V = p_A \cdot \frac{4V}{3}$ ,



对活塞有  $p_A S + mg = p_B S$ , 解得  $p_B = \frac{11}{4} p_0$ ,

温度相同时气体的  $pV$  乘积之比等于质量之比,

→ **突破点:** 由理想气体状态方程, 可得温度相同时气体的  $pV$  乘积之比等于质量之比

所以  $B$  部分剩余气体的质量  $M$  与最初质量  $M_0$  之比  $\frac{M}{M_0} =$

$$\frac{p_B \frac{2V}{3}}{3p_0 \cdot V} = \frac{11}{18}$$

(2) 设活塞回到最初位置时温度为  $T$ , 对  $A$  部分气体有

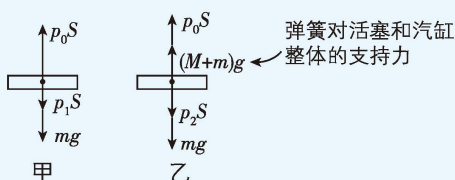
$$\frac{p_0 \cdot V}{T_0} = \frac{p'_A \cdot V}{T},$$

$$\text{对 } B \text{ 部分气体有 } \frac{p_B \cdot \frac{2V}{3}}{T_0} = \frac{p'_B \cdot V}{T},$$

又因为  $p'_A S + mg = p'_B S$ , 解得  $T = \frac{12}{5} T_0$ .

## 6. (1) 450 K (2) 729 K

**思路导引** 在初始状态时, 对活塞受力分析如图甲所示; 汽缸刚要离开桌面时, 对活塞受力分析如图乙所示.



**【解析】**(1) 从初状态到弹簧恰好与桌面接触时, 气体发生等

压变化, 根据盖-吕萨克定律有  $\frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T_1}$ ,

又知  $T_0 = 300 \text{ K}$ ,  $V_0 = \frac{Sh}{3}$ ,  $V_1 = \frac{Sh}{2}$ ,

联立解得汽缸中气体的温度为  $T_1 = \frac{3}{2} T_0 = 450 \text{ K}$ .

(2) 在初始状态, 对活塞, 由平衡条件有  $p_1 S + mg = p_0 S$ ,

解得  $p_1 = p_0 - \frac{mg}{S} = 0.95 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,

设汽缸刚要离开桌面时气体的压强为  $p_2$ , 体积为  $V_2$ , 对活塞,

由平衡条件有  $p_0 S + (M+m)g = p_2 S + mg$ ,

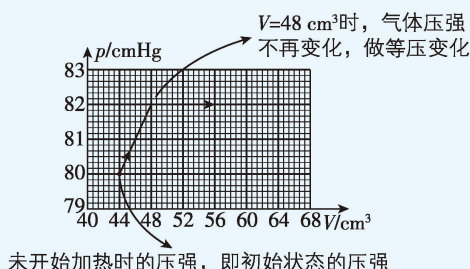
又因为  $V_2 = S \left( \frac{h}{2} + \frac{M+m}{k} g \right)$ ,

根据理想气体状态方程有  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ ,

联立解得  $T_2 = 729 \text{ K}$ .

## 7. C

**思路导引** 信息提取: 从题图乙中获取的信息如图所示.



**【解析】** 根据题图乙可知, 封闭气体在初始状态的压强为  $80 \text{ cmHg}$ , 故 **A 错误**; 根据题意, 结合图像可知, 当水银柱全部进入细管中后, 继续升高温度, 气体将发生等压变化, 由题图乙可知, 气体刚开始发生等压变化时, 气体的体积为  $V = 48 \text{ cm}^3$ , 而在水银全部进入细管前, 根据理想气体状态方程有  $\frac{p_1 S_1 L}{T_1} = \frac{p_2 V}{T_2}$ , 式中  $p_1 = 80 \text{ cmHg}$ ,  $p_2 = 82 \text{ cmHg}$ ,  $T_1 = 330 \text{ K}$ , 代入数据解得  $T_2 = 369 \text{ K}$ , 故 **B 错误, C 正确**; 液柱下端离开粗、细接口处的距离为  $10 \text{ cm}$ , 设此时的温度为  $T_3$ , 由盖-吕萨克定律有  $\frac{V}{T_2} = \frac{V + S_2 L_1}{T_3}$ ,  $L_1 = 10 \text{ cm}$ , 解得  $T_3 \approx 446 \text{ K}$ , 故 **D 错误**.

## 8. D 【解析】 气体分子不是紧密排列的, 所以 $\frac{V_0}{N}$ 只能表示状态

$c$  时每个气体分子占有空间的平均体积, 不是气体分子的体积, 故 **A 错误**;  $b$  到  $c$  过程中, 由理想气体状态方程得

$$\frac{p_b \cdot 3V_0}{3t_0 + 273 \text{ K}} = \frac{p_c V_0}{t_0 + 273 \text{ K}}, \text{ 可得 } p_c = \frac{3(t_0 + 273 \text{ K})}{3t_0 + 273 \text{ K}} p_b > p_b, \text{ 可知状态}$$

$b$  到状态  $c$  不是等压变化, 故 **B 错误**; 气体在  $a$  到  $b$  过程中经

→ **突破点:** 在  $V-T$  图像中, 图线过原点才是等压线

历等容变化, 根据查理定律有  $\frac{p_b}{3t_0 + 273 \text{ K}} = \frac{p_a}{t_0 + 273 \text{ K}}$ , 可得  $p_b =$

$$\frac{3t_0 + 273 \text{ K}}{t_0 + 273 \text{ K}} p_a < 3p_a, \text{ 故 } \text{C 错误}; \text{ 由题图可知, 状态 } c \text{ 到状态 } a \text{ 为}$$

等温变化, 故 **D 正确**.

## 9. (1) $0.25T_0$ (2) $p_0 + \frac{2S_0}{V_0}$

**【解析】**(1)  $AB$  的反向延长线经过坐标原点  $O$ , 则  $\frac{p_0}{2V_0} = \frac{p_A}{V_0}$ , 解

→ **突破点:**  $A$ 、 $B$  两点与原点连线的斜率相等

得  $p_A = 0.5p_0$ ,

由理想气体状态方程有  $\frac{p_0 \cdot 2V_0}{T_0} = \frac{p_A V_0}{T_A}$ , 解得  $T_A = 0.25T_0$ .

(2) 由题图和几何关系可得,  $\triangle ABC$  的面积为

$$S_0 = \frac{1}{2} (p_c - p_0) (2V_0 - V_0),$$

解得  $p_c = p_0 + \frac{2S_0}{V_0}$ .

**关键点拨** 图像上的一个点表示一定质量气体的一个平衡状态, 它对应着三个状态参量; 图像上的某一条直线或曲线表示一定质量的气体状态变化的一个过程. 明确图像表示的物理意义和特点, 区分清楚各个不同的物理过程是解题的关键.

## 第3节综合训练

### 刷能力

1. A **【解析】** 饮料罐中气体的压强与外界大气压是相同的, 饮

料罐中的气体做等压变化,根据  $\frac{V}{T}=C$ ,可得  $\frac{V}{T}=\frac{\Delta V}{\Delta T}=\frac{S\Delta L}{\Delta T}$ ,

→ **关键点:** 饮料罐中气体变化的过程为等压膨胀

解得  $\Delta L=\frac{V\Delta T}{TS}$ . 故选 A.

**教材变式** 本题目由教材 P30 第 3 题演变而来,教材中的问题是判断吸管刻度是否均匀以及估算气温计的测量范围,本题由温度变化量考查油柱移动的距离.

**2. D** 【解析】设球囊体积为  $V$ ,加热前球囊内空气的质量为  $m$ ,大气压强不变,根据盖-吕萨克定律可得  $\frac{V}{T_1}=\frac{V_1}{T_2}$ ,可得  $V_1=\frac{T_2}{T_1}V$ ,又  $m=\rho_1V=\rho_2V_1$ ,可得  $\frac{\rho_1}{\rho_2}=\frac{V_1}{V}=\frac{T_2}{T_1}$ ,故选 D.

**快解** 根据理想气体状态方程有  $pV=\frac{m}{M}RT$ ,两边除以  $V$ ,可得  $p=\rho\frac{R}{M}T$ ,可得  $\rho_1T_1=\rho_2T_2$ , $\frac{\rho_1}{\rho_2}=\frac{T_2}{T_1}$ ,故 D 正确.

### 3. C

**思路导引** 本题可利用假设法,假设气体的体积不变,根据等容变化判断出氧气和氢气的压强变化量,从而判断出汞柱的移动方向.

【解析】假设两部分气体的体积不变,由查理定律有  $\frac{p}{T}=\frac{\Delta p}{\Delta T}$ ,可得  $\Delta p=\frac{\Delta T}{T}p$ ,开始时两部分气体的压强  $p$  相同, $T_{\text{氧}}<T_{\text{氢}}$ ,若变化过程中  $\Delta T$  相同,由  $\Delta p=\frac{\Delta T}{T}p$ ,得  $\Delta p_{\text{氧}}>\Delta p_{\text{氢}}$ ,所以汞柱向右移动,故 A、B 错误. 开始时两部分气体的压强  $p$  相同, $T_{\text{氧}}=283\text{ K}$ , $T_{\text{氢}}=293\text{ K}$ ,若  $\Delta T_{\text{氧}}=10\text{ K}$ , $\Delta T_{\text{氢}}=20\text{ K}$ ,由  $\Delta p=\frac{\Delta T}{T}p$ ,得  $\Delta p'_{\text{氧}}<\Delta p'_{\text{氢}}$ ,所以汞柱向左移,故 C 正确,D 错误.

**方法总结** 液柱、活塞移动问题的解题方法

当被封闭的气体的状态发生变化时,将引起与之关联的液柱(或活塞)发生移动,此类问题的特点是气体的状态参量发生变化,直接判断液柱(或活塞)的移动方向比较困难,通常先进行气体状态的假设,然后应用气体实验定律求解. 一般思路如下:

(1) 先假设液柱(或活塞)不发生移动,两部分气体均发生相应的等容变化.

(2) 对两部分气体分别应用查理定律的推论式  $\Delta p=\frac{\Delta T}{T}p$ ,求出每一部分气体压强的变化量  $\Delta p$ ,并加以比较.

a. 如果液柱(或活塞)两端的横截面积相等,若  $\Delta p$  均大于零,意味着两部分气体的压强均增大,则液柱(或活塞)向  $\Delta p$  值较小的一方移动;若  $\Delta p$  均小于零,意味着两部分气体的压强均减小,则液柱(或活塞)向  $|\Delta p|$  较大的一方移动;若  $\Delta p$  相等,则液柱(或活塞)不移动.

b. 如果液柱(或活塞)两端的横截面积不相等,则应考虑液柱(或活塞)两端的受力变化( $\Delta p \cdot S$ ),若  $\Delta p$  均大于零,则液柱(或活塞)向  $\Delta p \cdot S$  较小的一方移动;若  $\Delta p$  均小于零,则液柱(或活塞)向  $|\Delta p \cdot S|$  较大的一方移动;若  $\Delta p \cdot S$  相等,则液柱(或活塞)不移动.

**4. A** 【解析】由  $p$ - $V$  图像可得,理想气体在 A 状态的体积  $V_A=0.2\text{ m}^3$ ,压强  $p_A=3\times 10^5\text{ Pa}$ ,从 A 状态到 B 状态发生等压变化,由盖-吕萨克定律有  $\frac{V_A}{T_A}=\frac{V_B}{T_B}$ ,代入  $V_B=0.6\text{ m}^3$ , $T_B=600\text{ K}$ ,解得  $T_A=200\text{ K}$ ,理想气体从 B 状态到 C 状态发生等容变化,由查理定律有  $\frac{p_B}{T_B}=\frac{p_C}{T_C}$ ,代入  $p_B=3\times 10^5\text{ Pa}$ , $p_C=1\times 10^5\text{ Pa}$ , $T_B=600\text{ K}$ ,解得  $T_C=200\text{ K}$ ,故①③正确. 故选 A.

**5. (1)  $1.5\times 10^5\text{ Pa}$  (2)  $1\,250\text{ K}$  (3)  $480\text{ K}$**

【解析】(1) 初始时,对汽缸受力分析有  $p_1S=p_0S+Mg$ ,解得气体的压强为  $p_1=1.5\times 10^5\text{ Pa}$ .

(2) 汽缸下落过程中,气体发生等压变化,对汽缸和活塞整体分析可知,活塞位置不变,由盖-吕萨克定律知  $\frac{L_1S}{T_1}=\frac{(L_1-h)S}{T_2}$ ,解得  $T_2=1\,250\text{ K}$ .

(3) 待缸口着地后,再降低温度时,气体压强减小,活塞上移,弹簧逐渐恢复原长,初始时,由胡克定律知  $kx=(M+m)g$ ,解得弹簧的形变量为  $x=7\text{ cm}$ ,设弹簧恢复原长时的环境温度为  $T_3$ ,气体压强为  $p_3$ ,气柱长度为  $L_3$ ,由活塞的平衡条件知  $p_3=p_0-\frac{mg}{S}=0.8p_0$ ,由几何关系知  $L_3=L_1-x-h=18\text{ cm}$ ,

由理想气体状态方程有  $\frac{p_1L_1S}{T_1}=\frac{p_3L_3S}{T_3}$ ,解得  $T_3=480\text{ K}$ .

**6. (1)  $4\text{ cm}$  (2)  $280\text{ K}$  (3)  $350\text{ K}$**

【解析】(1) 左管水银面下降  $\Delta h$  的过程中,左管内封闭气体发生等温变化,有  $p_0LS=p_1(L+\Delta h)S$ ,解得  $p_1=72\text{ cmHg}$ ,

此时左管水银面比右管水银面高  $x=\frac{p_0-p_1}{\rho g}=3\text{ cm}$ ,右管水银

→ **关键点:** 根据压强关系  $p_1+\rho gx=p_0$  求两管中水银柱的高度差

面下降的高度  $\Delta H=x+\Delta h$ ,解得  $\Delta H=4\text{ cm}$ .

(2) 要使左管水银面回到原来高度,则右管水银面要再下降  $\Delta h$ ,左管内封闭气体的压强  $p_2=p_1-2p_{\Delta h}=70\text{ cmHg}$ ,

→ **易错点:** 左管水银面上升  $\Delta h$ ,右管水银面下降  $\Delta h$ ,左管内气体的压强减小  $2p_{\Delta h}$

根据查理定律有  $\frac{p_0}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}$ ,解得  $T_2=280\text{ K}$ .

(3) 右管内封闭气体发生等温变化,根据玻意耳定律有

$$p_0(L+\Delta H)S=p_3\left(L+\Delta H-\frac{x}{2}\right)S,$$



对左管内封闭气体,根据理想气体状态方程有  $\frac{p_0 L S}{T_1} =$

$$\frac{p_3 \left( L + \Delta H - \frac{x}{2} \right) S}{T_3}, \text{解得 } T_3 = 350 \text{ K}.$$

7. (1)  $\frac{44}{3} \text{ cm}$  (2) 510 K

【解析】(1) 对气体 A, 初态  $p_{A1} = p_0 + \rho gh = 100 \text{ cmHg}$ ,  $V_{A1} = LS$ ,

末态  $p_{A2} = p_0 + 2\rho gh = 125 \text{ cmHg}$ ,  $V_{A2} = L_A S$ ,

由玻意耳定律有  $p_{A1} V_{A1} = p_{A2} V_{A2}$ , 解得  $L_A = 32 \text{ cm}$ ,

对气体 B, 初态  $p_{B1} = p_0 + 2\rho gh = 125 \text{ cmHg}$ ,  $V_{B1} = LS$ ,

末态  $p_{B2} = p_0 + 3\rho gh = 150 \text{ cmHg}$ ,  $V_{B2} = L_B S$ ,

由玻意耳定律有  $p_{B1} V_{B1} = p_{B2} V_{B2}$ ,

$$\text{解得 } L_B = \frac{100}{3} \text{ cm},$$

根据题意可知, 水银柱 a 上表面与汽缸口的高度差为

$$\Delta h = 2L - L_A - L_B,$$

$$\text{解得 } \Delta h = \frac{44}{3} \text{ cm}.$$

(2) 对气体 A, 初态  $p_1 = p_0 + \rho gh = 100 \text{ cmHg}$ ,  $V_1 = LS$ ,  $T_1 = 300 \text{ K}$ ,

流出水银后(剩余长度  $x$ ), 则  $p_2 = p_0 + \rho gx$ ,  $V_2 = (L + 2h - x)S$ ,

→ 突破点: 设未知量列该物理量满足的方程, 利用函数求解最值

根据理想气体状态方程可知  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ ,

$$\text{即 } \frac{100 \text{ cmHg} \times 40 \text{ cm}}{300 \text{ K}} = \frac{(75 \text{ cm} + x) \text{Hg}(90 \text{ cm} - x)}{T_2},$$

根据数学知识可得, 当  $x = 7.5 \text{ cm}$  时,  $T_2$  存在最大值, 最大值为  $T_{2m} = 510 \text{ K}$ , 故气体 A 的热力学温度至少要达到 510 K.

## 专题 2 变质量问题

### 刷题型

1. D 【解析】充气前臂带内气体体积为  $V_1 = 60 \text{ cm}^3$ , 每次挤压气囊充入气体体积为  $V_0 = 60 \text{ cm}^3$ , 充气后臂带内气体体积为  $V_2 = 300 \text{ cm}^3$ , 根据玻意耳定律有  $p_1 V_1 + 5p_0 V_0 = p_2 V_2$ , 其中  $p_1 = p_0 = 750 \text{ mmHg}$ , 解得  $p_2 = 900 \text{ mmHg}$ , 压强计示数为臂带内气体的压强高于大气压强的差值, 则压强计的示数为  $\Delta p = p_2 - p_0 = 150 \text{ mmHg}$ , 故 D 正确.

**方法总结** 等温分态公式: 若将某气体 ( $p, V, M$ ) 在保持质量、温度不变的情况下分成若干部分 ( $p_1, V_1, M_1$ )、( $p_2, V_2, M_2$ )、 $\cdots$ 、( $p_n, V_n, M_n$ ), 则有  $pV = p_1 V_1 + p_2 V_2 + \cdots + p_n V_n$ , 这个结论叫作等温分态公式, 可以由玻意耳定律推得.

2. A 【解析】球内原有气体压强为  $p_1 = 1.3 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 体积  $V = 7.5 \text{ L}$ , 设需打气  $n$  次可使球内气压回到正常范围, 设球内正常气压为  $p_2$ , 每次打入的空气体积为  $\Delta V$ , 由玻意耳定律有  $p_2 V = p_1 V + n p_0 \Delta V$ , 解得  $n = \frac{p_2 V - p_1 V}{p_0 \Delta V} = \frac{7.5 \text{ L} \cdot p_2 - 1.3 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 7.5 \text{ L}}{1.0 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.3 \text{ L}}$ , 当  $p_2 =$

$1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$  时, 解得  $n = 5$ ; 当  $p_2 = 1.6 \times 10^5 \text{ Pa}$  时, 解得  $n = 7$  (向下取整), 故需打气的次数范围为 5~7 次, A 正确.

### 方法总结 充气问题的解题要点

已知容器内原有气体压强为  $p_1$ , 充气后压强为  $p_2$ , 则每充气一次, 都是将打气筒内体积为  $\Delta V$ 、压强等于外界大气压  $p_0$  的空气充入体积一定 ( $V_0$ ) 的容器中, 充  $n$  次的过程可以用整体法解决, 即认为是由一个容积为  $n\Delta V$  的打气筒一次完成, 由玻意耳定律有  $p_1 V_0 + n p_0 \Delta V = p_2 V_0$ .

3. (1) 5 (2)  $\frac{p_1 V_1}{2p_0 V_0}$

【解析】(1) 根据玻意耳定律有  $p_0 V_0 + n p_0 \times 0.2 V_0 = 2 p_0 V_0$ ,

解得  $n = 5$ ,

该小组成员至少需要充气 5 次.

(2) 根据理想气体状态方程有  $\frac{2p_0 V_0}{T_M} = \frac{p_1 V_1}{T_N}$ ,

$$\text{解得 } \frac{T_N}{T_M} = \frac{p_1 V_1}{2p_0 V_0}.$$

4. C 【解析】设罐内最初压强为  $p_0$ , 第 1 次抽气时有  $p_0 V_0 = p_1 (V_0 + n V_0)$ , 第 2 次抽气时有  $p_1 V_0 = p_2 (V_0 + n V_0)$ , 联立解得

易错点: 第 1 次抽气后, 罐内气体质量变小, 不可直接列式

$$\frac{p_2}{p_0} = \frac{1}{(1+n)^2}, \text{故选 C}.$$

### 方法总结 抽气问题的解题要点

从容器内抽出气体的过程中, 容器内气体的质量不断减小, 可以将每次抽气过程中抽出的气体和剩余的气体整体作为研究对象, 看成等温膨胀过程.

5. (1) 60% (2) 6 次

【解析】(1) 初始状态气体体积为  $V$ , 压强为  $p_0$ , 设减压后气体体积为  $V_1$ , 压强为  $p_1$ . 整个过程为等温变化, 由玻意耳定律有  $p_0 V = p_1 V_1$ ,

其中  $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $V = 3.0 \text{ m}^3$ ,  $p_1 = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ ,

$$\text{解得 } V_1 = \frac{p_0 V}{p_1} = 7.5 \text{ m}^3,$$

因为同种气体在相同状态下, 质量比等于体积比. 初始气体在压强为  $p_1$  时体积为  $V_1$ , 排出气体的体积为  $V_1 - V = 4.5 \text{ m}^3$ , 则排出气体的质量占初始总质量的百分比

$$\eta = \frac{V_1 - V}{V_1} \times 100\% = 60\%.$$

(2) 设抽气  $n$  次, 每次抽出体积为  $\Delta V = 0.5 \text{ m}^3$  的气体, 第一次抽气, 根据玻意耳定律有  $p_0 V = p_2 (V + \Delta V)$ ,

$$\text{解得 } p_2 = \frac{p_0 V}{V + \Delta V},$$

第二次抽气, 根据玻意耳定律有  $p_2 V = p_3 (V + \Delta V)$ ,

$$\text{将 } p_2 = \frac{p_0 V}{V + \Delta V} \text{ 代入可得 } p_3 = \left( \frac{V}{V + \Delta V} \right)^2 p_0,$$

以此类推,抽  $n$  次气后,压强  $p_{n+1} = \left(\frac{V}{V+\Delta V}\right)^n p_0$ ,

因为要将气压从  $p_0$  降至  $p_1$ , 即  $p_1 = \left(\frac{V}{V+\Delta V}\right)^n p_0$ ,

已知  $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ,  $V = 3.0 \text{ m}^3$ ,  $\Delta V = 0.5 \text{ m}^3$ ,  $p_1 = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ ,

代入  $p_1 = \left(\frac{V}{V+\Delta V}\right)^n p_0$ , 整理可得  $0.4 = \left(\frac{3}{3.5}\right)^n$ ,

两边取对数得  $n \approx 6$  (次)。

- 6. D** 【解析】若小瓶原来是真空的,则初状态氧气压强  $p_0 = 1.45 \times 10^7 \text{ Pa}$ , 体积  $V_0 = 20 \text{ L}$ , 设最多能分装  $n$  瓶, 末状态下氧气压强为  $p_1 = 1.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ , 体积为  $V_1 = V_0 + n \cdot V'$ , 温度不变, 根据玻意耳定律有  $p_0 V_0 = p_1 V_1$ , 代入数据解得  $n = 54$ , **A、B 错误**; 若小瓶原来装有  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  的氧气, 设最多能分装  $n'$  瓶, 则此时初状态氧气压强  $p_0 = 1.45 \times 10^7 \text{ Pa}$ ,  $p'_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 体积  $V_0 = 20 \text{ L}$ ,  $V'_0 = 5 \text{ L} \cdot n'$ , 末状态  $p_2 = 1.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ ,  $V_2 = V_0 + 5 \text{ L} \cdot n'$ , 根据玻意耳定律有  $p_0 V_0 + p'_0 V'_0 = p_2 V_2$ , 代入数据解得  $n' = 60$ , **C 错误, D 正确**。

#### 方法总结 分装问题的解题要点

对于将一个大容器里的气体分装到多个小容器中的问题, 如果温度不变, 则可以把大容器中剩余的气体和多个小容器中的气体整体作为研究对象, 利用玻意耳定律求解。

- 7. (1) 100 (2) 2 000 m**

【解析】(1) 设氦气罐容积为  $V$ , 开始时压强为  $p$ , 气球充入氦气的体积为  $V_0$ , 压强为  $p_0$ ,

由玻意耳定律可得  $pV = p_0 V + np_0 V_0$ , 代入数据解得  $n = 100$ 。

易错点: 氦气罐内气体压强等于大气压强后, 不能再为气球充气, 易忽略氦气罐内有剩余气体

(2) 气球刚要爆炸时压强为  $p_1 = p_0 - \frac{h}{10} \times 100 \text{ (Pa)} = p_0 - 10h \text{ (Pa)}$ , 体积为  $V_1 = 7.5 \text{ L}$ ,

由玻意耳定律可得  $p_0 V_0 = p_1 V_1$ , 代入数据解得  $h = 2 000 \text{ m}$ 。

- 8. C** 【解析】设装水前杯子内空气温度为  $T_1$ , 装水盖杯盖后静置一小段时间过程中空气的体积不变, 此时杯子内空气的压强为  $p_1$ , 温度为  $T_2$ ,  $T_1 = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$ ,  $T_2 = 87^\circ \text{C} = 360 \text{ K}$ , 根据查理定律有  $\frac{p_0}{T_1} = \frac{p_1}{T_2}$ , 解得  $p_1 = \frac{6}{5} p_0$ , 杯子容量为  $500 \text{ mL}$ , 装入  $300 \text{ mL}$  的开水后, 杯内空气的体积为  $V_1 = 200 \text{ mL}$ , 迅速打开杯盖过程杯内空气的温度不变, 压强变为大气压  $p_0$ , 根据玻意耳定律有  $p_1 V_1 = p_0 V_2$ , 解得  $V_2 = 240 \text{ mL}$ , 设此时杯子内空气的密度为  $\rho$ , 现在杯内空气质量为  $m_1 = \rho V_1$ , 原空气总质量为  $m = \rho V_2$ , 逸出杯外的空气质量为  $m_2 = m - m_1$ , 杯内剩余的空气质量与逸出杯外的空气质量的比值为  $k = \frac{m_1}{m_2} = 5$ , 故选 C。

- 9. (1)  $\frac{16}{15} \times 10^5 \text{ Pa}$  (2)  $3.5 \text{ m/s}^2$ , 方向水平向右 (3)  $0.091$**

**思路导引** 弹簧伸长量为  $x$ , 则汽缸内封闭气体体积为  $(L-x)S$ , 气体经历等温压缩, 可求出缸内封闭气体的压强, 再根据牛顿第二定律求出加速度  $a$ 。

【解析】(1) 小车运动时, 设缸内气体的压强为  $p_1$ , 此时活塞与缸底间的气柱长  $L_1 = (8-0.5) \text{ cm} = 7.5 \text{ cm}$ ,

气体做等温变化, 有  $p_0 L S = p_1 L_1 S$ ,

解得  $p_1 = \frac{16}{15} p_0 = \frac{16}{15} \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

(2) 设向右为正方向, 对活塞, 由牛顿第二定律有  $kx + p_1 S - p_0 S = ma$ ,

解得  $a = 3.5 \text{ m/s}^2$ , 方向水平向右。

(3) 为保证系统以第(2)问中的加速度运动时, 弹簧的伸长量仍然为  $0.5 \text{ cm}$ , 说明缸内气体的压强还是  $p_1$ 。假设缸内全部气体保持压强为  $p_1$ , 温度升高为  $T_1 = 330 \text{ K}$ , 体积为  $V_0$ , 有

$$\frac{SL_1}{T_0} = \frac{V_0}{T_1},$$

解得  $V_0 = 0.0825 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ ,

则释放的气体质量与原气体总质量比值为  $\frac{m_{\text{释}}}{m_{\text{原}}} = \frac{V_0 - SL_1}{V_0} \approx 0.091$ 。

- 10. (1)  $\frac{7}{6} \left( p_0 - \frac{Mg}{S} \right)$  (2)  $\frac{4}{7}$**

【解析】(1) 假设气体一直做等压变化, 当  $T_1 = 300 \text{ K}$  时, 体积为  $0.5HS$ ; 当  $T_2 = 700 \text{ K}$  时, 设活塞到汽缸底部的距离为  $h$ , 根据盖-吕萨克定律, 有  $\frac{0.5HS}{T_1} = \frac{hS}{T_2}$ , 解得  $h = \frac{7}{6}H > H$ , 因此假设不成立, 故气体先做等压变化, 活塞碰到挡板后气体做等容变化。

突破点: 用假设法判断气体的变化过程, 再用对应的实验定律验证

设初始气体压强为  $p$ , 对汽缸受力分析, 有  $pS + Mg = p_0 S$ , 设  $T_2 = 700 \text{ K}$  时气体的压强为  $p'$ , 由理想气体状态方程得

$$\frac{p \cdot 0.5HS}{T_1} = \frac{p'HS}{T_2},$$

代入数据解得  $p' = \frac{7}{6} \left( p_0 - \frac{Mg}{S} \right)$ 。

(2) 当活塞再次距离底部  $0.5H$  时, 由平衡条件可知, 气体压强恢复到  $p$ 。设缸内剩余气体初态时体积为  $V_{\text{余}}$ , 气体总体积为  $V_{\text{总}}$ , 从初始状态到最终状态, 该部分气体进行等压膨胀, 根据盖-吕萨克定律得  $\frac{V_{\text{余}}}{T_1} = \frac{V_{\text{总}}}{T_2}$ ,

则漏出气体与原有气体质量比为  $\frac{m_{\text{漏}}}{m_{\text{总}}} = \frac{V_{\text{总}} - V_{\text{余}}}{V_{\text{总}}} = \frac{4}{7}$ 。



一题多解 应用克拉伯龙方程解题

设初始气体总质量为  $m_{\text{总}}$ , 剩余气体质量为  $m_{\text{余}}$ , 根据克拉伯龙方程,

$$\text{初态有 } p \cdot 0.5HS = n_{\text{总}} RT_1,$$

$$\text{末态有 } p \cdot 0.5HS = n_{\text{余}} RT_2,$$

$$\text{则漏出气体与原有气体质量比为 } \frac{m_{\text{漏}}}{m_{\text{总}}} = \frac{n_{\text{总}} - n_{\text{余}}}{n_{\text{总}}},$$

$$\text{可得 } \frac{m_{\text{漏}}}{m_{\text{总}}} = \frac{4}{7}.$$

**关键点拨** 克拉伯龙方程的公式为  $pV = nRT$ , 其中  $p$  是压强 (Pa)、 $V$  是体积 ( $\text{m}^3$ )、 $n$  是物质的量 (mol)、 $T$  是温度 (K)、 $R$  是一个常数, 只适用于理想气体。

方法总结 漏气问题的解题要点

容器漏气过程中气体的质量不断发生变化, 选容器内剩余气体和漏出气体整体为研究对象, 这样就把变质量问题转化为了定质量问题。

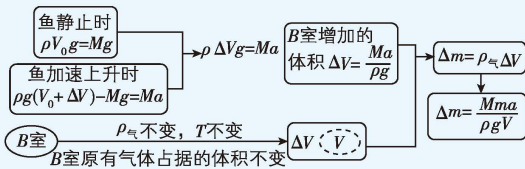
专题3 双汽缸问题

刷难关

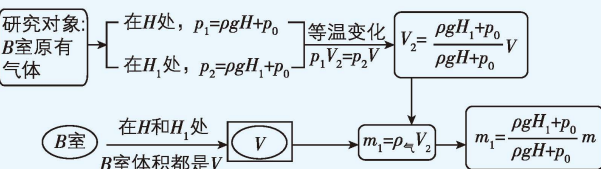
**1. C** 【解析】左、右汽缸内径之比为  $1 : \sqrt{2}$ , 则横截面积之比为  $1 : 2$ , 设活塞 A 面积为  $S$ , 初始状态缸内气体压强为  $p$ , 金属杆上的拉力为  $F$ , 对活塞 A, 有  $pS = p_0S + F$ , 对活塞 B, 有  $p \cdot 2S = p_0 \cdot 2S + F$ , 联立解得  $p = p_0$ ,  $F = 0$ , 因此初始状态连接两活塞的金属杆既不受拉力, 也不受压力, **A 错误**; 升温过程中封闭气体发生等压膨胀, 直至活塞 A 右移至缸底, 设活塞 A 移动距离为  $L$ , 此时对应的温度为  $T_1$ , 由盖-吕萨克定律有  $\frac{L \cdot 2S + LS}{300 \text{ K}} = \frac{2L \cdot 2S}{T_1}$ , 解得  $T_1 = 400 \text{ K}$ , 所以当温度  $T \leq T_1 = 400 \text{ K}$  时, 内部气体压强等于  $p_0$ , **B 错误, C 正确**; 当温度  $T_2 = 600 \text{ K} > T_1 = 400 \text{ K}$  时, 活塞已无法移动, 被密封气体的体积保持不变, 由查理定律有  $\frac{p_0}{T_1} = \frac{p'}{T_2}$ , 解得  $p' = 1.5p_0$ , **D 错误**。

2. D

**思路导引** 求从 A 室充入 B 室的气体质量的过程如图所示:



求鱼静止于水面下  $H_1$  处时, B 室内气体质量的变化过程如图所示:



**【解析】** 鱼静止在水面下  $H$  处, 设鱼的体积为  $V_0$ , 受力平衡, 则此时鱼所受的浮力等于自身的重力, 即  $Mg = \rho g V_0$ , **A 正确**; 设当鱼获得大小为  $a$  的加速度时, B 室体积增加  $\Delta V$ , 根据牛顿第二定律可得  $\rho g (V_0 + \Delta V) - Mg = Ma$ , 设 B 室内的气体密度为  $\rho_{\text{气}}$ , 则有  $m = \rho_{\text{气}} V$ , 又  $\Delta m = \rho_{\text{气}} \Delta V$ , 联立解得  $\Delta m = \frac{Mma}{\rho V g}$ , **B**

**正确**; 由题知, 开始时鱼静止在水面下  $H$  处, B 室内气体体积为  $V$ , 质量为  $m$ , 且此时 B 室内的压强为  $p_1 = \rho g H + p_0$ , 鱼静止于水面下  $H_1$  处时, 因为浮力不变, 所以此时 B 室的体积仍为  $V$ , 又  $p_2 = \rho g H_1 + p_0$ , 由于鱼鳔内气体温度不变, 根据玻意耳定律有  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ , 解得  $V_2 = \frac{\rho g H_1 + p_0}{\rho g H + p_0} V$ , 此时 B 室内气体质量  $m_1 = \rho_{\text{气}} V_2$ , 联立可得  $m_1 = \frac{\rho g H_1 + p_0}{\rho g H + p_0} m$ , **C 正确, D 错误**. 本题选说法不正确的, 故选 D。

**3. D** 【解析】设初始时缸内气体的压强为  $p$ , 则两活塞受力平衡, 有  $p_0 \cdot 2S + 3mg + pS = p_0S + p \cdot 2S$ , 解得  $p = p_0 + \frac{3mg}{S}$ , **A 错误**;

**突破点:** 对两活塞整体受力分析时, 杆对活塞的作用力为内力

对活塞 B 受力分析, 有  $pS + mg = p_0S + F$ , 解得  $F = 4mg$ , **B 错误**;

若汽缸内密封气体温度缓慢降低到  $\frac{5T_0}{6}$ , 气体发生等压变化, 有  $\frac{L \cdot 2S + LS}{T_0} = \frac{V}{\frac{5T_0}{6}}$ , 解得  $V = \frac{5LS}{2}$ , 设两活塞向下移动的距离为  $x$ , 有  $V = \frac{5LS}{2} = (L - x) \cdot 2S + (L + x)S$ , 解得  $x = \frac{L}{2}$ , **C 错误**;

若汽缸内密封气体温度缓慢升高到  $\frac{7T_0}{6}$ , 气体发生等压变化, 有  $\frac{L \cdot 2S + LS}{T_0} = \frac{V'}{\frac{7T_0}{6}}$ , 解得  $V' = \frac{7LS}{2}$ , 缸内气体等压膨胀对外做功

$$\text{为 } W = p \left( \frac{7LS}{2} - 3LS \right) = \frac{p_0SL + 3mgL}{2}, \text{ D 正确.}$$

$$4. (1) \frac{p_0 S}{g} \quad (2) \frac{8p_0 S}{3H}$$

**【解析】** (1) 设活塞 P 稳定时汽缸 A 中气体的压强为  $p_1$ . 初始稳定时, 对活塞 P, 有  $mg + p_0S = p_1S$ ,

$$\text{由玻意耳定律可知 } p_0HS = \frac{1}{2} p_1HS,$$

$$\text{解得 } p_1 = 2p_0, m = \frac{p_0 S}{g}.$$

(2) 设打开阀门后, 活塞 Q 移动的距离为  $x$ . 由玻意耳定律可知  $\frac{p_1HS}{2} + \frac{p_0HS}{4} = p_1 \left( \frac{H}{4} + x \right) S$ ,

$$\text{最终稳定时, 对活塞 Q, 有 } kx + p_0S = p_1S, \text{ 解得 } k = \frac{8p_0 S}{3H}.$$

$$5. (1) 337.5 \text{ K} \quad \frac{2}{3} p_0 \quad (2) 15 \text{ cm} \quad (3) 3\,500 \text{ cm}^3$$

**【解析】** (1) 阀门 K 关闭时, 对 A 内气体加热, 温度升高, 气体

压强不变,为等压变化,对于A内气体,初态  $V_A = aS_A$ ,  $T_0 =$

300 K,末态  $V_{A1} = \left(a + \frac{1}{2}b\right)S_A$ ,温度为  $T_A$ ,

由盖-吕萨克定律有  $\frac{V_A}{T_0} = \frac{V_{A1}}{T_A}$ ,解得  $T_A = 337.5$  K,

以两活塞整体为研究对象,根据受力平衡得

$$p_A S_A - p_0 S_A + p_0 S_B = 0,$$

$$\text{解得 } p_A = \frac{2}{3} p_0.$$

(2) 足够长时间后气体的温度与外界相等,则  $T = (273 + 27)$  K = 300 K,左侧活塞到汽缸A底部的距离  $\Delta x$ ,则气体的总体积  $V = \Delta x S_A + (a + b - \Delta x) S_B$ ,

以两活塞整体为研究对象,根据受力平衡得

$$p S_A - p_0 S_A + p_0 S_B - p S_B = 0,$$

$$\text{解得 } p = p_0,$$

$$\text{根据 } \frac{p_A V_{A1}}{T_A} = \frac{p V}{T}, \text{解得 } \Delta x = 15 \text{ cm}.$$

(3) 当活塞回到原来的位置时,对右侧气体,由玻意耳定律有  $p(a + b - \Delta x) S_B = p_{B2} b S_B$ ,

$$\text{解得 } p_{B2} = 3.5 p_0,$$

以两活塞整体为研究对象,根据受力平衡得

$$p_{A2} S_A - p_0 S_A + p_0 S_B - p_{B2} S_B = 0,$$

$$\text{解得 } p_{A2} = \frac{11}{6} p_0,$$

对左侧气体,由玻意耳定律有  $p_{A2} a S_A = p \Delta x S_A + 2 p_0 \Delta V$ ,

$$\text{解得 } \Delta V = 3\,500 \text{ cm}^3.$$

## 第4节 固体

### 刷基础

1. A 【解析】天上飘下的雪花是由水蒸气凝华形成的,属于晶体,故 A 正确;晶体有固定的熔点,非晶体没有固定的熔点,故 B 错误;判断物体是否是晶体,不是看物体的形态,而是看有无确定的熔点,金属没有规则外形,但有固定的熔点,属于晶体,玻璃可以划成若干个正方体,但没有固定的熔点,属于非晶体,故 C、D 错误。

**关键点拨** (1) 晶体和非晶体的区别主要表现在有无确定的熔点,而不是是否有规则的几何形状,单晶体有规则的几何形状,但多晶体和非晶体都没有规则的几何形状。(2) 有的物质在不同条件下能够形成不同的晶体,同一物质可能以晶体和非晶体两种不同的形态出现,有些非晶体在一定条件下可以转化为晶体。

2. D 【解析】由题图 1 可知,甲、乙表现为各向同性,丙表现为各向异性;由题图 2 可知,甲、丙有固定熔点,乙无固定熔点,所以甲、丙为晶体,乙为非晶体,其中甲可能为多晶体,也可能为单晶体,丙为单晶体, D 正确。

易错点: 题图 1 只能说明甲的导热性表现为各向同性,但不能说明甲在其他性质方面也表现为各向同性

3. C 【解析】单晶体具有规则的几何外形、固定的熔点和各向

异性等特点;多晶体具有固定熔点,没有规则的几何外形,表现为各向同性;非晶体没有规则的几何外形,没有固定熔点,表现为各向同性。天然石英有规则的几何外形及固定的熔点,是单晶体;而石英玻璃是天然石英熔化后再凝固而成,没有规则的几何外形和固定熔点,属于非晶体,所以天然石英是

易错点: 单晶体有规则的几何外形,而多晶体和非晶体没有晶体,石英玻璃是非晶体, C 选项符合题意。故 C 正确。

**关键点拨** 晶体在熔化过程中,温度不变,温度是分子平均动能的标志,故分子平均动能不变;但是因为要破坏晶体的空间点阵结构,分子势能增大,内能增大。

4. B 【解析】根据题图可知,黑磷的微观结构呈现空间上规则排列,具有空间上的周期性,属于晶体材料,因而黑磷具有固定的熔点,熔化过程中温度不变, A 错误, B 正确;组成物质的分子总是在做无规则热运动, C 错误;黑磷具有各向异性,但不一定体现在导热性上, D 错误。

5. B 【解析】题图甲中,晶体中沿不同的方向上微粒排列的情况不同,故晶体在不同的方向上会表现出不同的物理性质, A 正确;题图乙为石墨的微观结构, B 错误;题图丙为食盐晶体的点阵结构,晶体的许多特性都与点阵结构有关, C 正确;题图丁为雪花的微观结构,雪花有规则的几何形状,是晶体,当雪花化成水后,具有流动性,是液体而不再是固体, D 正确。本题

关键点: 固体可分为晶体和非晶体两类

选不正确的,故选 B。

### 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。

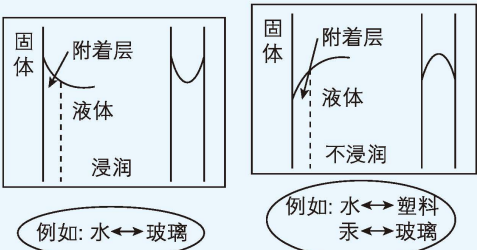


刷基础

1. C 【解析】题图甲中的液体表面层分子间作用力表现为引力,所以分子间的距离大于平衡距离,故 A 错误;题图甲中的液体表面层分子间的距离大于液体内部分子间的平均距离,导致表面层内分子之间的分子力表现为引力,宏观上产生表面张力,故 B 错误;结合上述可知,表面张力表现为引力,可知题图乙中液体表面张力方向垂直于分界面 MN,即与液面相切,故 C 正确,D 错误.
- 易错点: 液体表面张力方向垂直于分界面
2. D 【解析】薄膜中分子间的距离比液体内部大一些,分子间的相互作用表现为引力,方向与液面相切,产生收缩效果;用烧热的针刺破 a 侧的薄膜, b 侧的薄膜将使 b 的面积趋于最小,故 D 正确.
3. B 【解析】水能从盛水容器通过棉线到盆栽,说明水浸润棉线,故 A 错误;该装置通过棉线把水从低处引到高处,利用了毛细现象,故 B 正确;棉线与水接触的附着层内,由于棉线分子对水分子的吸引力,水分子比较密集,水分子间的作用力表现为斥力,故 C 错误;在完全失重的环境下,分子间作用力仍然存在,毛细现象更明显,该装置仍会对盆栽浇水,故 D 错误.
4. A

模型构建

浸润与不浸润的示意图如图所示.



【解析】水处于完全失重状态,由于水对玻璃的浸润性,在表面张力的作用下,水应该吸附在容器的内表面呈现 A 的形状,故 A 正确,B、C、D 错误.

5. D 【解析】液晶是介于晶体和液体之间的中间状态,既具有液体的流动性又具有晶体光学性质的各向异性,A、B 错误.不通电时,即在自然条件下,液晶层中的液晶分子无规则排列,入射光在液晶层发生了漫反射,穿过玻璃的光线少,所以像毛玻璃,不透明;通电时,液晶分子迅速从无规则排列变为有规则排列,入射光在通过液晶层后按原方向传播,C 错误,D 正确.

关键点拨 液晶在光照、温度、电场等外界作用下,光学性质可能发生改变.

刷易错

- ★易错点 混淆浸润和不浸润液体附着层内分子间距和分子力
6. A 【解析】附着层内液体分子间距离大于  $r_0$  时,分子间作用力表现为引力,附着层有收缩的趋势,即为不浸润现象,A 正确.

易错分析 浸润:附着层内的液体分子受固体分子引力比液体分子间引力强,部分液体分子进入附着层,使附着层液体分子密集,附着层内液体分子间距小于分子间的平衡距离  $r_0$ ,附着层内分子力表现为斥力,附着层有扩展趋势,表现为液体浸润固体.

不浸润:附着层内的液体分子受固体分子引力较弱,附着层中的部分液体分子进入液体内部,从而使附着层液体分子比液体内部分子稀疏,附着层内液体分子间距大于分子的平衡距离  $r_0$ ,附着层内分子力表现为引力,附着层有收缩趋势,表现为液体不浸润固体.

第三章 热力学定律

第1节 功、热和内能的改变

刷基础

1. C 【解析】焦耳通过多次实验,最后得到的结论是:在各种不同的绝热过程中,系统状态的改变与做功方式无关,仅与做功数量有关,C 正确.
- 教材变式 本题由教材 P47 图 3.1-1 演变而来,教材展示了焦耳的实验过程,本题延伸考查了系统状态的改变与什么因素有关.
2. B 【解析】0℃ 的冰块熔化成 0℃ 的水,温度不变,但吸收热量,内能增大,故 A 错误;手机连续使用较长时间后发烫,温度升高,内能增大,故 B 正确;内能与物体宏观的机械能无关,故 C、D 错误.

3. A 【解析】由于起始时铁的温度比钨锅的温度低,故在热传递的过程中,铁从钨锅吸收热量,故 A 正确;达到热平衡时,钨锅的温度和铁的温度相同,故 B 错误;达到热平衡时,根据能量守恒定律可知,钨锅内能的减少量等于铁内能的增加量,故 C、D 错误.

4. B 【解析】高压气体膨胀对外做功,气体内能转化为礼花的机械能,气体内能减少,温度降低,分子热运动变慢,故 A、C 错误,B 正确;气体对外做功,内能减少,这是通过做功的方式改变自身的内能,故 D 错误.

5. 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,部分气体排出,灯内气体质量减小,因而灯内空气的密度变小,孔明灯重力减小,而浮力不

突破点: 孔明灯体积变化可忽略不计