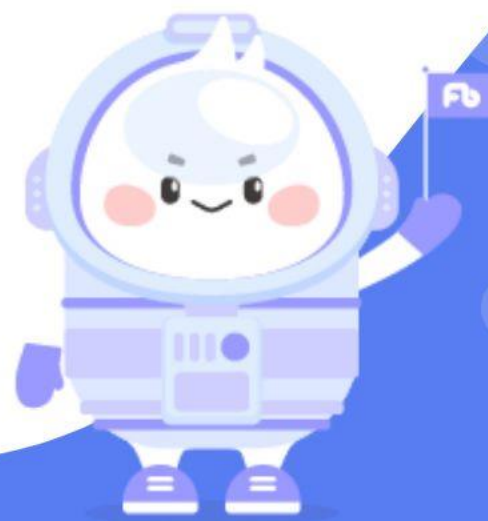


天猫课程

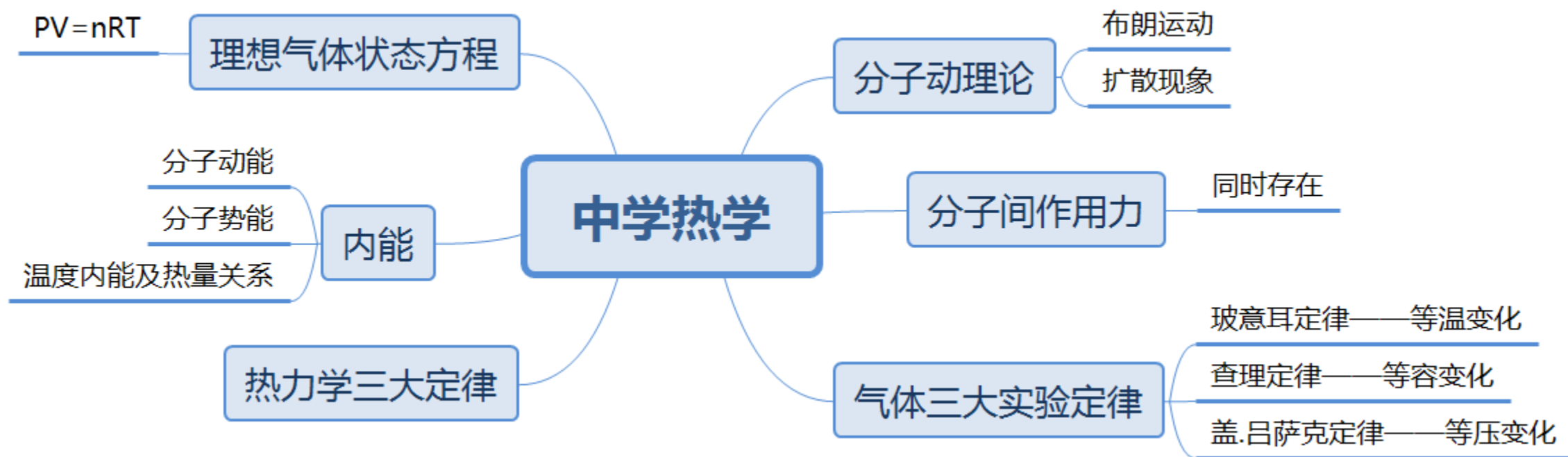
中学热学

►讲师：丁奉

更多干货关注  粉笔教师教育  粉笔教师



知识框架





• 第一节 分子动理论

一、分子动理论概述

分子动理论的基本观点主要由三方面内容构成：物体是由大量分子组成的；分子在做永不停息的无规则运动；分子之间存在着引力和斥力。

一、物体是由大量分子组成的

常见的物质是由极其微小的粒子——分子、原子组成的。如果把分子看成球形的，一般分子的直径只有百亿分之几米，人们通常以 10^{-10}m 为单位来量度分子。

二、分子的热运动

1. 定义：由于分子的运动跟温度有关，所以这种永不停息的无规则运动叫做分子的热运动。

2. 特点：（1）永不停息；（2）运动无规则；（3）温度越高，分子的热运动越激烈。

3. 宏观表现——扩散现象和布朗运动

（1）扩散现象

（2）布朗运动

二、分子间作用力

分子间作用力（分子力）的变化规律

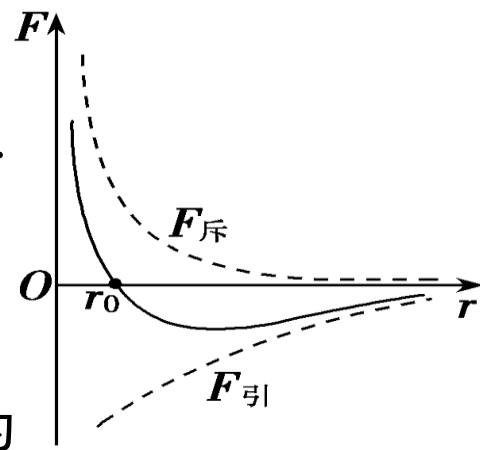
1. 分子力

分子之间同时存在着相互作用的引力和斥力，这两个力的合力即为分子间的作用力。

2. 分子间作用力的变化规律

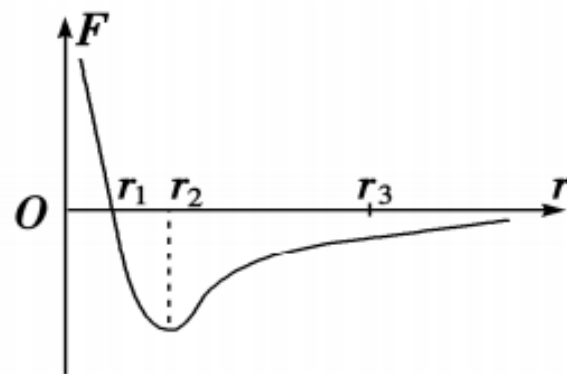
(1) F 随 r 变化的关系如图 (2) 分子间的引力和斥力都随分子间距离的增大而减小，随分子间距离的减小而增大，但斥力的变化比引力更快。具体表现为：

- ① 当 $r = r_0$ 时，其中一个分子所受的引力和斥力大小相等，分子力表现为 0。
- ② 当 $r < r_0$ 时，分子之间的引力小于斥力，此时分子力表现为斥力。
- ③ 当 $r > r_0$ 时，分子之间的引力大于斥力，此时分子力表现为引力。
- ④ 当 $r \gg r_0$ 时，分子间的引力和斥力都很微弱，可认为分子之间的作用力为



【例1】如图所示，甲分子固定在坐标原点 O ，乙分子位于 r 轴上，甲、乙两分子间作用力与分子间距离关系图象如图所示。现把乙分子从 r_3 处由静止释放，则（ ）。

- A. 乙分子从 r_3 处到 r_1 处一直加速
- B. 乙分子从 r_3 处到 r_2 处过程中表现为引力，从 r_2 到 r_1 过程中表现为斥力
- C. 乙分子从 r_3 处到 r_1 处过程中，两分子间的分子力一直增大
- D. 乙分子从 r_3 处到距离甲最近的位置过程中，两分子间的分子力先减小后增大



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₄₆)



【答案】A

【解析】AC选项，乙分子从 r_3 处到 r_1 处一直受甲分子的引力作用，且分子间作用力先增大后减小，故乙分子做加速运动，A选项正确，C选项错误；

B选项，乙分子从 r_3 到 r_1 过程中一直表现为引力，B选项错误；

D选项，乙分子从 r_3 处到距离甲最近的位置过程中，两分子间的分子力先增大后减小再增大，D选项错误。

故正确答案为 A。





• 第二节 气体

一、气体的等温变化

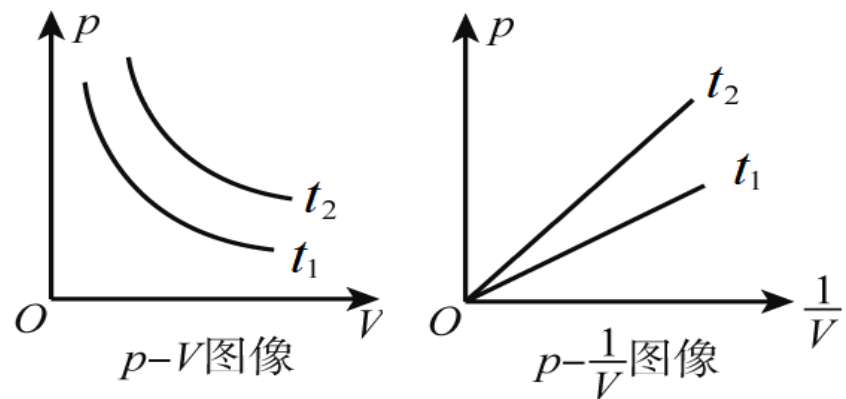
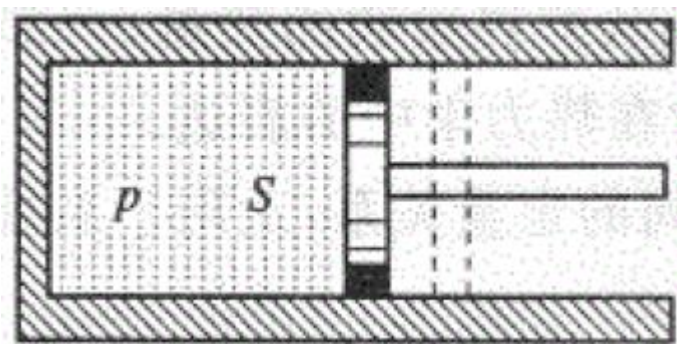
1.等温变化：一定质量的气体，在温度不变时发生的状态变化过程，叫做气体的等温变化。

2.玻意耳定律

(1) 内容：一定质量的某种气体，在温度不变的情况下，压强与体积成反比。

(2) 公式： $\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$ 或 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ 。

(3) 定律成立的条件： m 一定， T 一定； p 不太高， T 不太低。



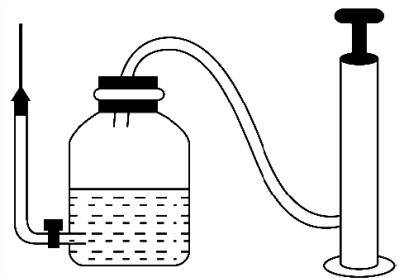
“吃透这道题！”

拓展



【拓展一】（真题2016年下高中）如图为某同学设计的喷水装置，其中圆柱形容器的容积为 V_0 ，内部装置有体积为 $0.5V_0$ 的水，水上密封的空气压强为 P_0 ，保持阀门关闭，用打气桶再向内充入压强为 P_0 、体积为 $1.5V_0$ 的空气。设在所有过程中，空气可看作理想气体，且温度不变。则充气后容器内空气的压强为（ ）。

- A. P_0 B. $2P_0$ C. $3P_0$ D. $4P_0$



【答案】D

【解析】打气前，气体的总体积为 $2V_0$ ，压强为 P_0 ；打气后，气体的总体积为 $0.5V_0$ ，压强设为 P ，由题述可知，气体做等温变化，由玻意耳定律可得 $2V_0P_0 = 0.5V_0P$ ，解得 $P = 4P_0$ ，D选项正确。

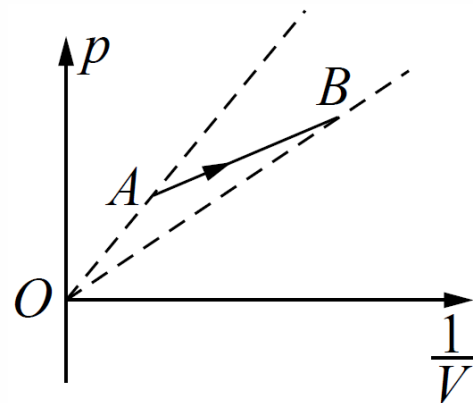
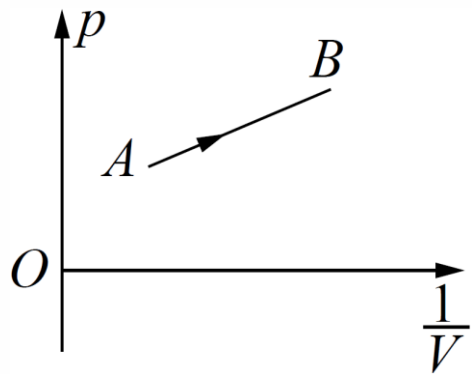
故正确答案为D。



【例2】如图为一定质量的理想气体由状态A变化到状态B过程中的 $p - \frac{1}{V}$ 图象，则该气体的温度变化情况是（ ）。

- A. 逐渐变大 B. 逐渐变小 C. 保持不变 D. 先变小再变大

【答案】B



【解析】由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$, 可知 $p = \frac{1}{V} CT$, 即 $p - \frac{1}{V}$ 图象是一条过原点的倾斜直线, 该图线表示等温变化; 斜率表示 $K = CT$, C 为常数, 即倾斜程度表示温度; 过 A 、 B 做过原点的直线, 如图所示, 由图可知 $T_A > T_B$ 。

故正确答案为B。



二、气体的等容变化

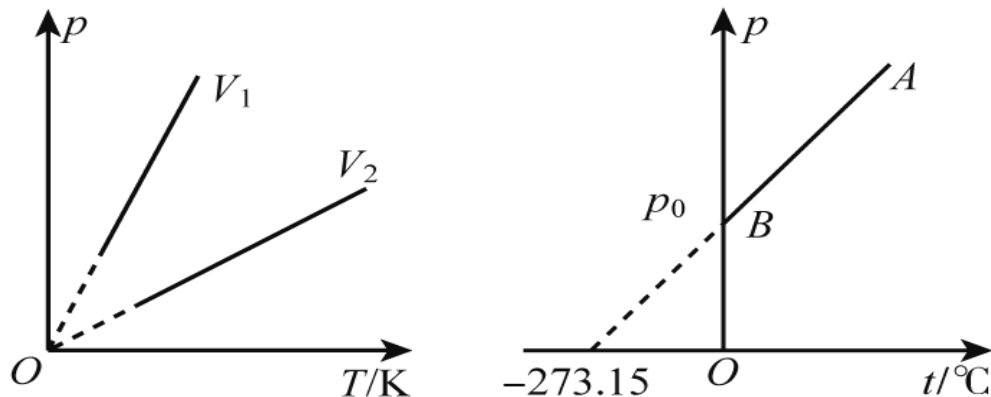
1.等容变化：一定质量的某种气体，在体积不变时，压强随温度的变化叫做等容变化

2.查理定律

(1) 一定质量的某种气体，在体积不变的情况下，压强 p 与热力学温度 T 成正比

(2) 公式： $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$

(3) 定律成立的条件： m 一定， p 不太大， T 不太低





【例3】科学考察队到某一地区进行考察时携带一种测量仪器。该仪器导热性能良好，且内部密闭有一定质量的气体（可视为理想气体），环境温度为 27°C 时，内部的气体压强为 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，若该地区气温为 -23°C ，不考虑密闭气体的体积变化，则该仪器的内部气体压强为（ ）。

A. $8.3 \times 10^4 \text{ Pa}$

B. $8.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ C. $9.9 \times 10^4 \text{ Pa}$ D. $1.2 \times 10^5 \text{ Pa}$



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₅₁)



【答案】A

【解析】由于不考虑密闭气体的体积变化，则气体做等容变化，设 $T_1 = (27 + 273)\text{K} = 300\text{K}$ ， $p_1 = 1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ ， $T_2 = (-23 + 273)\text{K} = 250\text{K}$ ，根据查理定律，有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ，得 $p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 = \frac{250\text{K}}{300\text{K}} \times 1.0 \times 10^5 \text{Pa} = 8.3 \times 10^4 \text{Pa}$ 。

故正确答案为 A。



三、气体的等压变化

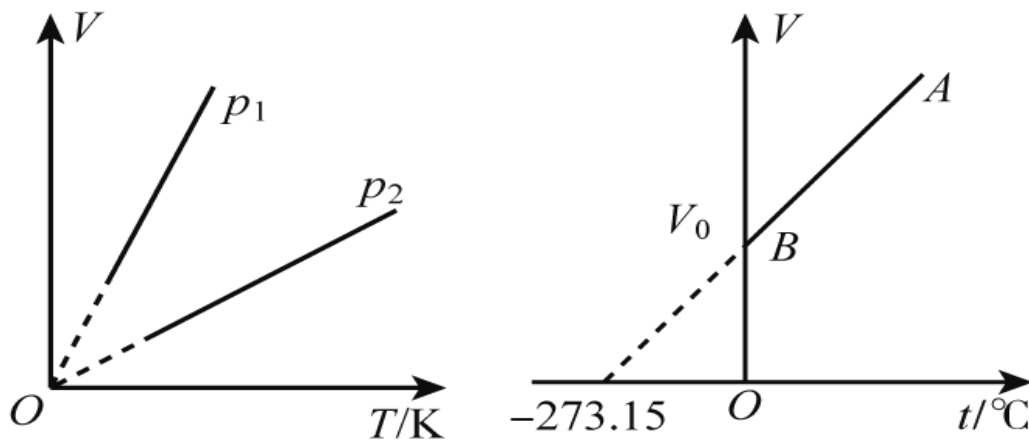
1.等压变化：一定质量的某种气体，在压强不变时，体积随温度的变化叫做等压变化。

2.盖-吕萨克定律

(1) 一定质量的某种气体，在压强不变的情况下，其体积 V 与热力学温度 T 成正比。

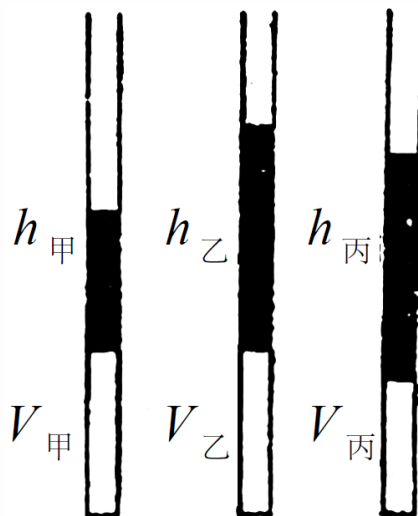
(2) 公式： $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

(3) 成立条件： m 一定， p 不太大， T 不太低



【例4】如图所示，三根相同的粗细均匀的玻璃管，管内有水银柱封住一部分空气在封闭端，水银柱高度 $h_{\text{甲}} < h_{\text{乙}} = h_{\text{丙}}$ ，当它们开口向上竖直放置时，管内封闭的气体体积 $V_{\text{甲}} = V_{\text{乙}} > V_{\text{丙}}$ ，管内气体初温相同。若使管内气体升高相同的温度时，管内水银柱向上移动最多的是（ ）。

- A. 丙管
- B. 甲管和乙管
- C. 乙管和丙管
- D. 三管一样多



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₅₃)



【答案】B

【解析】管内气体升高相同的温度，三个玻璃管内气体的压强没有变化，由盖-吕萨克定律得 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ，变形得 $\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{T_2 - T_1}{T_1} V_1 = \frac{\Delta T}{T_1} V_1$ ，因为 $V_{\text{甲}} = V_{\text{乙}} > V_{\text{丙}}$ ，所以 $\Delta V_{\text{甲}} = \Delta V_{\text{乙}} > \Delta V_{\text{丙}}$ ，管内水银柱向上移动最多的是甲管和乙管。
故正确答案为B。



四、理想气体状态方程

(一) 理想气体的概念和微观特征

1. 概念

在任何温度、任何压强下都严格遵守气体实验定律的气体叫理想气体。

2. 微观特征

理想气体分子本身大小与分子间的距离相比可以忽略不计，分子间不存在相互作用的引力和斥力，所以理想气体的分子势能为零，理想气体的内能等于分子的总动能。

(二) 状态方程

1. 状态方程表述：一定质量的气体在状态变化时，其压强和体积的乘积与热力学温度的比是一个常量。

2. 表达式: $\frac{pV}{T} = C$ 或 $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} = \dots = \frac{p_nV_n}{T_n}$ 。

这个常量 C 由气体的种类或气体的质量决定, 或者说这个常量由物质的量决定, 与其他参量无关。

(三) 三个实验定律与理想气体状态方程的关系

气体的三个实验定律是理想气体状态方程的特例, 由 $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$ 得:

1. 当 $T_1 = T_2$ 时, $p_1V_1 = p_2V_2$ (玻意耳定律)

2. 当 $V_1 = V_2$ 时, $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ (查理定律)

3. 当 $p_1 = p_2$ 时, $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ (盖-吕萨克定律)

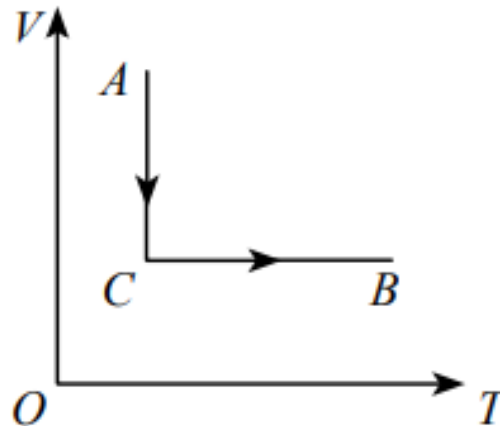
【例 5】（真题 2020 年下·高中）如图所示，一定质量的理想气体经历了从状态 $A \rightarrow C \rightarrow B$ 的过程，下列关于此过程状态变化的说法正确的是（ ）。

A. $A \rightarrow C$ ，压强增大，内能增大

B. $A \rightarrow C$ ，压强减小，内能不变

C. $C \rightarrow B$ ，压强增大，内能增大

D. $C \rightarrow B$ ，压强减小，内能不变



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₅₅)



【答案】C

【解析】由 $\frac{pV}{T} = C$ 可知 $V = \frac{C}{p} T$ ， $V - T$ 图像的斜率的大小为 $\frac{C}{p}$ ， $A \rightarrow C$ 斜率逐渐变小，压强逐渐变大；理想气体的内能与温度有关，温度越高，内能越大，温度越低，内能越小， $A \rightarrow C$ 过程温度不变，内能不变。 $C \rightarrow B$ 过程中，斜率逐渐变小，压强逐渐变大，温度逐渐升高，内能逐渐增大，C选项正确。

故正确答案为 C。



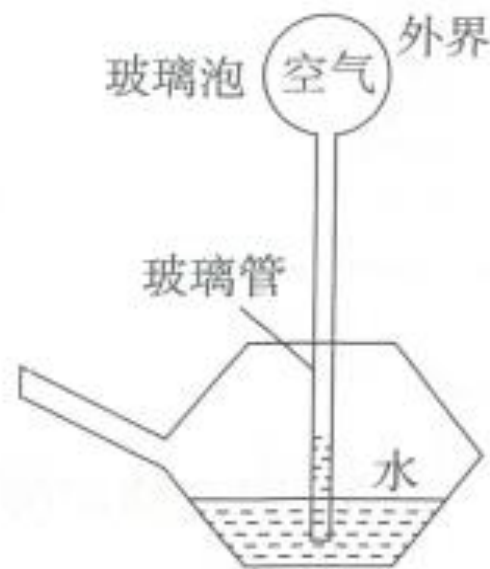
“吃透这道题！”

拓展



【拓展二】（真题 2021 年下·高中）十七世纪，伽利略设计了一种测温装置如图所示，玻璃管的下端插在玻璃壶内的水中，壶内气体通过壶嘴与外界相通。当环境温度变化时，通过管内水柱对应的高度的变化量来测量温度。关于该测温装置，下列说法中正确的是（ ）。

- A. 大气压强不变，环境温度越高， h 越大
- B. 环境温度不变，大气压强越大， h 越大
- C. h 的变化只与环境温度有关，与大气压强无关
- D. h 的变化与环境温度的变化成反比



“吃透这道题！”

拓展



【答案】B

【考点】中学物理专业知识——中学热学——气体

【解析】A选项，根据理想气体状态方程 $PV = TC$ ，当大气压强不变时，温度 T 升高，则 V 变大，则此时 h 应该变小，A选项错误。

B选项，根据理想气体状态方程 $PV = TC$ ，当 T 不变时， P 增大，此时气体的体积 V 应该减小，水柱的高度 h 变大，B选项正确。

C选项，根据理想气体状态方程 $PV = TC$ 可知，C选项错误。

D选项，根据理想气体状态方程 $PV = TC$ 可知，在大气压不变的时候， h 的变化与环境温度的变化成反比，要控制变量，D选项错误。

故正确答案为B。





• 第三节 热力学定律

一、内能

(一) 基本概念

1. 定义：构成物体的所有分子，其热运动的动能与分子势能的总和，叫做物体的内能。
2. 特点：组成任何物体的分子都在做无规则的热运动，任何物体都具有内能。

(二) 功和内能

1. 绝热过程

系统与外界仅通过做功交换能量，它不从外界吸热，也不向外界放热的过程。

2. 功和内能变化的关系

当系统从某一状态经过绝热过程达到另一状态时，内能的增加量 ΔU 就等于外界对系统所做的功 W ，用式子表示为 $\Delta U = U_2 - U_1 = W$ 。即外界对物体做功，物体的内能增加；物体对外界做功，物体的内能减小。

(三) 分子动能和分子的平均动能

1. 分子动能

做热运动的分子所具有的动能叫分子动能。

2. 分子的平均动能

(1) 定义：物体内部所有分子的动能的平均值叫作分子的平均动能。

(2) 意义：温度是物体分子热运动平均动能的标志。

(3) 对温度与分子的平均动能的理解

①一个分子的热运动是没有意义的。

②气体分子间的势能可以不计，气体内能与体积无关。

③相同温度，平均动能相同，不同物质分子质量不一定相同，所以分子运动的平均速率不一定相同。

(四) 分子势能

1. 定义：由于分子之间存在类似弹簧形变时的相互作用力，所以分子也具有势能，这种势能叫做分子势能。

2. 决定因素

(1) 微观上：分子势能的大小由分子间的相互位置决定。

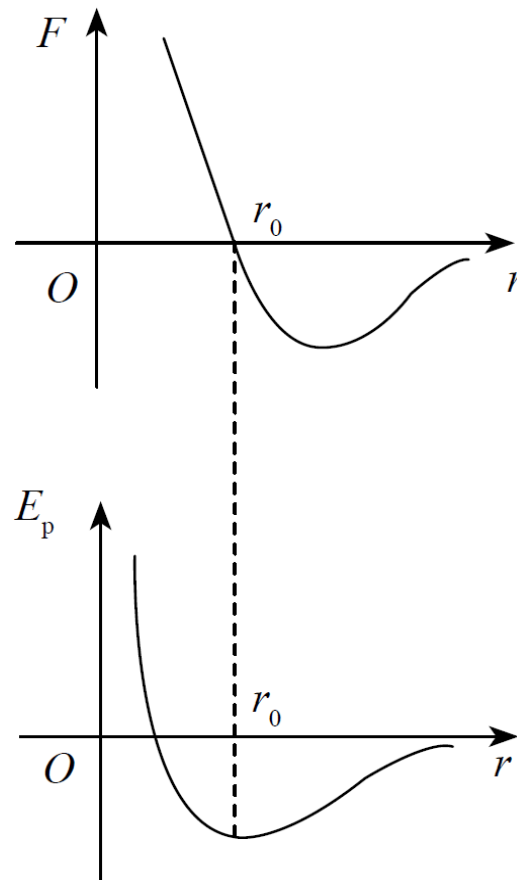
(2) 宏观上：分子势能的大小与物体的体积有关。

3. 分子力做功和分子势能之间的关系

(1) 当分子间距离 $r > r_0$ 时，分子间的作用力表现为引力，分子间距离增大时，分子力做负功，因此分子势能随分子间距离的增大而增大。

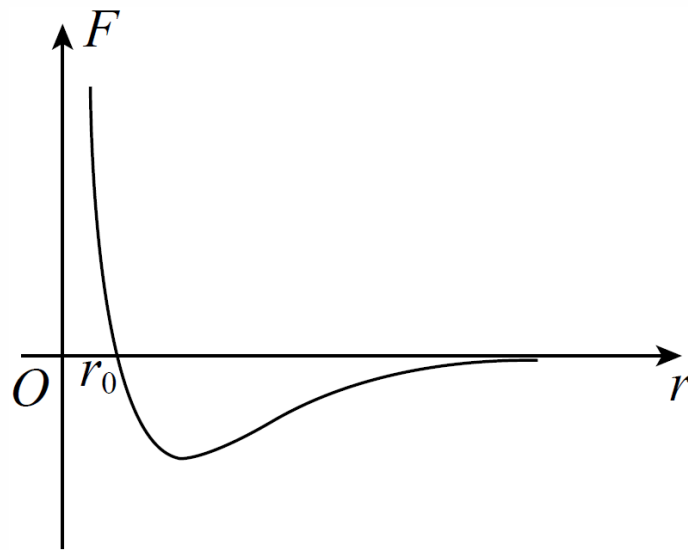
(2) 当分子间距离 $r < r_0$ 时，分子间的作用力表现为斥力，分子间距离减小时，分子力做负功，因此分子势能随分子间距离的减小而增大。

(3) 当分子间距离 $r = r_0$ 时，分子力为零，分子势能最小。



【例6】图中曲线所示，曲线与 r 轴交点的横坐标为 r_0 ，相距很远的两分子在分子力作用下，由静止开始相互接近。若两分子相距无穷远时分子势能为零，下列说法**不正确**的是（ ）。

- A. 在 $r > r_0$ 阶段， F 做正功，分子动能增加，势能减小
- B. 在 $r < r_0$ 阶段， F 做负功，分子动能减小，势能也减小
- C. 在 $r = r_0$ 时，分子势能最小，动能最大
- D. 分子动能和势能之和在整个过程中不变



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₆₄)



【答案】B

【解析】 r_0 为分子间的平衡距离；大于平衡距离时分子间表现为引力，小于平衡距离时，分子间表现为斥力。

A项： r 大于 r_0 时，分子力表现为引力，相互靠近时 F 做正功，分子动能增加，势能减小，A选项正确；

B项：当 r 小于 r_0 时，分子间的作用力表现为斥力， F 做负功，分子动能减小，势能增加，B选项错误；

C项：当 r 等于 r_0 时，分子势能最小，动能最大，C选项正确；

D项：由于没有外力做功，故分子动能和势能之和在整个过程中不变，D选项正确。

故正确答案为B。



一、热力学三定律

(一) 热力学第一定律

1. 内容：一个热力学系统的内能增量等于外界向它传递的热量与外界对它所做的功的和。
2. 表达式为： $\Delta U = W + Q$ 。
3. 第一类永动机
 - (1) 特点：不需要任何动力或燃料，却能不断地对外做功的机器
 - (2) 不可能制成的原因：违背能量守恒定律，不可能制成

【例7】关于热力学定律，下列说法正确的是（ ）。

- A. 气体吸热后温度一定升高
- B. 对气体做功一定改变其内能
- C. 理想气体等压膨胀过程一定放热

D. 如果两个系统分别与状态确定的第三个系统达到热平衡，那么这两个系统彼此之间也必定达到热平衡

【答案】D

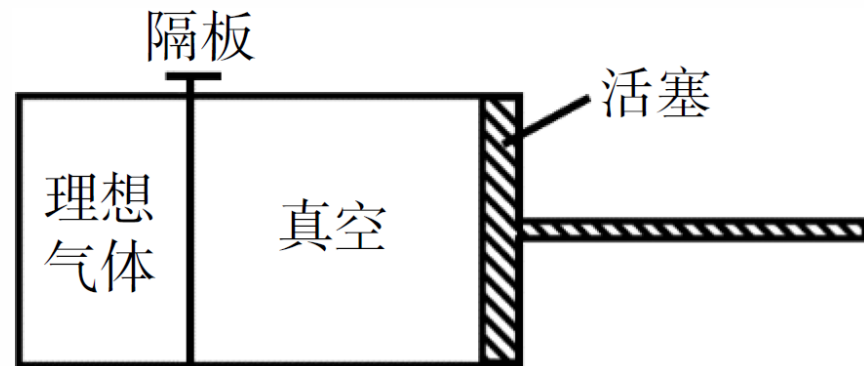
【解析】气体内能的改变 $\Delta U = Q + W$ ，故对气体做功是改变内能的一种方式，B选项错误；气体吸热为 Q ，但不确定外界做功 W 的情况，故不能确定气体温度变化，A选项错误；理想气体等压膨胀， $W < 0$ ，由理想气体状态方程 $PV = nRT$ ， P 不变， V 增大，气体温度升高，内能增大。由 $\Delta U = Q + W$ ，气体过程中一定吸热，C选项错误；根据热平衡性质，D选项正确。

故正确答案为D。



【例8】如图，用隔板将一绝热气缸分成两部分，隔板左侧充有理想气体，隔板右侧与绝热活塞之间是真空。现将隔板抽开，气体会自发扩散至整个气缸。待气体达到稳定后，缓慢推压活塞，将气体压回到原来的体积。假设整个系统不漏气。下列说法正确的是（ ）。

- A. 气体自发扩散前后内能不相同
- B. 气体在被压缩的过程中内能增大
- C. 在自发扩散过程中，气体对外界做功
- D. 气体在被压缩的过程中，气体分子的平均动能不变



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₆₇)



【答案】 B

【解析】 气体向真空扩散过程中不对外做功，且又因为气缸绝热，可知气体自发扩散前后内能相同，选项A、C错误；气体在被压缩的过程中活塞对气体做功，因气缸绝热，则气体内能增大，选项B正确；气体在被压缩的过程中，因气体内能增加，则温度升高，气体分子的平均动能增加，选项D错误。

故正确答案为B。



【例9】（真题 2021 年下）一定质量的理想气体从状态A经状态B变化到状态C，其 $P -$

$\frac{1}{V}$ 图像如图所示，则从状态 A 变化到状态 C 的过程中（ ）。

- A. 气体放出 $2 \times 10^5 J$ 的热量
- B. B. 气体吸收 $2 \times 10^5 J$ 的热量
- C. C. 气体放出 $1 \times 10^5 J$ 的热量
- D. D. 气体吸收 $1 \times 10^5 J$ 的热量



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₆₇)



【答案】 B

【解析】 由 A 到 B 的过程为等压变化，气体体积变大，气体对外做功，做功的大小 $W = p(V_B - V_A)$ ；由 B 到 C 的过程为等容变化，此过程不做功，根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ ，A 和 C 两点温度相等 $\Delta U = 0$ ，代入数据解得 $Q = 2 \times 10^5 J$ 。

故正确答案为 B。



(二) 热力学第二定律

1. 两种表述

(1) 克劳修斯表述

热量不能自发地从低温物体传到高温物体，即从热传导的方向性表述。

(2) 开尔文表述

不可能从单一热库吸收热量，使之完全变成功，而不产生其他影响。

2. 第二类永动机

(1) 特点：从单一热库吸收热量，使之完全变成功，而不产生其他影响的机器；

(2) 不可能制成的原因：不违背能量守恒定律，违背热力学第二定律。



【例10】下列有关热现象的叙述中，**不**正确的是（ ）。

- A. 机械能转化为内能的实际宏观过程是不可逆过程
- B. 气体可以从单一热源吸收热量，全部用来对外做功
- C. 第二类永动机没有违反能量守恒定律，但违反了热力学第一定律
- D. 热量可以从低温物体传到高温物体，但是不可能不引起其他变化



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₆₉)



【答案】C

【解析】A项：根据热力学第二定律知，机械能转化为内能的实际宏观过程是不可逆过程，A选项正确；

B项：在外界的影响下，气体可以从单一热源吸收热量，全部用来对外做功，B选项正确；

C项：第二类永动机没有违反能量守恒定律，但违反了热力学第二定律，C选项错误；

D项：根据热力学第二定律知，热量可以从低温物体传到高温物体，但是不可能不引起其他变化，D选项正确。

故正确答案为C。





【例11】根据热力学定律，可知下列说法中正确的是（ ）。

- A. 外界对物体做功，物体的内能必定增加
- B. 随着科技的发展，机械效率是100%的热机是可能制成的
- C. 不可能从单一热源吸收热量并把它全部用来做功，而不引起其他变化
- D. 凡与热现象有关的宏观过程都具有方向性，在热传递中，热量只能从高温物体传递给低温物体，而不能从低温物体传递给高温物体



“吃透这道题！”

(讲义页码 P₁₆₉)



【答案】C

【解析】A项：根据热力学第一定律： $\Delta E = W + Q$ ，外界对物体做功，若物体放出热量，则物体的内能不一定增大，A选项错误；

B、无论科学技术多么发达，机械效率可能提高，但一定小于100%，即物体的机械效率不可能达到100%，B选项错误；

C、根据热力学第二定律内容，不可能从单一热源吸收热量并把它全部用来做功，而不引起其他变化，C选项正确；

D、根据热力学第二定律，热量不可能自发地从低温物体传到高温物体，但是只要外界提供能量，热量可以从低温传递到高温，比如冰箱的工作原理，D选项错误。

故正确答案为C。



岸上等你

THE TEST

光芒万丈
不负理想

粉笔
教师

