



AOZHONG BIYE
ZONGFUXI ZHIDAO



高中毕业总复习指导

物 理 [下]

天津人民出版社



23133820

15

701

06486

338

0.96

高中毕业总复习指导

物 理

(下)

张继恒 缪秉成

焦树霖 徐冠荣 编

凌毓儒

张继恒 审订

天津人民出版社



高中毕业总复习指导
——物理

(下)

张继恒 缪秉成等编

*

天津人民出版社出版

(天津市赤峰道124号)

天津新华印刷二厂印刷 天津市新华书店发行

787×1092毫米 32开本 10.75印张 222千字

1984年1月第1版 1984年1月第1次印刷

印数:1—514,000

统一书号:7072·1359

定 价: 0.96元

出版说明

为了帮助高中毕业班的教师搞好总复习阶段的教学，也为了帮助高中学生、在职和待业青年搞好高中课程的总复习，我们约请一些有多年教学经验的教师 and 教学研究人员编写了《高中毕业总复习指导》丛书。计划先出版语文、数学、物理、化学四种。每种分上、下两册。

本丛书根据中学教学大纲的要求，紧扣教材内容，对高中阶段应掌握的双基知识进行了归纳和总结；并对各科的重点和难点进行了分析和讲解；同时按照复习的需要，编选了适当数量的练习题、检查题，附了它们的简要提示或答案。总之，力求帮助学生巩固知识，开阔思路，提高分析问题和解决问题的能力。

《物理》由张继恒、缪秉成、焦树霖、徐冠荣、凌毓儒等编写，祁维城、周泉美、李隆顺、郭震岩等校核，张继恒审订。

欢迎广大读者对本书提出批评意见。

目 录

第二编 热学	(1)
第一章 分子运动论、气态方程	(1)
第二章 热量、热力学第一定律	(40)
第三编 电磁学	(77)
第一章 静电场	(77)
第二章 稳恒电流	(102)
第三章 磁场	(135)
第四章 电磁感应	(148)
第五章 交流电	(169)
第六章 电磁振荡和电子技术基础	(185)
第四编 光学	(201)
第一章 几何光学	(201)
第二章 光的本性	(274)
第五编 原子结构和原子核	(291)
综合检查题	(300)
答案或提示	(317)

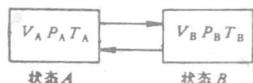
第二编 热 学

第一章 分子运动论、气态方程

一、本章概述

本章主要是研究理想气体的热学性质及其变化规律的。在研究理想气体的变化规律时，我们用体积、压强、温度等物理量来描述气体的状态，因此气体的体积、压强、温度这三个物理量叫做气体的状态参量。

一定质量的气体，它的状态是由体积、压强、温度来决定的。气体由一个状态变化到另一个状态的物理现象叫过程，如图 2-1-1 所示。本章就是揭示这些过程的宏观规律及其微观本质的，并且用图象加以描述。



本章主要讨论下列三个方面的问题： 图 2-1-1

(一) 一定质量(m)的某种气体，在某一状态下，它的三个状态参量 V 、 p 、 T 之间的关系可由克拉珀龙方程反映

出来，即
$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu}R.$$

(二) 一定质量的气体由某一状态 A 变化到另一状态 B 的过程中，气体前后两个状态的状态参量之间存在的关系可

由气态方程反应出来，即：

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_B V_B}{T_B}.$$

(三) 气体分子运动论：气体在状态变化过程中所遵循的规律有玻意耳—马略特定律、盖·吕萨克定律、查理定律、气态方程和克拉珀龙方程，这些都是以实验为基础的实验定律。气体分子运动论不仅能够解释上述定律，为上述定律提供理论基础，而且使对气体的研究从宏观领域进入微观领域，使我们加深了对气体性质的认识。

二、双基知识

(一) 分子运动论的要点

1. 宏观的物体都是由大量分子组成的，所谓分子是保持原物质化学性质的最小微粒。

(1) 分子的体积是极其微小的，如果把分子视为球体，则它的直径只有几埃（1 埃 = 10^{-10} 米），即分子直径的数量级为 10^{-10} 米。

(2) 分子的质量是极小的，如用 μ 表示摩尔质量， N_A 表示阿弗加德罗常数，则分子质量为

$$\frac{\mu}{N_A} \quad (N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ 个分子}).$$

(3) 分子间存在空隙，这个空隙的大小随物质的状态（固、液、气）而不同。

2. 分子间存在相互作用力，既有引力，又有斥力，当分子间距离为 r_0 时引力和斥力平衡；当分子间距离小于 r_0 时，分

子间的相互作用表现为斥力；当分子间的距离大于 r_0 时，分子间的相互作用表现为引力；当分子间距离大于几百埃时，分子间的相互作用十分微弱，可以认为等于0。

3. 一切分子都在不停地作无规则运动，每个分子运动速度的大小和方向都是不固定的，都是无规则的。但从总体上看，分子的无规则运动随温度的升高而加剧，因此大量分子无规则运动的集中表现就揭示了热现象的本质，也叫热运动。

(二) 理想气体模型 从宏观角度来分析，严格遵守气体三定律的气体叫做理想气体。而从微观物理角度来分析，理想气体必须符合下述几个条件。

1. 分子本身大小比分子间空隙小得多，故分子本身大小忽略不计。理想气体的体积可认为是分子间空隙的总和。

2. 分子与分子间的碰撞、分子与器壁间的碰撞均视为完全弹性碰撞。

3. 分子间除碰撞外，分子间的相互作用力可忽略不计。

4. 分子本身受的重力忽略不计。

(三) 气体状态的参量

1. 摩尔数：如用 m 表示气体的质量， μ 表示气体的摩尔质量，则可得摩尔数 $N = \frac{m}{\mu}$ 。

2. 温度(T 、 t)：气体温度的高低反映了大量气体分子无规则运动的剧烈程度，故温度是分子平均平动动能的标志。

常用摄氏温标($^{\circ}\text{C}$)和热力学温标(K)来表示，其热力学温度(T)和摄氏温度(t)间的关系是：

$$T = 273 + t.$$

3. 体积 (V): 是分子体积和分子间空隙的总和.

由于气体分子间距离较大, 除发生相互碰撞的瞬间外, 其分子间的作用力可忽略不计, 故气体可充满所能达到的空间, 气体的体积一般由容器的容积来决定.

单位经常用升、米³表示, $1 \text{ 米}^3 = 10^3 \text{ 升}$.

4. 压强 (p): 气体压强是气体作用在器壁单位面积上的平均压力. 从本质上看, 它是大量气体分子对器壁碰撞的平均效果. 其大小取决于在器壁的单位面积上单位时间内受到的碰撞次数和每次碰撞产生的平均冲量, 或是说决定于单位体积内气体分子的个数和分子的平均平动动能.

(四) 理想气体状态的变化规律

1. 等温过程 玻意耳—马略特定律

一定质量的气体, 在温度不变时, 气体的压强跟它的体积成反比, 这个结论叫玻意耳—马略特定律.

玻意耳—马略特定律可以用公式来表示, 假定一定质量气体的温度保持不变, 设它的体积为 V_1 时压强为 p_1 , 体积为 V_2 时压强为 p_2 , 那么:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

可用 $p-V$ 坐标图、 $p-T$ 坐标图、 $V-T$ 坐标图来表示等温过程, 如图2—1—2所示.

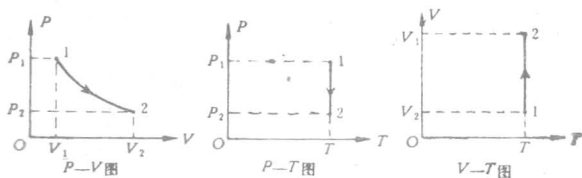


图2—1—2

一定质量气体的等温变化的 $p-V$ 图的曲线叫气体的等温线，是一条双曲线。

2. 等压过程 盖·吕萨克定律

一定质量的气体，在压强不变的条件下，它的体积跟热力学温度成正比，这个结论叫盖·吕萨克定律。

盖·吕萨克定律可用公式来表示，假定一定质量气体的压强保持不变，设它的温度为 T_1 时体积为 V_1 ，温度为 T_2 时体积为 V_2 ，那么：

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

可由 $p-V$ 坐标图、 $p-T$ 坐标图、 $V-T$ 坐标图来表示等压过程，如图2-1-3所示。

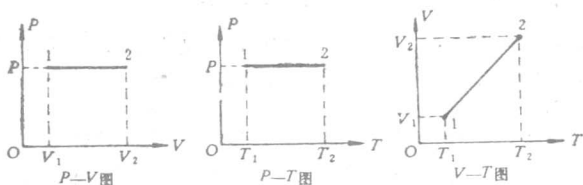


图2-1-3

一定质量气体的等压变化的 $V-T$ 图象是一条直线，且延长该直线一定通过坐标原点。

3. 等容过程 查理定律

一定质量的气体，在体积不变的条件下，它的压强与热力学温度成正比，这个结论叫查理定律。

查理定律可用公式表示，假定一定质量气体的体积保持不变，设它在温度 T_1 时压强为 p_1 ，温度为 T_2 时压强为 p_2 ，那

么:
$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$$

可用 $p-V$ 坐标图、 $p-T$ 坐标图、 $V-T$ 坐标图来表示等容过程, 如图2-1-4所示.

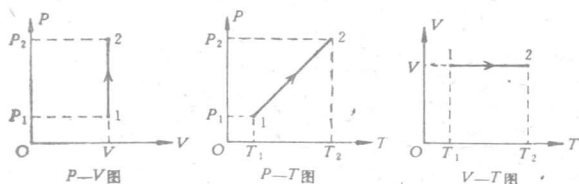


图2-1-4

一定质量气体的等容变化的 $p-T$ 图象是一条直线, 且延长该直线一定通过坐标原点.

4. 理想气体状态方程

一定质量的理想气体从初始状态 (p_1, V_1, T_1) 变化到终止状态 (p_2, V_2, T_2) , 气体的压强和体积的乘积与热力学温度的比值是不变的, 即:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ 或 } \frac{pV}{T} = \text{常数}.$$

上述公式所表达的是一定质量气体状态参量之间的函数关系, 与中间变化过程无关.

5. 克拉珀龙方程

理想气体的状态方程也可用某一状态时的各参量间的关系直接体现出来, 这种形式的理想气体状态方程又叫做克拉珀龙方程. 即:

$$pV = \frac{M}{\mu} RT.$$

式中 R 是普适气体恒量，它的导出是依据1摩尔气体在标准状态下，体积都是 2.24×10^{-2} 米³，故

$$R = \frac{p_0 V_0}{T_0} = 8.31 \text{焦耳/摩尔} \cdot \text{度} \\ = 0.082 \text{大气压} \cdot \text{升/摩尔} \cdot \text{开}.$$

6. 理想气体状态方程的讨论

理想气体状态方程实际上是前面所研究的气体三个实验定律的总结与概括。对于任何一定质量的理想气体，在 p 、 V 、 T 三个参量中，如果保持某个参量不变，则可以从气态方程导出对应的气体实验定律。

当 m 一定 T 不变时，可得 $p_1 V_1 = p_2 V_2$ ，这就是玻意耳—马略特定律。

当 m 一定 p 不变时，可得 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ ，这就是盖·吕萨克定律。

当 m 一定 V 不变时，可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ，这就是查理定律。

由此看来，气体实验三定律是理想气体状态方程在特定条件下的表现形式。

三、复习中应注意的问题

(一) 对于分子运动论和气体分子运动论的讨论

1. 分子力：根据分子运动论可知，分子间存在相互作用的引力和斥力，它们都随距离的增大而减小，但斥力的减小比引力更快。

当分子间距离小于几埃时，斥力大于引力，斥力起主要

作用，故分子间表现为排斥；当分子间距离在几埃以上时，引力大于斥力，引力起主要作用，分子间表现为吸引；当分子间的距离大于几百埃时，引力十分微弱，可忽略不计。

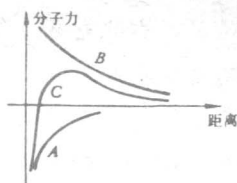


图2—1—5

可将分子间的作用力用图2—1—5来体现。图中曲线A是斥力和分子间距离的关系，曲线B是引力和分子间距离的关系，曲线C表示分子力（斥力和引力的合力）与分子间距离的关系。

2. 理想气体分子之间距离较大，比分子直径大得多，故分子间的引力可忽略不计，分子之间除了碰撞时的瞬间作用外，分子间的作用力忽略不计。

3. 实际气体不严格遵循气体实验三定律。在常温常压下实际气体的变化规律和气体实验三定律基本相符，但在低温高压下偏差较大。

4. 理想气体与实际气体的比较

理 想 气 体	实 际 气 体
1. 分子具有质量而没有体积	1. 分子具有质量也具有体积
2. 气体体积是分子间空隙的总和	2. 气体体积是分子体积和分子间空隙的总和
3. 除碰撞瞬间外无相互作用力	3. 分子之间有引力

（二）怎样理解气体温度的高低反映了大量气体分子无规则运动的剧烈程度

根据气体分子运动论可知，气体分子做无规则运动，分子之间发生频繁碰撞，使得每个分子的速度大小和方向频繁

地改变，因此就某一个分子来说，它在某一时刻的速度具有怎样的大小和方向，完全是偶然的。可是就大量分子而言，它们的速率分布就遵循一定规律了，这个规律叫麦克斯韦分布律。研究表明在一定温度下，某种气体的大多数分子的速率集中在某个数值附近，离开这个数值越远，分子数越少，表现为“中间多，两头少”的分布规律。当温度升高时，这种分布规律不变，但速率分布曲线的最大值相应地移到速率大的一方。

如图2—1—6所示，表明不同温度时，分子速率分布曲线不同。由于 $T_2 > T_1$ ，图中的曲线表示出温度升高时，速率小的分子数减少，速率大的分子数增多，分子的平均速率增大，大量分子无规则运动加剧了，故气体温度的高低反映了大量气体分子无规则运动的剧烈程度。

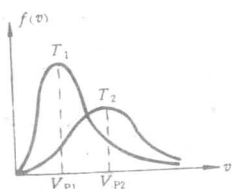


图2—1—6

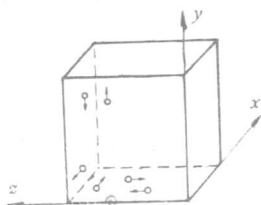


图2—1—7

(三) 对于气体压强决定因素的有关讨论

如图2—1—7所示，是一个边长为 l 的内盛气体的正立方体容器，假定所盛气体质量为 M ，气体的摩尔质量为 μ ，则容器内所含气体分子总数为 $N = \frac{M}{\mu} \times 6.023 \times 10^{23}$ 个，我们假设所有气体分子都以平均速率 v 向各个方向运动，因为气体

作无规则运动，它们沿各个方向运动的机会相等。因此从总的趋势看，可认为各有

$\frac{1}{3}N$ 的气体分子向 x 、 y 、 z 三方向运动。

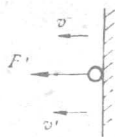


图2—1—8

又如图2—1—8所示，一个质量为 m 的分子以速度 v 跟器壁发生完全弹性碰撞，碰撞后的速度为 v' ，且 $v' = -v$ ，

$m = \frac{\mu}{N_A} = \frac{\mu}{6.023 \times 10^{23}}$ ，根据动量定理，器壁给分子的冲量为：

$$F't = mv' - mv = -2mv.$$

又根据牛顿第三定律可知，碰撞过程中，分子对器壁必然有一个大小相等、方向相反的冲量，即 $F \cdot t = 2mv$ 。

这表明气体分子与器壁碰撞一次，就给器壁 $2mv$ 的冲量，故每个分子碰撞时的作用力为 $\frac{2mv}{t}$ ，设总碰撞个数为 n ，则 n

个分子碰撞的总作用力为 $F = n \frac{2mv}{t}$ 。

又因为在 $t = \frac{l}{v}$ 的时间内有 $\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} N = \frac{1}{6} N$ 个分子与器

壁发生完全弹性碰撞，故

$$F = \frac{1}{6} N \times \frac{2mv}{\frac{l}{v}} = \frac{1}{3} N m v^2.$$

则器壁由于分子不断碰撞而受到的压强为：

$$\begin{aligned}
 p &= \frac{F}{S} = \frac{F}{l^2} = \frac{\frac{1}{3}Nmv^2}{l^2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{N}{l^3} \cdot mv^2 \\
 &= \frac{1}{3} \rho mv^2 = K \rho v^2.
 \end{aligned}$$

上式中 $\rho = \frac{N}{l^3}$ 为单位体积的分子数, $K = \frac{1}{3}m$ 是常数项.

上述推导的结论表明气体的压强决定于单位体积内的分子数和分子的平均速率. 单位体积内分子数越多, 分子平均速率越大 (分子平均平动动能越大) 气体的压强就越大.

(四) 对气体实验三定律的微观解释

1. 玻意耳—马略特定律

一定质量的气体, 温度保持不变, 也就是说分子总数不变, 分子的平均速率不变. 当气体的体积减小到原来的 n 分之一时, 则单位体积内的分子数增大为原来的 n 倍, (即密度为原来的 n 倍) 气体分子对器壁单位面积上单位时间内碰撞次数也增大为原来的 n 倍, 故压强也增大为原来的 n 倍. 反之, 当气体体积增大为原来的 n 倍, 则单位体积内的分子数变为原来的 n 分之一 (即密度为原来的 n 分之一), 气体分子对器壁单位面积上单位时间内碰撞次数变为原来的 n 分之一, 故压强也为原来的 n 分之一. 综上所述表明, 一定质量的气体当温度保持不变时, 压强与体积成反比.

2. 查理定律

一定质量的气体, 体积不变, 表明分子的总数不变, 单位体积内所含分子数也不变 (即密度不变). 当温度升高时,

分子的平均速率增大，每个分子撞击器壁的冲量增大；同时由于分子运动加剧，在器壁的单位面积上单位时间内分子的平均碰撞次数也增多，总冲量增大，故压强增大。上述微观解释表明一定质量的气体，体积不变，压强与热力学温度成正比。

3. 盖·吕萨克定律

一定质量的气体，表明分子的总数不变。当温度升高时，分子的平均速率增大，每个分子撞击器壁的平均冲量增大。那么要保持压强不变，即保持气体分子对器壁单位面积上单位时间内的碰撞总冲量不变，就必须减少气体分子对器壁单位面积上单位时间内的碰撞次数，则必定要减小气体的密度，故体积要增大。同理可知在压强一定时，温度降低，体积要减小。上述的微观解释表明一定质量的气体，压强保持不变时，体积与热力学温度成正比。

(五) 用气态方程解题时应注意的问题

1. 在开口容器或有活塞的容器中（如图2—1—9所示），气体的压强与外界给予气体的压强总是相等的。无论温度如何变化，气体的压强总等于该地区的大气压强。（注意（a）中气体的质量可能变化。）

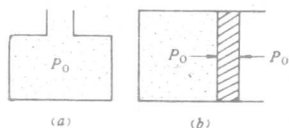


图 2—1—9

2. 要选准方程：要根据题目的性质选用恰当的气态方程。

一般可把题目分为两大类。第一类是按气体质量是否改变来分，解变质量问题要选用克拉珀龙方程，解定质量问题