

【高二物理 典题训练 01】

内能、热力学定律 答案详解

【题型 1】对内能与热力学定律的理解与应用

[典例 1] 1g 0℃的水和 1g 0℃的冰，比较它们的分子平均动能、分子势能和内能，下列说法正确的是()

- A. 它们的分子平均动能相等 B. 它们的分子势能相等
C. 它们的内能相等 D. 水的内能大于冰的内能

【答案】AD

【解析】由 1g 0℃的冰化为 1g 0℃的水的过程中，

(1)分子平均动能：只与温度有关，故分子平均动能不变，A 正确；

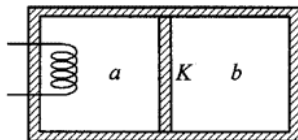
(2)分子势能：分子势能与物质的分子原子间距有关，物态变化时不能用物质体积来描述。物态变化前后的冰相比于水虽然体积更大，但多出的体积为分子间结合的氢键构成。总的来说，固液相变时，液体分子间距大于固体分子的间距。冰融化为水，分子间距增大，分子势能增大，B 错误；

(3)内能：①从宏观角度来看，该物态变化只需要吸热无需做功，根据 $\Delta U = Q + W$ ， $Q > 0$ ， $W = 0$ ，故 $\Delta U > 0$ ，即水的内能大。②从微观角度来看，物质内能与分子数、分子动能、分子势能有关，由于质量相同故分子数相同；温度相同，分子平均动能相同。故固液相变时，改变的仅为分子势能，分子势能增大，内能增大。故 C 错误 D 正确。

【考点】物质的内能，分子平均动能，分子势能，热力学第一定律。

[典例 2] 如图所示，绝热隔板 K 把绝热的汽缸分隔成体积相等的两部分，K 与汽缸壁的接触是光滑的。两部分中分别盛有相同质量、相同温度的同种气体 a 和 b。气体分子间相互作用势能可以忽略。现通过电热丝对气体 a 加热一段时间后，a、b 各自达到新的平衡，则()

- A. a 的体积增大了，压强变小了
B. b 的温度升高了
C. 加热后 a 的分子热运动比 b 的分子热运动更激烈
D. a 增加的内能大于 b 增加的内能



【答案】BCD

【解析】A、当 a 加热时，气体 a 的温度升高，压强增大，由于 K 与气缸壁的接触是光滑的，可以自由移动，所以 a、b 两部分的压强始终相同，都变大，故 A 错误。

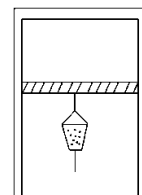
B、由于 a 气体膨胀，b 气体被压缩，所以外界对 b 气体做功，根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，绝热气缸 $Q = 0$ ，故 b 的内能增大，即温度升高，故 B 正确。

C、D、由于过程中 a 气体膨胀，b 气体被压缩，所以末状态 a 气体的体积大。根据 $PV/T = C$ ，二者初态相同，故常量 C 相等；二者终态压强相等，故 a 体积大，a 的温度高、内能大。所以加热后 a 的分子热运动比 b 的分子热运动更激烈，a 的内能增量更多，故 C、D 正确。

【考点】热力学第一定律，理想气体状态方程，理想气体的内能。

【题型 2】同受力分析、理想气体状态方程、功能关系的综合应用

【典例 3】导热气缸开口向下，内有理想气体，缸内活塞可自由滑动且不漏气，活塞下挂一个沙桶，沙桶装满沙子时，活塞恰好静止，现在把沙桶底部钻一个小洞，细沙慢慢漏出，并缓慢降低气缸外部环境温度，则（ ）



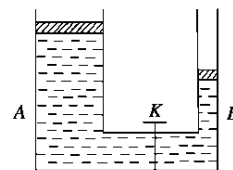
- A. 气体压强增大，内能可能不变
- B. 外界对气体做功，气体温度降低
- C. 气体体积减小，压强增大，内能一定减小
- D. 外界对气体做功，气体内能一定增加

【答案】C

【解析】设活塞、细沙与沙桶的等效重力为 G ，横截面积为 S ，大气压为 P_0 。以活塞为研究对象，由于细沙慢慢漏出，说明活塞每时每刻均平衡，根据力平衡得到：气缸内气体的压强 $P = P_0 - G/S$ ，由于 G 减小，则 P 增大。由于气缸导热，缓慢降低气缸外部环境温度故气体 T 减小，内能减小，根据 $PV/T = C$ ，由于 P 变大 T 变小，所以 V 变小，气体被压缩，外界对气体做功。故选 C。

【考点】热力学第一定律，受力分析，理想气体状态方程。

【典例 4】如图所示容器中， A ， B 各有一个可自由移动的轻活塞，活塞下是水，上为空气，大气压恒定。 A 、 B 底部由带有阀门 K 的管道相连，整个装置与外界绝热。原先 A 中水面比 B 中高，打开阀门，使 A 中的水逐渐向 B 中流，最后达到平衡。在这个过程中，下面说法正确的是（ ）



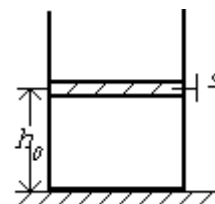
- A. 大气压力对水做功，水的内能增加
- B. 水克服大气压力做功，水的内能减少
- C. 大气压力对水不做功，水的内能不变
- D. 大气压力对水不做功，水的内能增加

【答案】D

【解析】打开阀门 K 后，据连通器原理，最后 A 、 B 两管中的水面将相平，即 A 中水面下降， B 中水面上升；设 A 管截面积为 S_1 ，水面下降距离为 h_1 ， B 管截面积为 S_2 ，水面上升距离为 h_2 ，由于水的总体积保持不变，则有 $S_1 h_1 = S_2 h_2$ ， A 管中大气压力对水做的功： $W_1 = p_0 S_1 h_1$ ， B 管中大气压力对水做的功： $W_2 = -p_0 S_2 h_2$ ，大气压力对水做的总功： $W = W_1 + W_2 = p_0 S_1 h_1 - p_0 S_2 h_2 = 0$ ，即大气压力对水不做功；由于水的重心降低，重力势能减小，由能量守恒定律知水的内能增加。故 D 正确。

【考点】气体做功，功能关系。

【典例 5】一气缸竖直放置，内截面积 $S = 50 \text{ cm}^2$ ，质量 $m = 10 \text{ kg}$ 的活塞将一定质量的气体封闭在缸内，气体柱长 $h_0 = 15 \text{ cm}$ ，活塞用销子销住，缸内气体的压强 $P = 2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，温度 177°C 。现拔去活塞销 s （不漏气），不计活塞与气缸壁的摩擦。当活塞速度达到最大时，缸内气体的温度为 57°C ，外界大气压为 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。



求：(1)此时气体柱的长度 h ；

(2)若活塞达到最大速度 $v_m = 3 \text{ m/s}$ ，则缸内气体对活塞做的功。

【答案】22 cm; 87 J

【解析】摄氏度转化为热力学温度：177°C = 450K, 57°C = 350K。

(1)活塞速度最大，即处于平衡状态时，对其受力分析得到： $p'S = p_0S + mg$ ，故 $p' = p_0 + mg/S = 1.2 \times 10^5$ Pa。根据理想气体状态方程，对于处于两种状态的气体，有 $p_0h_0S/T = p'hS/T'$ ，变形得 $h = (pT'/p'T)$
 $h_0 = 22$ cm。

(2)活塞由初状态到最大速度的过程中，由动能定理有：

$W_{气} + W_G + W_{p0} = \Delta E_k$ ，即 $W - mg(h - h_0) - p_0S(h - h_0) = 1/2mv^2 - 0$ ，解得 $W = 87$ J。

【考点】气体做功，动能定理。

【题型 3】图象问题

对于图象问题，要注意图象的斜率与面积，常见图象有：

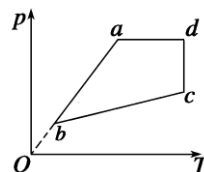
(1) p - V 图象，横纵坐标之积表示 T ；等温线为双曲线；图象下方与横轴围成的面积是气体所做功 W 。

(2) p - $1/V$ 图象，斜率表示 T ；等温线为直线（化曲为直，为验证波义耳定律实验中的图象处理方法）。

(3) p - T 图象，斜率表示 $1/V$ 。

【典例 6】如图所示， a 、 b 、 c 、 d 表示一定质量的理想气体状态变化过程中的四个状态，图中 ad 平行于横坐标轴， dc 平行于纵坐标轴， ab 的延长线过原点，以下说法正确的是（ ）

- A. 从状态 d 到 c ，气体不吸热也不放热
- B. 从状态 c 到 b ，气体放热
- C. 从状态 a 到 d ，气体对外做功
- D. 从状态 b 到 a ，气体吸热



【答案】C

【解析】A、从状态 d 到 c ，温度不变，气压减小，根据理想气体状态方程 $pV/T = C$ ，体积增加；体积增加说明对外做功，温度不变说明内能不变，根据热力学第一定律公式 $\Delta U = W + Q$ ，气体吸收热量，故 A 错误；

B、从状态 c 到 b ，气体的体积减小，外界对气体做功，温度降低内能减小，根据热力学第一定律知气体放热，故 B 错误；

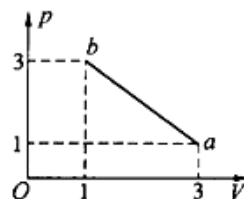
C、从状态 a 到 d ，气压不变，温度升高，根据理想气体状态方程 $pV/T = C$ ，故体积增加，温度升高说明内能增加，体积增加说明对外做功，根据 $\Delta U = W + Q$ ，故气体吸收热量，故 C 正确；

D、从状态 b 到 a ， ad 的延长线过原点，是等容变化，温度升高说明内能增加，体积不变说明气体不做功，根据热力学第一定律公式 $\Delta U = W + Q$ ，气体吸收热量，故 D 错误；

【考点】 p - T 图象的斜率，热力学第一定律。

【典例 7】如图所示，一定质量的理想气体从状态 a 沿图中的直线变化到状态 b ，在这个过程中它的分子平均动能的变化情况是（ ）

- A. 始终增大
- B. 始终减小
- C. 先减小后增大
- D. 先增大后减小



【答案】D

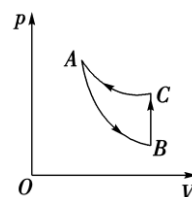
【解析】(1)解析法：ab 的中点为 (2, 2)，根据 $pV=CT$ ，可知 C 不变， pV 越大， T 越高。状态在 (2, 2) 处温度最高，在 A 和 B 状态时， pV 乘积相等，说明在 AB 处的温度相等。

(2)作图法：过 ab 两点作 p - V 图象的等温线，即双曲线。则在状态 a 沿直线变化到状态 b 中，图线上的点所对应的等温线距离原点先远后近，根据双曲线特点，对应比例常量先大后小。

总的来说，从 A 到 B 的过程中，温度先升高，后又减小到初始温度，温度是分子平均动能的标志，所以在这个过程中，气体分子的平均动能先增大后减小，气体分子的平均速率也是先增大后减小，所以 D 正确。

【考点】 p - V 图象中的温度变化， p - V 图象中的等温线。

[典例 8] 如图所示，一定质量的理想气体，从状态 A 经绝热过程 $A \rightarrow B$ 、等容过程 $B \rightarrow C$ 、等温过程 $C \rightarrow A$ 又回到了状态 A，则 ()



- A. $A \rightarrow B$ 过程气体降温 B. $B \rightarrow C$ 过程气体内能增加，可能外界对气体做了功
C. $C \rightarrow A$ 过程气体放热 D. 全部过程气体做功为零

【答案】AC

【解析】A、对于绝热过程 $A \rightarrow B$ ， $Q=0$ ，由于 V 增大，故气体对外界做功， $W<0$ 。根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ ，易得 $\Delta U<0$ ，一定质量理想气体的内能只与温度有关，故温度降低，A 正确。

B、对于等容过程 $B \rightarrow C$ ， V 不变，故 $W=0$ ，功为 0。由于纵坐标增大，故 p - V 图象横纵坐标乘积增大，温度增高，内能增加，B 错误。

C、对于等温过程 $C \rightarrow A$ ，图象即为 p - V 图象的等温线， $\Delta U=0$ ；由于 V 减小，外界对气体做功， $W>0$ 。根据热力学第一定律 $\Delta U=W+Q$ ，有 $Q<0$ ，气体对外放热，C 正确。

D、 p - V 图象中，气体功为图象下方与横坐标轴所围的面积，同时对于气体状态变化过程而言，图线箭头向右，功为负；图线箭头向左，功为正。对于该题，全部过程气体做功为 ABC 三点间，图象所围面积，总过程的气体功为正。

【考点】 p - V 图象，绝热过程，等容过程，等温过程，热力学第一定律， p - V 图象中的气体功。