

2. 两种微观模型

(1) 球体模型(适用于固体、液体)：一个分子的体积 $V_0 = \pi(d)^3 = \pi d^3$ ， d 为分子的直径.

(2) 立方体模型(适用于气体)：一个分子占据的平均空间 $V_0 = d^3$ ， d 为分子间的距离.

3. 阿伏加德罗常数是联系宏观与微观的桥梁，计算时要注意抓住与其相关的三个量：摩尔质量、摩尔体积和物质的量.

4. 固体和液体

(1) 晶体和非晶体

比较	晶体		非晶体
	单晶体	多晶体	
形状	规则	不规则	不规则
熔点	固定	固定	不固定
特性	各向异性	各向同性	各向同性

(2) 液晶的性质

液晶是一种特殊的物质，既可以流动，又可以表现出单晶体的分子排列特点，在光学、电学物理性质上表现出各向异性.

(3) 液体的表面张力

使液体表面有收缩到球形的趋势，表面张力的方向跟液面相切.

(4) 饱和汽压的特点

液体的饱和汽压与温度有关，温度越高，饱和汽压越大，且饱和汽压与饱和汽的体积无关.

(5) 相对湿度

某温度时空气中水蒸气的压强与同一温度时水的饱和汽压的百分比. 即： $B = \frac{p}{p_s} \times 100\%$.

典例剖析

例1 下列说法正确的是()

- A.随着科学技术的不断进步,总有一天能实现热量自发地从低温物体传到高温物体
- B.气体压强的大小跟气体分子的平均动能、分子的密集程度这两个因素有关
- C.不具有规则几何形状的物体一定不是晶体
- D.空气相对湿度越大时,空气中水蒸气压强越接近饱和汽压,水蒸发越慢
- E.温度一定时,悬浮在液体中的固体颗粒越小,布朗运动越明显

解析 根据热力学第二定律知,热量不可能自发地从低温物体传到高温物体,故 A 错误;气体压强的大小跟气体分子的平均动能和分子的密集程度有关,故 B 正确;多晶体也没有规则的几何形状,故 C 错误;相对湿度为空气中水蒸气的压强与相同温度下水的饱和汽压的百分比;在一定气温条件下,大气中相对湿度越大,空气中水蒸气压强越接近饱和汽压,水蒸发越慢,故 D 正确;温度一定时,悬浮在液体中的固体颗粒越小,同一时刻撞击颗粒的液体分子数越少,冲力越不平衡,布朗运动越明显,故 E 正确.故选 B、D、E.

答案 BDE

【变式训练】

1.下列说法正确的是()

- A.一定质量的理想气体,在体积不变时,分子每秒与器壁平均碰撞次数随着温度降低而减小
- B.晶体熔化时吸收热量,分子平均动能一定增大
- C.空调既能制热又能制冷,说明热量可以从低温物体向高温物体传递
- D.外界对气体做功时,其内能一定会增大
- E.生产半导体器件时,需要在纯净的半导体材料中掺入其他元素,可以在高温条件下利用分子的扩散来完成

答案 ACE

解析 气体的压强是由大量分子对器壁的碰撞而产生的,它包含两方面的原因:分子每秒对器壁单位面积平均碰撞次数和每一次的平均撞击力.气体的温度降低时,分子的平均动能减小,故在体积不变时,分子每秒对器壁单位面积平均碰撞次数随着温度降低而减小,故 A 正确;晶体有固定的熔点,故晶体熔化时温度不变,故分子平均动能一定不变,故 B 错误;根据热力学第二定律知热量只能够自发地从高温物体传到低温物体,但也可以通过热机做功实现从低温物体传到高温物体,空调的工作过程表明热量可以从低温物体向高温物体传递,故 C 正确;根据热力学第一定律可知,当外界对气体做功的同时对外放热,其内能可能增大、减小或不变,故 D 错误;生产半导体器件掺入其他元素,可以在高温条件下利用分子的扩散来完成,故 E 正确.故选 A、C、E.

2.根据分子动理论、温度和内能的基本观点,下列说法正确的是()

- A.布朗运动是液体分子的运动,它说明分子永不停息地做无规则运动
- B.温度高的物体内能不一定大,但分子平均动能一定大

- C.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，用来表征所具有的“共同热学性质”的物理量叫做温度
- D.当分子间距等于 r_0 时，分子间的引力和斥力都为零
- E.两个分子间的距离为 r_0 时，分子势能最小

答案 BCE

解析 布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的运动，它说明液体分子永不停息地做无规则运动，故 A 错误；温度高的物体的内能不一定大，还与体积、分子数有关，但分子的平均动能一定大，故 B 正确；热平衡表示没有热量交换，而没有热量交换表示两者的温度是一样的，故 C 正确；当分子间距等于 r_0 时，分子间的引力和斥力相等，合力为零，故 D 错误；当两个分子间的距离为 r_0 时，分子力为零，由此位置距离减小，分子力表现为斥力，做负功，分子势能增大；若距离增大，则分子力表现为引力，也做负功，分子势能也增大，故平衡位置分子势能最小，故 E 正确。故选 B、C、E。

3.下列说法中正确的是()

- A.晶体一定具有各向异性，非晶体一定具有各向同性
- B.内能不同的物体，它们分子热运动的平均动能可能相同
- C.液晶既像液体一样具有流动性，又跟某些晶体一样具有光学性质的各向异性
- D.随着分子间距离的增大，分子间作用力减小，分子势能也减小
- E.当附着层中液体分子比液体内部稀疏时，液体与固体之间就表现为不浸润现象

答案 BCE

解析 只有单晶体具有各向异性，而多晶体是各向同性的，故 A 错误；内能与物体的温度、体积、分子数等因素有关，内能不同，温度可能相同，则分子热运动的平均动能可能相同，故 B 正确；液晶即液态晶体，既像液体一样具有流动性，又跟某些晶体一样具有光学性质的各向异性，故 C 正确；随着分子间距离的增大，分子势能不一定减小，当分子力表现为引力时，分子力做负功，分子势能增大，故 D 错误；当附着层中液体分子比液体内部稀疏时，附着层内的分子之间的作用力表现为引力，液体与固体之间就表现为不浸润现象，故 E 正确。故选 B、C、E。

4.下列关于分子运动和热现象的说法正确的是()

- A.一定质量气体的内能等于其所有分子热运动动能和分子势能的总和
- B.一定量 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 的水变成 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 的水蒸气，其分子之间的势能增加
- C.气体如果失去了容器的约束就会散开，这主要是因为气体分子之间存在势能的缘故
- D.如果气体分子总数不变，而气体温度升高，气体分子的平均动能增大，因此压强必然增大
- E.饱和汽压随温度的升高而增大，与体积无关

答案 ABE

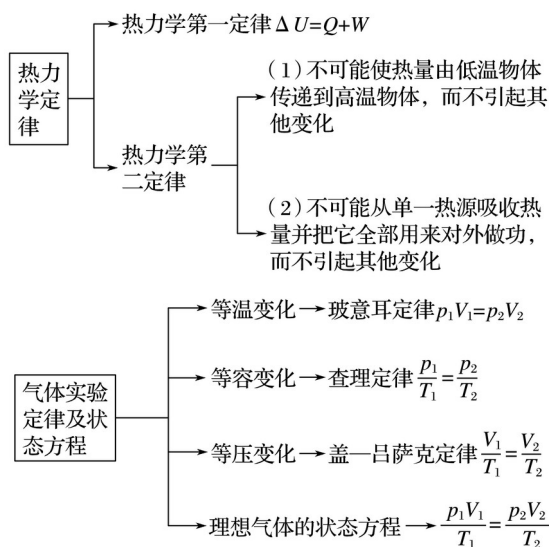
解析 内能包括分子动能和分子势能；故一定质量气体的内能等于其所有分子热运动动能和分

子之间势能的总和，故 A 正确；一定量 100 °C 的水变成 100 °C 的水蒸气，温度不变，所以水的分子动能不变，在此过程中吸收的热量增大了分子势能，所以其分子之间的势能增加，故 B 正确；气体如果失去了容器的约束就会散开，是因为分子间距较大，相互的作用力很微弱，而且分子永不停息地做无规则运动，所以气体分子可以自由扩散，故 C 错误；如果气体分子总数不变，而气体温度升高，气体分子的平均动能增大，但是若体积同时增大，则单位时间碰撞到单位面积上的分子数可能减少，压强不一定增大，故 D 错误；饱和汽压与温度有关，随温度的升高而增大，与体积无关，故 E 正确。故选 A、B、E。

考题二 气体实验定律的应用

知识精讲

1. 热力学定律与气体实验定律知识结构



2. 应用气体实验定律的三个重点环节：

- (1) 正确选择研究对象：对于变质量问题要保证研究质量不变的部分；对于多部分气体问题，要各部分独立研究，各部分之间一般通过压强找联系。
- (2) 列出各状态的参量：气体在初、末状态，往往会有两个(或三个)参量发生变化，把这些状态参量罗列出来会比较准确、快速的找到规律。
- (3) 认清变化过程：准确分析变化过程以便正确选用气体实验定律。

典例剖析

例 2 如图 1 所示，用一个绝热活塞将绝热容器平均分成 A、B 两部分，用控制阀 K 固定活塞，开始时 A、B 两部分气体的温度都是 20 °C，压强都是 1.0×10^5 Pa，保持 A 体积不变，给电热丝通电，使气体 A 的温度升高到 60 °C，求：

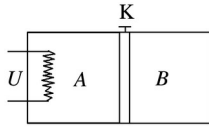


图 1

(1) 气体 A 的压强是多少？

(2) 保持气体 A 的温度不变，拔出控制阀 K，活塞将向右移动压缩气体 B，平衡后气体 B 的体积被压缩 0.05 倍，气体 B 的温度是多少？

解析 (1) 对 A 部分气体，在加热的过程中发生等容变化，根据查理定律可得：

=

解得： $p_1 = \dots$ Pa

$\approx 1.14 \times 10^5$ Pa

(2) 拔出控制阀 K，活塞将向右移动压缩气体 B。平衡后，气体 A 发生等温变化

根据玻意耳定律有： $p_1 V = p_2 (V + 0.05 V)$

气体 B 的压缩过程，根据理想气体状态方程有：

=

根据活塞受力平衡有： $p_2 = p_2'$

代入数据联立解得：

$T_2 \approx 302.2$ K，即 $t_2 = T_2 - 273 = 29.2$ °C

答案 (1) 1.14×10^5 Pa (2) 29.2 °C

【变式训练】

5. 一定质量的理想气体体积 V 与热力学温度 T 的关系图象如图 2 所示，气体在状态 A 时的压强 $p_A = p_0$ ，温度 $T_A = T_0$ ，线段 AB 与 V 轴平行，BC 的延长线过原点。求：

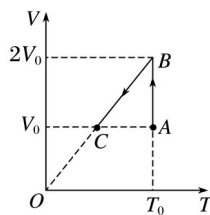


图 2

(1) 气体在状态 B 时的压强 p_B ；

(2) 气体从状态 A 变化到状态 B 的过程中，对外界做的功为 10 J，该过程中气体吸收的热量是多少；

(3) 气体在状态 C 时的压强 p_C 和温度 T_C 。

答案 (1) p_0 (2) 10 J (3) p_0 T_0

解析 (1) $A \rightarrow B$ ：等温变化 $p_0 V_0 = p_B \times 2V_0$ ，

解得 $p_B = p_0$

$$(2) A \rightarrow B : \Delta U = 0$$

$$\Delta U = Q + W$$

$$Q = -W = 10 \text{ J}$$

$$(3) B \rightarrow C : \text{等压变化}, p_C = p_B = p_0$$

=

$$T_C = T_0$$

6.如图3所示,两端封闭的U型细玻璃管竖直放置,管内水银封闭了两段空气柱,初始时空气柱长度分别为 $l_1 = 10 \text{ cm}$ 、 $l_2 = 16 \text{ cm}$,两管液面高度差为 $h = 6 \text{ cm}$,气体温度均为 27°C ,右管气体压强为 $p_2 = 76 \text{ cmHg}$,热力学温度与摄氏温度的关系为 $T = t + 273 \text{ K}$,空气可视为理想气体.求:(结果保留到小数点后一位数字)

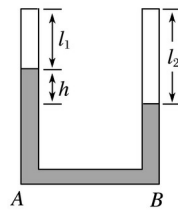


图3

- (1)若保持两管气体温度不变,将装置以底边 AB 为轴缓慢转动 90° ,求右管内空气柱的最终长度;
- (2)若保持右管气体温度不变,缓慢升高左管气体温度,求两边气体体积相同时,右管内气体的压强.

答案 (1)16.5 cm (2)93.5 cmHg

解析 (1)设左侧液面上升 x ,由玻意耳定律得:

$$\text{左侧气体: } p_1 V_1 = p_1' V_1', 70 \times 10S = p_1' \times (10 - x)S$$

$$\text{右侧气体: } p_2 V_2 = p_2' V_2', 76 \times 16S = p_2' \times (16 + x)S$$

$$p_1' = p_2', \text{由以上两式联立求解得: } x \approx 0.5 \text{ cm}$$

右管内空气柱最终长度 $l_2' = 16.5 \text{ cm}$

(2)右侧气体发生的是等温变化,由玻意耳定律得:

$$p_2 V_2 = p_3 V_3, 76 \times 16S = p_3 \times 13S$$

$$\text{解得: } p_3 \approx 93.5 \text{ cmHg}$$

7.如图4所示,竖直放置的导热汽缸内用活塞封闭着一定质量的理想气体,活塞的质量为 m ,横截面积为 S ,缸内气体高度为 $2h$.现在活塞上缓慢添加砂粒,直至缸内气体的高度变为 h .然后再对汽缸缓慢加热,让活塞恰好回到原来位置.已知大气压强为 p_0 ,大气温度为 T_0 ,重力加速度为 g ,不计活塞与汽缸壁间摩擦.求:

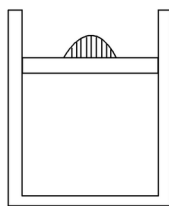


图 4

- (1)所添加砂粒的总质量；
 (2)活塞返回至原来位置时缸内气体的温度.

答案 (1) $m +$ (2) $2T_0$

解析 (1)设添加砂粒的总质量为 m_0 ，最初气体压强为 $p_1 = p_0 +$

添加砂粒后气体压强为 $p_2 = p_0 +$

该过程为等温变化，有 $p_1 S \cdot 2h = p_2 S \cdot h$

解得 $m_0 = m +$

(2)设活塞回到原来位置时气体温度为 T_1 ，该过程为等压变化，有

=

解得 $T_1 = 2T_0$

8.如图 5 所示，一竖直放置的、长为 L 的细管下端封闭，上端与大气(视为理想气体)相通，初始时管内气体温度为 T_1 .现用一段水银柱从管口开始注入管内将气柱封闭，该过程中气体温度保持不变且没有气体漏出，平衡后管内上下两部分气柱长度比为 1:3.若将管内下部气体温度降至 T_2 ，在保持温度不变的条件将管倒置，平衡后水银柱下端与管下端刚好平齐(没有水银漏出).已知 $T_1 = T_2$ ，大气压强为 p_0 ，重力加速度为 g .求水银柱的长度 h 和水银的密度 ρ .

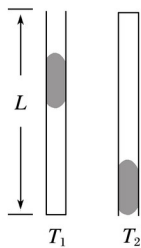


图 5

答案 L

解析 设管内截面面积为 S ，初始时气体压强为 p_0 ，体积为 $V_0 = LS$

注入水银后下部气体压强为 $p_1 = p_0 + \rho gh$

体积为 $V_1 = (L - h)S$

由玻意耳定律有：

$$p_0 LS = (p_0 + \rho gh) \times (L - h)S$$

将管倒置后，管内气体压强为 $p_2 = p_0 - \rho gh$

体积为 $V_2 = (L - h)S$

由理想气体状态方程有：

=

解得： $h = L$ ，

$\rho =$

考题三 热力学第一定律与气体实验定律的组合

■ 知识精讲

1. 应用气体实验定律的解题思路

- (1) 选择对象——即某一定质量的理想气体；
- (2) 找出参量——气体在始末状态的参量 p_1 、 V_1 、 T_1 及 p_2 、 V_2 、 T_2 ；
- (3) 认识过程——认清变化过程是正确选用物理规律的前提；
- (4) 列出方程——选用某一实验定律或气态方程，代入具体数值求解，并讨论结果的合理性。

2. 牢记以下几个结论

- (1) 热量不能自发地由低温物体传递给高温物体；
- (2) 气体压强是由气体分子频繁地碰撞器壁产生的，压强大小与分子热运动的剧烈程度和分子密集程度有关；
- (3) 做功和热传递都可以改变物体的内能，理想气体的内能只与温度有关；
- (4) 温度变化时，意味着物体内分子的平均动能随之变化，并非物体内每个分子的动能都随之发生同样的变化。

3. 对热力学第一定律的考查有定性判断和定量计算两种方式

- (1) 定性判断. 利用题中的条件和符号法则对 W 、 Q 、 ΔU 中的其中两个量做出准确的符号判断，然后利用 $\Delta U = W + Q$ 对第三个量做出判断。
- (2) 定量计算. 一般计算等压变化过程的功，即 $W = p \cdot \Delta V$ ，然后结合其他条件，利用 $\Delta U = W + Q$ 进行相关计算。
- (3) 注意符号正负的规定. 若研究对象为气体，对气体做功的正负由气体体积的变化决定. 气体体积增大，气体对外界做功， $W < 0$ ；气体的体积减小，外界对气体做功， $W > 0$ 。

■ 典例剖析

例3 (1)关于热力学第二定律，下列说法正确的是()

- A. 热量能够自发地从高温物体传到低温物体
- B. 不可能使热量从低温物体传向高温物体
- C. 第二类永动机违背了热力学第二定律

D.可以从单一热源吸收热量并使之完全变成功

E.功转化为热的实际宏观过程是可逆过程

(2)如图 6 所示,一个绝热的汽缸竖直放置,内有一个绝热且光滑的活塞,中间有一个固定的导热性良好的隔板,隔板将汽缸分成两部分,分别密封着两部分理想气体 A 和 B.活塞的质量为 m ,横截面积为 S ,与隔板相距 h .现通过电热丝缓慢加热气体,当 A 气体吸收热量 Q 时,活塞上升了 h ,此时气体的温度为 T_1 .已知大气压强为 p_0 ,重力加速度为 g .

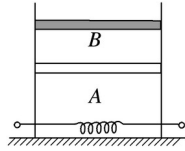


图 6

① 加热过程中,若 A 气体内能增加了 ΔE_1 ,求 B 气体内能增加量 ΔE_2 ;

② 现停止对气体加热,同时在活塞上缓慢添加砂粒,当活塞恰好回到原来的位置时 A 气体的温度为 T_2 .求此时添加砂粒的总质量 Δm .

[思维规范流程] (1)热力学第二定律表明热传递具有方向性,热量能够自发地从高温物体传到低温物体,故 A 正确;热量可以在一定的条件下从低温物体传向高温物体,故 B 错误;第二类永动机不违背能量守恒定律,但违背了热力学第二定律,故 C 正确;根据热力学第二定律:不可能从单一热源吸取热量,使之完全变为有用功而不产生其他影响.可知在外界的作用下,从单一热库吸收热量,可以使之完全变成功,故 D 正确;功转化为热的过程可以自发地进行,而热转化为功的过程要在一定的条件下才能进行,即功转变为热的实际宏观过程是不可逆过程,故 E 错误.

(2)① B 气体对外做功

$$W = pSh = (p_0S + mg)h \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{由热力学第一定律得 } \Delta E_1 + \Delta E_2 = Q - W \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } \Delta E_2 = Q - (mg + p_0S)h - \Delta E_1 \quad (2 \text{ 分})$$

② B 气体的初状态 $p_1 = p_0 +$

$$V_1 = 2hS \quad T_1 \quad (2 \text{ 分})$$

B 气体的末状态 $p_2 = p_0 +$

$$V_2 = hS \quad T_2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{由气态方程} = \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } \Delta m = (-1)(+m) \quad (1 \text{ 分})$$

【变式训练】

9.(1)关于分子力,下列说法中正确的是()

A.碎玻璃不能拼合在一起,说明分子间斥力起作用

B.将两块铅压紧以后能连成一块,说明分子间存在引力

- C.水和酒精混合后的体积小于原来体积之和，说明分子间存在引力
 D.固体很难被拉伸，也很难被压缩，说明分子间既有引力又有斥力
 E.分子间的引力和斥力同时存在，都随分子间距离的增大而减小

(2)如图 7，一定质量的理想气体被活塞封闭在竖直放置的绝热汽缸内，活塞质量为 30 kg、横截面积 $S = 100 \text{ cm}^2$ ，活塞与汽缸间连着自然长度 $L = 50 \text{ cm}$ 、劲度系数 $k = 500 \text{ N/m}$ 的轻弹簧，活塞可沿汽缸壁无摩擦自由移动.初始时刻，汽缸内气体温度 $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ，活塞距汽缸底部 40 cm.现对汽缸内气体缓慢加热，使活塞上升 30 cm.已知外界大气压 $p_0 = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ， $g = 10 \text{ m/s}^2$.求：汽缸内气体达到的温度.

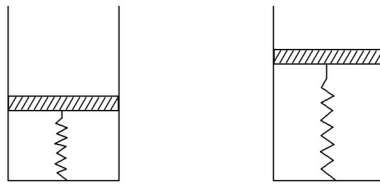


图 7

答案 (1)BDE (2) $T_2 = 588 \text{ K}$ 或 $t_2 = 315 \text{ }^\circ\text{C}$

解析 (1)分子间作用力发生作用的距离很小，碎片间的距离远大于分子力作用距离，因此打碎的玻璃不易拼合在一起，这不能说明是分子斥力的作用，故 A 错误；将两块铅压紧以后能连成一块，说明分子间存在引力，故 B 正确；扩散现象证明了分子不停地做无规则运动，不能证明分子间存在引力，故 C 错误；固体很难拉伸，也很难被压缩，说明分子间既有引力又有斥力，故 D 正确；分子间的引力和斥力总是同时存在，都随分子间距离的增大而减小，故 E 正确.

(2)开始时，弹簧压缩的长度为： $\Delta l_1 = 0.1 \text{ m}$

$$p_1 = p_0 +$$

$$V_1 = 0.01 \times 0.4 \text{ m}^3 = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

对汽缸内气体缓慢加热后，弹簧伸长的长度为

$$\Delta l_2 = 0.2 \text{ m}$$

$$p_2 = p_0 +$$

$$V_2 = 0.01 \times 0.7 \text{ m}^3 = 7 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T_2 = ?$$

理想气体状态方程： $pV = nRT$

联立以上各式并代入数据，解得：

$$T_2 = 588 \text{ K} \text{ 或 } t_2 = 315 \text{ }^\circ\text{C}$$

10.(1)下列说法正确的是()

A.为了增加物体的内能，必须对物体做功或向它传递热量

- B.物体温度升高，物体内所有分子运动的速率均增加
- C.热量能够自发地从高温物体传递到低温物体，但不能自发地从低温物体传递到高温物体
- D.当分子间的距离增大时，分子之间的引力和斥力均同时减小，而分子势能一定增大
- E.生产半导体器件时，需要在纯净的半导体材料中掺入其他元素，可以在高温条件下利用分子的扩散来完成

(2)已知竖直玻璃管总长为 h ，第一次向管内缓慢地添加一定量的水银，水银添加完成时，气柱长度变为 h ，第二次再取与第一次相同质量的水银缓慢地添加在管内，整个过程水银未溢出玻璃管，外界大气压强保持不变.

- ① 求第二次水银添加完时气柱的长度.
- ② 若第二次水银添加完后，把玻璃管在竖直面内以底部为轴缓慢地沿顺时针方向旋转 60° ，求此时气柱长度.(水银未溢出玻璃管)

答案 (1)ACE (2)① $0.6h$ ② $0.75h$

解析 (1)做功和热传递都可以改变物体的内能，为了增加物体的内能，必须对物体做功或向它传递热量，故 A 正确；温度是分子热运动平均动能的标志，物体温度升高，物体内分子热运动的平均动能增加，但不是每个分子的动能均增加，故 B 错误；热传递具有方向性，故热量能够自发地从高温物体传递到低温物体，但不能自发地从低温物体传递到高温物体，故 C 正确；当分子间的距离增大时，分子之间的引力和斥力均同时减小，但斥力减小的更快，分子力的合力可能表现为引力，也可能表现为斥力；若是引力，分子势能增加；若是斥力，分子势能减小；故 D 错误；温度越高，扩散越快；故生产半导体器件时，若需要在纯净的半导体材料中掺入其他元素，可以在高温条件下利用分子的扩散来完成，故 E 正确.故选 A、C、E.

(2)① 设开始时封闭气体压强为 p_0 ，每次添加的水银产生的压强为 p ，玻璃管的横截面积为 S ，气体发生等温变化，由玻意耳定律得： $p_0hS = (p_0 + p) \times h \times S$

设第二次水银添加完时空气柱长度为 h' ，由玻意耳定律得： $p_0hS = (p_0 + 2p)h'S$

联立解得： $h' = 0.6h$ ；

② 把玻璃管在竖直面内缓慢的沿顺时针方向旋转 60° 时气体压强： $p' = p_0 + 2p \sin 30^\circ$ ，

气体发生等温变化，由玻意耳定律得： $p_0hS = (p_0 + 2p \sin 30^\circ)h''S$ ，

联立解得： $h'' = 0.75h$.

11.(1)下列说法正确的是()

- A.分子质量不同的两种气体，温度相同时其分子平均动能相同
- B.一定质量的气体，在体积膨胀的过程中，内能一定减小
- C.布朗运动表明，悬浮微粒周围的液体分子在做无规则运动
- D.知道阿伏加德罗常数、气体的摩尔质量和密度就可以估算出气体分子的大小
- E.两个分子的间距从极近逐渐增大到 $10r_0$ 的过程中，它们的分子势能先减小后增大

(2)如图 8 所示,左右两个容器的侧壁都是绝热的、底部都是导热的、横截面积均为 S .左容器足够高,上端敞开,右容器上端由导热材料封闭.两个容器的下端由容积可忽略的细管连通.容器内两个绝热的活塞 A 、 B 下方封有氮气, B 上方封有氢气.大气的压强为 p_0 ,外部气温为 $T_0 = 273 \text{ K}$ 保持不变,两个活塞因自身重力对下方气体产生的附加压强均为 $0.1p_0$.系统平衡时,各气体柱的高度如图所示.现将系统的底部浸入恒温热水槽中,再次平衡时 A 上升了一定的高度.用外力将 A 缓慢推回第一次平衡时的位置并固定,第三次达到平衡后,氢气柱高度为 $0.8h$.氮气和氢气均可视为理想气体.求:

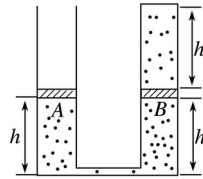


图 8

- ① 第二次平衡时氮气的体积;
② 水的温度.

答案 (1)ACE (2)① $2.7hS$ ② 368.55 K

解析 (1)温度是分子的平均动能的标志,两种气体温度相同,它们分子的平均动能一定相同,故 A 正确;根据热力学第一定律,一定质量的气体在体积膨胀的过程中,即对外做功的同时,若吸收热量,物体的内能可能增大、减小或不变,故 B 错误;由于液体分子对悬浮微粒无规则撞击,造成小微粒受到的冲力不平衡而引起小微粒的运动,故 C 正确;已知气体的密度,可以求出单位体积气体的质量,知道气体摩尔质量可以求出单位体积气体的物质的量,知道阿伏加德罗常数可以求出单位体积分子的个数,可以求出分子体积,求出分子间的平均距离,但无法求出其大小,故 D 错误;两个分子的间距从极近逐渐增大到 $10 r_0$ 的过程中,它们的分子势能先减小后增大,故 E 正确.故选 A、C、E.

(2)① 考虑氢气的等温过程,该过程的初态压强为 p_0 ,体积为 hS ,末态体积为 $0.8hS$,设末态的压强为 p ,由玻意耳定律: $p(0.8hS) = p_0hS$

解得: $p = 1.25p_0$

活塞 A 从最高点被第一次推回平衡位置的过程是等温过程,该过程的初态压强为 $1.1p_0$,体积为 V ,末态压强为 p' ,末态体积 V' ,

则: $p' = p + 0.1p_0 = 1.35p_0$, $V' = 2.2hS$

由玻意耳定律: $1.1p_0V = p'V'$

得: $V = 2.7hS$

② 活塞 A 从最初位置升到最高位置过程为等压过程,该过程的初态体积和温度分别为 $2hS$ 和 $T_0 = 273 \text{ K}$,末态体积为 $2.7hS$,

设末态温度为 T ,由盖—吕萨克定律: =

解得: $T = 368.55 \text{ K}$

12.(1)下列说法正确的是()

- A.在完全失重的情况下，密闭容器内的气体对器壁没有压强
- B.液体表面存在着张力是因为液体表面层分子间的距离大于液体内部分子间的距离
- C.温度相同的氢气和氧气，氢气分子和氧气分子的平均速率相同
- D.密闭在汽缸里的一定质量理想气体发生等压膨胀时，单位时间碰撞器壁单位面积的气体分子数一定减少
- E.影响蒸发快慢以及影响人们对干爽与潮湿感受的因素是空气中水蒸气的压强与同一温度下水的饱和汽压的比值

(2)如图 9 所示为一竖直放置、上粗下细且上端开口的薄壁玻璃管，上部和下部的横截面积之比为 2:1，上管足够长，下管长度 $l = 34 \text{ cm}$.在管内用长度 $h = 4 \text{ cm}$ 的水银封闭一定质量的理想气体，气柱长度 $l_1 = 20 \text{ cm}$.大气压强 $p_0 = 76 \text{ cmHg}$ ，气体初始温度为 $T_1 = 300 \text{ K}$.

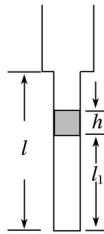


图 9

- ① 若缓慢升高气体温度，使水银上端面到达粗管和细管交界处，求此时的温度 T_2 ；
- ② 继续缓慢升高温度至水银恰好全部进入粗管，求此时的温度 T_3 .

答案 (1)BDE (2)①450 K ②497.25 K

解析 (1)压强是由于分子的无规则运动撞击器壁产生的，故在失重状态下容器内的气体对器壁也有压强，故 A 错误；液体表面层分子间的距离大于液体内部分子间的距离，则液体表面分子间的作用表现为相互吸引，所以存在表面张力，故 B 正确；温度相同的所有物体，其分子平均动能都相同，但由于分子质量不同，故平均速率不相同，故 C 错误；密闭在汽缸里的一定质量理想气体发生等压膨胀时，根据理想气体的状态方程 $pV = C$ 知，等压膨胀时气体的温度一定升高，气体分子的平均动能增大，则每一次对器壁的平均撞击力增大，而气体的压强不变，所以单位时间碰撞器壁单位面积的气体分子数一定减少，故 D 正确；影响蒸发快慢以及影响人们对干爽与潮湿感受的因素是空气中水蒸气的压强与同一温度下水的饱和汽压的比值，故 E 正确.故选 B、D、E.

(2) ① 气体做等压变化， $l_2 = l - h = 30 \text{ cm}$

由盖—吕萨克定律： $\frac{l_1 T_1}{p_1} = \frac{l_2 T_2}{p_1}$

解得： $T_2 = T_1 = 450 \text{ K}$

② $p_1 = 80 \text{ cmHg}$ ， $p_3 = 78 \text{ cmHg}$ ， $l_3 = 34 \text{ cmHg}$

由理想气体状态方程： $\frac{p_1 l_1 T_1}{V_1} = \frac{p_3 l_3 T_3}{V_3}$

解得： $T_3 = T_1 = 497.25 \text{ K}$

专题规范练

1.(1)如图 1 所示，一定质量的理想气体从状态 A 依次经过状态 B 、 C 和 D 后再回到状态 A 。其中， $A \rightarrow B$ 和 $C \rightarrow D$ 为等温过程， $B \rightarrow C$ 为等压过程， $D \rightarrow A$ 为等容过程，则在该循环过程中，下列说法正确的是_____。

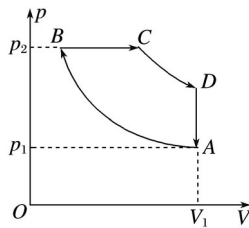


图 1

- A. $A \rightarrow B$ 过程中，气体放出热量
- B. $B \rightarrow C$ 过程中，气体分子的平均动能增大
- C. $C \rightarrow D$ 过程中，单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数增多
- D. $D \rightarrow A$ 过程中，气体分子的速率分布曲线不发生变化
- E. 若气体在 $B \rightarrow C$ 过程中内能变化量的数值为 2 kJ ，与外界交换的热量为 7 kJ ，则在此过程中气体对外做的功为 5 kJ

(2)如图 2 所示，一汽缸固定在水平地面上，通过活塞封闭有一定质量的理想气体，活塞与缸壁的摩擦可忽略不计，活塞的截面积 $S = 100 \text{ cm}^2$ 。活塞与水平平台上的物块 A 用水平轻杆连接，在平台上有另一物块 B ， A 、 B 的质量均为 $m = 62.5 \text{ kg}$ ，物块与平台间的动摩擦因数 $\mu = 0.8$ 。两物块间距为 $d = 10 \text{ cm}$ 。开始时活塞距缸底 $L_1 = 10 \text{ cm}$ ，缸内气体压强 p_1 等于外界大气压强 $p_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，温度 $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ 。现对汽缸内的气体缓慢加热，($g = 10 \text{ m/s}^2$)求：

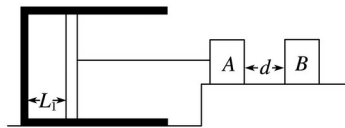


图 2

- ① 物块 A 开始移动时，汽缸内的温度；
- ② 物块 B 开始移动时，汽缸内的温度。

答案 (1)ABE (2)① 450 K ② $1\ 200 \text{ K}$

解析 (1) $A \rightarrow B$ 为等温过程，压强变大，体积变小，故外界对气体做功，根据热力学第一定律有 $\Delta U = W + Q$ ，温度不变，则内能不变，故气体一定放出热量，故 A 正确； $B \rightarrow C$ 为等压过程，体积增大，由理想气体状态方程 $pV = nRT$ 可知，气体温度升高，内能增加，故气体分子的

平均动能增大，故 B 正确； $C \rightarrow D$ 为等温过程，压强变小，体积增大，因为温度不变，故气体分子的平均动能不变，压强变小说明单位时间内碰撞单位面积器壁的分子数减少，故 C 错误； $D \rightarrow A$ 为等容过程，体积不变，压强变小，由 $p = \frac{2}{3}n\bar{\epsilon}_k$ 可知，温度降低，气体分子的平均动能减小，故气体分子的速率分布曲线会发生变化，故 D 错误； $B \rightarrow C$ 为等压过程，体积增大，气体对外做功，该过程中气体的温度升高，则气体的内能增加 2 kJ，气体从外界吸收的热量为 7 kJ，气体对外界做功为 5 kJ，故 E 正确。故选 A、B、E。

(2)①物块 A 开始移动前气体做等容变化，则有

$$p_2 = p_0 + \rho gh = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

由查理定律有 $\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_1}{T_1}$ ，解得 $T_2 = T_1 = 450 \text{ K}$

②物块 A 开始移动后，气体做等压变化，到 A 与 B 刚接触时

$$p_3 = p_2 = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}; V_3 = (L_1 + d)S$$

由盖—吕萨克定律有 $\frac{V_3}{T_3} = \frac{V_2}{T_2}$ ，解得 $T_3 = T_2 = 900 \text{ K}$

之后气体又做等容变化，设物块 A 和 B 一起开始移动时气体的温度为 T_4

$$p_4 = p_0 + \rho gh = 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}; V_4 = V_3$$

由查理定律有 $\frac{p_4}{T_4} = \frac{p_3}{T_3}$ ，解得： $T_4 = T_3 = 1\,200 \text{ K}$

2.(1)下列说法正确的是()

- A. 液体的表面层内分子分布比较稀疏，分子间只存在引力
- B. 气体分子的平均动能越大，其压强就越大
- C. 在绝热过程中，外界对气体做功，气体的内能增加
- D. 空气的相对湿度越大，人们感觉越潮湿
- E. 压强与气体分子的密集程度及分子的平均动能有关

(2)如图 3 所示，两端开口、粗细均匀的 U 型管竖直放置，其中储有水银，水银柱的高度如图所示。将左管上端封闭，在右管的上端用一不计厚度的活塞封闭右端。现将活塞缓慢下推，当两管水银面高度差为 20 cm 时停止推动活塞，已知在推动活塞的过程中不漏气，大气压强为 76 cmHg，环境温度不变。求活塞在右管内下移的距离。(结果保留两位有效数字)

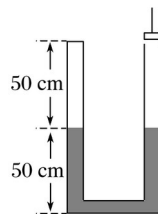


图 3

答案 (1)CDE (2)27 cm

解析 (1)分子间同时存在引力和斥力，液体表面是分子间作用力的合力为引力；故 A 错误；气体压强与温度和体积两个因素有关，微观上取决于气体分子的平均动能和分子数密度，故 B 错误；理想气体绝热压缩的过程中没有热交换，即 $Q = 0$ ，压缩气体的过程中外界对气体

做功， $W > 0$ ，根据热力学第一定律： $\Delta U = W + Q$ ，知内能增大，故 C 正确；人们对湿度的感觉与相对湿度有关，空气的相对湿度越大，人们感觉越潮湿，故 D 正确；根据压强的微观意义可知，压强与气体分子的密集程度及分子的平均动能有关，故 E 正确。故选 C、D、E。

(2)由题意，将活塞缓慢向下推，两管水银面高度差为 20 cm，左管水银面上升 10 cm，右管水银面下降 10 cm，设活塞下移 x cm，U 型管的截面积为 S ，对左端气体有：

$$L_{左}' = 40 \text{ cm}$$

$$\text{根据玻意耳定律得：} p_{左} L_{左} S = p_{左}' L_{左}' S$$

$$\text{对右端气体有：} L_{右}' = (60 - x) \text{ cm}$$

$$p_{右}' = (p_{左}' + 20) \text{ cmHg}$$

$$\text{根据玻意耳定律得：} p_{右} L_{右} S = p_{右}' L_{右}' S$$

$$\text{解得：} p_{左}' = 95 \text{ cmHg}$$

$$p_{右}' = 115 \text{ cmHg}$$

$$\text{得：} x \approx 27 \text{ cm.}$$

3.(1)下列说法正确的是()

- A.液面上部的蒸汽达到饱和时就不会有液体分子从液面飞出
- B.质量相等的 80 °C 的液态萘和 80 °C 的固态萘相比，具有不同的分子势能
- C.单晶体的某些物理性质表现为各向异性，多晶体和非晶体的物理性质表现为各向同性
- D.液体表面层分子的势能比液体内部分子的势能大
- E.理想气体等温膨胀时从单一热源吸收的热量可以全部用来对外做功，这一过程违背了热力学第二定律

(2)一定质量的理想气体从状态 A 变化到状态 B 再变化到状态 C，其 $p - V$ 图象如图 4 所示。已知该气体在状态 A 时的温度为 27 °C，求：

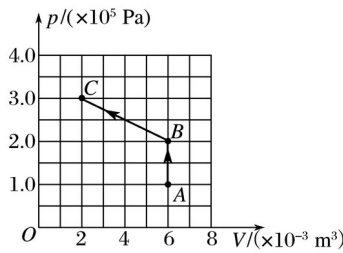


图 4

- ① 该气体在状态 B 和 C 时的温度分别为多少 K?
- ② 该气体从状态 A 经 B 再到 C 的全过程中是吸热还是放热？传递的热量是多少？

答案 (1)BCD (2)①600 K 300 K ②放热 1 000 J

解析 (1)液面上部的蒸汽达到饱和时，液体分子从液面飞出，同时有蒸汽分子进入液体中；从宏观上看，液体不再蒸发，故 A 错误；液态萘凝固成 80 °C 的固态萘的过程中放出热量，温度不变，则分子的平均动能不变，萘放出热量的过程中内能减小，而分子平均动能不变，

所以一定是分子势能减小，故 B 正确；根据多晶体与单晶体的特点可知，单晶体的某些物理性质表现为各向异性，多晶体和非晶体的物理性质表现为各向同性，故 C 正确；液体表面层的分子比液体内部的分子之间的距离大，分子之间的作用力表现为引力，分子之间的距离有缩小的趋势，可知液体表面层的分子比液体内部的分子有更大的分子势能，故 D 正确；根据热力学第二定律，理想气体等温膨胀时从单一热源吸收的热量可以全部用来对外做功，但会引起其他的变化，这一过程不违背热力学第二定律，故 E 错误。故选 B、C、D。

(2)① 对一定质量的理想气体由图象可知， $A \rightarrow B$ 为等容变化，

由查理定律得 =

即代入数据得 $T_B = 600 \text{ K}$

$A \rightarrow C$ 由理想气体状态方程得 =

代入数据得 $T_C = 300 \text{ K}$

② 从 A 到 C 气体体积减小，外界对气体做正功，由 $p - V$ 图线与横轴所围成的面积可得

$W = 1000 \text{ J}$

由于 $T_A = T_C$ ，所以该气体在状态 A 和状态 C 内能相等， $\Delta U = 0$

由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$

可得 $Q = -1000 \text{ J}$ ，即气体向外界放出热量，传递的热量为 1000 J

4.(1) 下列说法中正确的是()

- A. 在较暗的房间里，看到透过窗户的“阳光柱”里粉尘的运动不是布朗运动
- B. 气体分子速率呈现出“中间多，两头少”的分布规律
- C. 随着分子间距离增大，分子间作用力减小，分子势能也减小
- D. 一定量的理想气体发生绝热膨胀时，其内能不变
- E. 一切自发过程总是沿着分子热运动的无序性增大的方向进行

(2) 如图 5a 所示，左端封闭、内径相同的 U 形细玻璃管竖直放置，左管中封闭有长为 $L = 20 \text{ cm}$ 的空气柱，两管水银面相平，水银柱足够长。已知大气压强为 $p_0 = 75 \text{ cmHg}$ 。

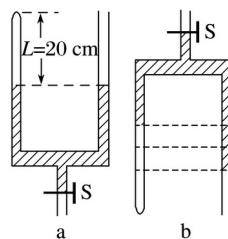


图 5

① 若将装置缓慢翻转 180° ，使 U 形细玻璃管竖直倒置(水银未溢出)，如图 b 所示。当管中水银静止时，求左管中空气柱的长度；

② 若将图 a 中的阀门 S 打开，缓慢流出部分水银，然后关闭阀门 S，右管水银面下降了 $H = 35 \text{ cm}$ ，求左管水银面下降的高度。

答案 (1) ABE (2) ① 20 cm 或 37.5 cm ② 10 cm

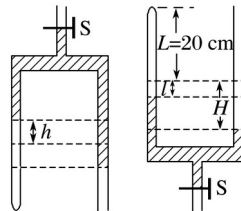
解析 (1)布朗运动是悬浮在液体或气体中固体小颗粒的无规则运动,在较暗的房间里可以观察到射入室内的阳光中有悬浮在空气里的小颗粒在飞舞,是由于气体的流动,这不是布朗运动,故 A 正确;麦克斯韦提出了气体分子速率分布的规律,即“中间多,两头少,故 B 正确;随着分子间距离的增大,分子势能不一定减小,当分子力表现为引力时,分子力做负功,分子势能增大.故 C 错误;一定量的理想气体发生绝热膨胀时,不吸收热量,同时对外做功,其内能减小,故 D 错误;根据热力学第二定律可知,一切自发过程总是沿着分子热运动的无序性增大的方向进行,故 E 正确.故选 A、B、E.

(2)① 将装置缓慢翻转 180°, 设左管中空气柱的长度增加量为 h ,

如图所示,由玻意耳定律得: $p_0L = (p_0 - 2h)(L + h)$

解得 $h = 0$ 或 $h = 17.5 \text{ cm}$

则左管中空气柱的长度为 20 cm 或 37.5 cm.



② 若将题图 a 中的阀门 S 打开,缓慢流出部分水银,然后关闭阀门 S,右管水银面下降了 $H = 35 \text{ cm}$, 设左管水银面下降的高度为 l ,

由玻意耳定律得: $p_0L = [p_0 - (H - l)](L + l)$

解得 $l = 10 \text{ cm}$ 或 $l = -70 \text{ cm}$ (舍去)

即左管水银面下降的高度为 10 cm.

5.(1)下列说法正确的是()

- A.对于一定质量的理想气体,若压强增大而温度不变,则外界对气体做正功
- B.塑料吸盘能牢牢地吸附在玻璃上,说明分子间存在着引力
- C.当分子间的距离减小时,其分子势能可能增大,也可能减小
- D.绝对湿度越大,相对湿度一定越大
- E.扩散现象和布朗运动都证明了分子永不停息地做无规则运动

(2)如图 6 所示,粗细均匀的 L 形玻璃管放在竖直平面内,封闭端水平放置,水平段管长 60 cm, 上端开口的竖直段管长 20 cm, 在水平管内有一段长为 20 cm 的水银封闭着一段长 35 cm 的理想气体, 已知气体的温度为 7°C , 大气压强为 75 cmHg, 现缓慢对封闭理想气体加热.求:



图 6

① 水银柱刚要进入竖直管时气体的温度;

② 理想气体的温度升高到 $111\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，玻璃管中封闭理想气体的长度.

答案 (1)ACE (2)① $47\text{ }^{\circ}\text{C}$ ② 45 cm

解析 (1)由理想气体状态方程 $pV = C$ 知，若增大压强而温度不变，则气体的体积减小故外界对气体做正功，故 A 正确；塑料吸盘能牢牢地吸附在玻璃上，是大气压的作用，故 B 错误；分子势能随距离增大先减小后增加，再减小，故两个分子的间距减小，分子势能可能增大，也可能减小，故 C 正确；对于不同的压强和温度，饱和蒸汽压不同，故绝对湿度大时相对湿度不一定大，故 D 错误；扩散现象和布朗运动都证明了分子在做永不停息的无规则运动，故 E 正确.

(2)① 设水银柱刚好要进入竖直管内时的温度为 t ，有

=

解得： $T_2 = 320\text{ K}$ ，即 $t = 47\text{ }^{\circ}\text{C}$

② 设当温度为 $111\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时水平管内还有水银，竖直管内水银柱高为 x

则 =

解得： $x = 5\text{ cm}$

所以理想气体的长度为 45 cm .

6.(1)下列有关热现象描述中，正确的是()

- A. 物体的内能是物体内所有分子的动能和势能的总和
- B. 如果两个系统到达热平衡，则它们的内能一定相等
- C. 对于一个绝热系统，外界对它所做的功等于系统内能的增量
- D. 对于一个热力学系统，外界对它传递的热量和外界对它所做的功之和等于系统内能的增量
- E. 一切与热现象有关的宏观自然过程都是可逆的

(2)如图 7 所示，一下端开口、上端封闭的细长玻璃管竖直放置.玻璃管的上部封有长 $l_1 = 30.0\text{ cm}$ 的空气柱，中间有一段长为 $l = 25.0\text{ cm}$ 的水银柱，下部空气柱的长度 $l_2 = 40.0\text{ cm}$.已知大气压为 $p_0 = 75.0\text{ cmHg}$.现将一活塞(图中未画出)从玻璃管开口处缓慢往上推，使管内上部分空气柱长度变为 $l'_1 = 20.0\text{ cm}$.假设活塞上推过程中没有漏气，求活塞上推的距离.(假设整个过程中气体的温度不变)



图 7

答案 (1)ACD (2) 20 cm

解析 (1)物体中所有分子做热运动的动能和分子势能的总和叫做物体的内能，故 A 正确；如果两个系统到达热平衡，则温度一定相等，但内能不一定相等，还与物质的量等因素有关，

故 B 错误；对于一个绝热系统，系统与外界没有热交换，外界对它所做的功等于系统内能的增量，故 C 正确；根据热力学第一定律： $\Delta U = W + Q > 0$ ，可知对于一个热力学系统，外界对它传递的热量和外界对它所做的功之和等于系统内能的增量，故 D 正确；根据热力学第二定律知，一切与热现象有关的宏观自然过程都是不可逆的，故 E 错误.故选 A、C、D.

(2)取上部分空气柱为研究对象：设移动活塞后压强为 p_1'

由玻意耳定律得： $p_1 l_1 = p_1' l_1'$

将 $p_1 = 50 \text{ cmHg}$ ， $l_1 = 30 \text{ cm}$ ， $l_1' = 20 \text{ cm}$

代入得： $p_1' = 75 \text{ cmHg}$

以下部分空气柱为研究对象：设最后空气柱长度为 l_2' ，压强 $p_2' = 100 \text{ cmHg}$

由玻意耳定律得： $p_2 l_2 = p_2' l_2'$

将 $p_2 = 75 \text{ cmHg}$ ， $l_2 = 40 \text{ cmHg}$

代入得 $l_2' = 30 \text{ cm}$

则活塞向上移动的距离为

$$x = l_1 + l_2 - l_1' - l_2' = 20 \text{ cm}$$

7.(1)如图 8 所示，某种自动洗衣机进水时，洗衣机内水位升高，与洗衣机相连的细管中会封闭一定质量的空气，通过压力传感器感知管中的空气压力，从而控制进水量.当洗衣缸内水位缓慢升高时，设细管内空气温度保持不变.则被封闭的空气()

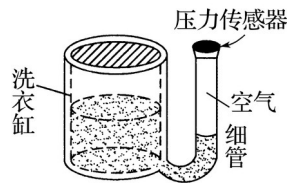


图 8

- A.单位时间内空气分子与压力传感器碰撞的次数增多
- B.分子的热运动加剧
- C.分子的平均动能增大
- D.体积变小，压强变大
- E.被封闭空气向外放热

(2)如图 9 所示，容积为 100 cm^3 的球形容器，装有一根均匀刻有从 0 到 100 刻度的粗细均匀的长直管子，两个相邻刻度之间的管道的容积等于 0.2 cm^3 ，球内盛有一定质量的理想气体，有一滴水银恰好将球内气体同外面的大气隔开，在温度为 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 时，那滴水银在刻度 20 处，如果用这种装置作温度计用：

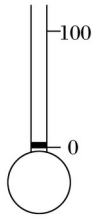


图 9

- ① 试求此温度计可以测量的温度范围(不计容器及管子的热膨胀, 假设在标准大气压下测量)
 ② 若将 0 到 100 的刻度替换成相应的温度刻度, 则相邻刻度线所表示的温度之差是否相等? 为什么?

答案 (1)ADE (2)①267.3 ~ 320.8 K ②见解析

解析 (1)气体的温度不变, 则单个分子对器壁的平均撞击力不变, 故气体压强增大时, 一定是单位时间内空气分子与压力传感器碰撞的次数增多, 故 A 正确; 气体的温度不变, 所以分子的热运动没有加剧, 故 B 错误; 气体的温度不变, 而温度是分子平均动能的标志, 所以分子的平均动能不变, 故 C 错误; 由以上的分析可知, 细管与洗衣缸内的水面的高度差增大时, 体积变小, 压强变大, 故 D 正确; 被封闭气体的体积减小的过程中外界对气体做功, 气体的温度不变则内能不变, 根据热力学第一定律: $\Delta U = W + Q$ 可知, $Q < 0$, 所以被封闭空气向外放热, 故 E 正确. 故选 A、D、E.

(2)① 由等压变化: =

代入数据解得 $T_2 \approx 267.3 \text{ K}$

由等压变化: =

代入数据解得 $T_3 \approx 320.8 \text{ K}$

此温度计可以测量的温度范围 267.3 ~ 320.8 K

② 相等, 因为是等压变化, 温度变化与体积变化比值恒定(或温度数值与 0 到 100 的刻度数值成线性关系).