



教和学辅导丛书

物理

(高中二年级用)

中国青年出版社

教和学辅导丛书

物 理

(高中二年级用)

北京师范大学中学教学研究中心 主编

中国青年出版社

封面设计：魏 杰

教和学辅导丛书

物 理

(高中二年级用)

北京师范大学中学教学研究中心 主编

*

中国青年出版社出版 发行

中国青年出版社印刷厂印刷 新华书店经销

*

T87M1982 1/32 4.8印张 81千字

1988年9月北京第1版 1988年9月北京第1次印刷

印数1—50,000册 定价1.40元

目 录

前言	1
第一章 分子运动论 热和功	3
1.1 学习要求	3
1.2 分子运动论	3
1.3 热和功	6
1.4 练习题	10
1.5 提高与扩展	16
第二章 固体和液体的性质	18
2.1 学习要求	18
2.2 晶体的空间点阵结构	18
2.3 液体的表面性质	20
2.4 熔解与凝固	24
2.5 练习题	27
2.6 提高与扩展	35
第三章 气体的性质	38
3.1 学习要求	38
3.2 气体状态、状态参量和理想气体状态方程	38
3.3 液化、汽化和饱和汽压	45
3.4 空气的湿度、湿度计	48
3.5 练习题	51
3.6 提高与扩展	62
第四章 电场	65

4.1 学习要求	65
4.2 库仑定律和电场	65
4.3 电势	73
4.4 匀强电场中的带电粒子	80
4.5 电容与电容器	84
4.6 练习题	89
4.7 提高与扩展	102
第五章 稳恒电流	104
5.1 学习要求	104
5.2 电流,欧姆定律与电动率	104
5.3 电路,分压和分流在伏特表和安培表中的应用	109
5.4 电动势与电池	114
5.5 电阻的测量,万用电表的使用	120
5.6 练习题	125
5.7 提高与扩展	136

前 言

为了更好地贯彻执行中学教学大纲的精神,按照教学大纲的要求进行教学改革,改进教学方法,提高教学质量,帮助广大中学师生努力达到教学大纲所规定的教学目标,使学生扎扎实实地学好学活基础知识,我们在张国栋、高建军等同志最初组织编写的中学各年级教学用书的基础上,主编了中学“教和学辅导丛书”。参加编写的都是全国一些著名中学有丰富教学经验的教师。

这套丛书紧密配合新编的中学课本,突出重点,注意方法、思路的分析,每本书的内容主要包括基本学习要求、重点知识分析、难点辨析、错例索因、例题和练习,以及课外活动资料等。它的主要特点是抓纲扣本,纲本结合;从教学实际出发,既有利于中学生掌握知识,发展能力,提高学习效果,也有助于中学教师剖析教材,精心备课,提高教学水平。但愿这套丛书能成为中学师生的良师益友。

丛书主编组由阎金铎、陈浩元、庄似旭、陶卫、乔际平同志组成。数学、物理、化学、外语4科的编委会由王绍宗、华跃义、胡翊涛、马明、孟学军、张国栋、高建军同志主持。政治科的编委会由阎金铎、张志建同志主持。

本书由苏州中学王溢然同志编写。

我们恳切地期望使用这套丛书的读者能提出宝贵建议，以便再版时修订完善，使它更好地为我国的中学教学改革服务。

北京师范大学中学教学研究中心

1988年3月1日

第一章 分子运动论 热和功

1.1 学习要求

1) 掌握分子运动论的基本内容, 理解阿伏伽德罗常数的意义, 掌握用阿伏伽德罗常数对微观量的估算方法。

2) 了解布朗运动及其原因, 了解分子间作用力的特点。

3) 理解分子的动能、势能、物体的温度和内能的概念, 了解内能跟物体的温度和体积的关系。

4) 掌握能的转化和守恒定律, 会从能的转化和守恒上分析物理现象, 解决物理问题。

1.2 分子运动论

分子运动论是研究热现象本质的基础理论。它的主要内容是: 物质是由大量分子组成的, 分子永不停息地作无规则的运动, 分子间存在着相互作用的引力和斥力。课本通过油膜法估测分子直径, 介绍阿伏伽德罗常数和布朗运动, 认识“大量”的含义和分子的无规则运动, 在此基础上由实验和推理得出分子间的相互作用及其特点。

1.2.1 重点、难点

1) 阿伏伽德罗常数是一个重点, 它是联系宏观量和微观量的一个桥梁。利用阿伏伽德罗常数可以把分子质量、分子大小和分子数这些难以直接测量的微观量跟质量、体积等易

于测量的宏观量联系起来,从而为定量地研究热现象提供了基础。学习中应加强对利用阿伏伽德罗常数的估算训练,培养一丝不苟的学风。

2) 布朗运动是分子无规则运动的实验基础,是一个重点。其产生原因的解释是一个难点。应该强调指出,布朗运动是大量液体分子对固体微粒撞击的集体行为的结果。由于液体分子的无规则运动,形成大量分子对固体微粒碰撞时的不平衡性,因而造成固体微粒运动的随机性。固体颗粒越小,它的各个侧面受撞的不平衡性越显著,布朗运动也就更加激烈。因此,从布朗运动可以反映液体分子的无规则运动。这正像一小块面包丢在鱼池中,被一群小鱼追逐吞食时,可由面包的运动反映小鱼的无秩序运动一样。同样,还可从布朗运动与温度的关系,反映分子的无规则运动与温度的关系。

3) 分子间同时存在着引力和斥力,是一个难点。学习中除通过简单的实验(如两小段铅块相吸)演示外,着重于运用推理思维和类比手法。譬如由水和酒精混合后体积变小的实验说明分子间有空隙,由大量分子能聚集成固体,可推断出分子间存在引力。又根据分子间有空隙,推断出必然同时存在着斥力。至于分子间引力和斥力随距离的变化,只要求大体了解它们各自的特点。

1.2.2 错例索因

1) 认为酒精和水混合后体积变小是酒精分子嵌在水分子之间的结果。这是受了生活中把芝麻倒在黄豆中体积减小的直觉印象造成的,没有从分子间存在相互作用的实质上去考虑。由于酒精(C_2H_5OH)和水(H_2O)混合后,酒精分子跟水分子之间形成了氢键,生成水合分子($C_2H_5OH \cdot H_2O$),造

成分子的重新分布,才使得它所占空间变小。

2)认为布朗运动就是分子的运动,或认为平时在阳光照射下看到的空气中尘埃的运动也是布朗运动。前者是由于对运动的原因认识不清,后者是由于推论的随意性造成的。因为分子的体积非常微小,通常无法被显微镜直接观察到。实验中的布朗运动都可以用倍数并不太大的显微镜来观察,可见它决不会是分子的运动。实际上布朗运动只是悬浮在液体中的固体微粒的运动。布朗运动中的固体微粒的体积极小,因而在液体分子碰撞下的不平衡性极显著。而肉眼能看到的空气中的浮尘,其尺度往往比布朗运动中的固体微粒大得多,空气分子对它的撞击的不平衡性已不甚明显,它的无规则运动主要是在重力、浮力和气流的共同影响下形成的(应该指出,在静止空气中的固体微粒也能作布朗运动)。

1.2.3 例题分析

例1 在标准状况下,氧气分子间的距离为多大?

分析 由1mol(摩)氧在标准状况下所占的体积和分子数,可算出每个氧分子所占的体积,把它看作一个立方体,其边长就是氧分子的间距。

答 1mol氧在标准状况下的体积 $V = 22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, 它含有的氧分子数为 $N = 6.02 \times 10^{23}$ 个。所以每个氧分子所占据的空间为

$$V_0 = \frac{V}{N} = \frac{22.4 \times 10^{-3}}{6.02 \times 10^{23}} = 3.721 \times 10^{-26} (\text{m}^3).$$

把这个空间看作一个立方体,它的边长等于相邻两个立方体的中心间距,也就是两个氧分子的距离,即

$$d = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{3.721 \times 10^{-26}} \approx 3.34 \times 10^{-9} (\text{m}).$$

这个距离已 10 倍于 r_0 , 所以通常气体分子间可认为没有相互作用。

例 2 根据分子力的特点, 设想分子为弹性钢球。当两个钢球相碰时会发生微小形变而产生相互排斥的弹力, 如同分子间的作用力表现为斥力一样。钢球发生微小形变就可以产生很大的弹力, 所以这个弹力随着钢球中心间距的减小而很快增大。怎样利用这一模型, 估算分子直径的数量级?

答 设想分子为弹性钢球。当两个钢球恰好接触但未相互挤压时, 假设两钢球球心间距为 R_0 。此时它们之间不发生力的作用。当两个钢球相碰并发生微小形变时, 两钢球球心的间距 $R < R_0$, 它们之间产生相互排斥的弹力。由分子力的特点知, 当分子间距为 r_0 时, 它们之间的作用力为零。当分子间距 $r < r_0$ 时, 它们的作用力表现为斥力。对照钢球模型可知, 分子间距 r_0 可以认为是两个分子恰好相接触时的中心距离, 亦即分子的直径。所以分子直径的数量级与 r_0 的数量级相同, 即为 10^{-10}m 。

1.3 热和功

温度是物体分子平均动能的标志。是把分子作为质点来处理, 对大量分子运动的统计平均的反映。内能由物体所处的状态决定, 是物体内部所有分子的动能和势能之和。从微观结构来说, 内能还应该包括原子和原子核内的能量, 但在一般热现象中, 这些能量的变化可不予考虑。所以从这点出发, 可以认为内能是由温度和体积决定。内能的改变有两种方式——做功和热传递, 它们在改变内能上的等效性, 使人们认识了热的本质, 为能的转化和守恒这一自然界的普遍规律提供了有力的证明。

1.3.1 重点、难点

1) 温度是一个重点概念。初中时把它定义为物体冷热的程度, 这种定义既带有主观随意性, 又未指出它的内在因素。高中时温度的定义初步揭示了这个宏观量的微观含义, 并指出它具有统计的意义, 对个别分子是不能说温度高低的。因为物体的每一个确定的温度都跟一定的分子热运动的平均动能相对应, 所以说温度是分子平均动能的标志, 但不能说成“温度等于分子运动的平均动能”。

2) 分子势能及其变化是一个难点。可以结合功能转化关系加以理解, 认识“当分子间距大于 r_0 时, 分子势能随间距的增大而增加; 当分子间距小于 r_0 时, 分子势能随间距的减小而增加”的道理。

3) 内能是又一个重点概念。它是由物体的状态所决定的物理量。它等于物体内所有分子的动能和势能之和。质量相同、物态不同时, 物体的内能不相同。例如 $1\text{ g } 100^\circ\text{C}$ 的水和水蒸气, 它们的分子数和分子的平均动能相等, 但由于水蒸气分子间平均距离比水分子间的平均距离大得多。水蒸气分子的势能大, 因而同质量、同温度的水蒸气的内能比水大。物态相同、质量不等时, 物体的内能也不相同。例如 $10\text{ g } 100^\circ\text{C}$ 的水和 $1\text{ g } 100^\circ\text{C}$ 的水, 分子的平均动能相同, 但 10 g 水含有的水分子多。因而它的内能大。

必须注意, 物体的内能是不同于机械能的另一种形式的能。物体具有一定内能时也可以具有一定的机械能。例如从斜面上滑下的木块, 它既有内能也有机械能, 它的内能决定于木块的温度和其中分子的聚集状态; 它的机械能则决定于其整体的速度和相对地面的位置。

4) 能的转化和守恒定律是重点内容。它是通过大量实

验事实概括出来的普遍规律,贯穿于整个物理学中。应用能的转化和守恒分析解决问题是极为重要的物理方法。应该注意:能的转化和守恒比机械能守恒定律更普遍。例如物体在空中下落受到阻力时,物体的机械能不守恒,但包括内能在内的总能量总是守恒的。

1.3.2 错例索因

1)把分子势能与距离的关系,笼统地说成“分子间距减小时,势能减小”。错在对分子力缺乏完整的认识,没有考虑到分子间相互作用力与平衡时间距 r_0 的关系。上述结论对分子间距 $r > r_0$,表现为引力时是正确的。但当 $r < r_0$,分子力表现为斥力时,分子间距增大,分子力做正功,势能应减小;反之,当间距减小时,外力需克服分子力做正功,势能应增大。

2)认为内能跟物体整体的宏观速度及相对于地面的高度有关。错在混淆了机械能和内能的概念。物体整体的宏观速度和对地高度决定了这个物体的机械能。分子运动的动能和分子间相互作用的势能,由分子的平均速率和分子间距决定,宏观上决定于物体的温度和体积,它跟整体的宏观速度和高度一般无关。

1.3.3 例题分析

例1 用力拉着铁块在水平地面上运动,它的机械能和内能有没有变化?

分析 应该分光滑接触和不光滑接触两种情况,而在不光滑接触时又有加速运动和匀速运动两种情况,不能一概而论。

答 地面光滑时,铁块由于受到外力后将做加速运动,它的速度越来越大,动能越来越大,但势能保持不变,所以铁块

的机械能增大.增大的机械能就等于外力对它所做的功.由于在运动过程中,铁块中所含的分子数、分子无规则运动的平均动能和分子势能都不发生改变,因此铁块的内能不变.

不光滑接触时,铁块在运动中时刻受到地面摩擦力的作用.若所受外力等于地面的摩擦力,铁块作匀速运动,机械能不变.若所受外力大于地面的摩擦力,铁块作加速运动,机械能增加.在这两种情况下,铁块在运动过程中都要克服摩擦力做功.这些功转变为热,其中一部分使铁块的温度升高,分子的平均动能增大,铁块的内能有了变化.

例2 质量 $m=0.1\text{kg}$ 的铅弹,以速度 $v=200\text{m/s}$ 水平射入质量 $M=1.9\text{kg}$ 的靶中未穿出.设靶可在光滑水平面上自由移动.若在这过程中,机械能的损失完全变为热,且有 $\eta=50\%$ 可为铅弹吸收,则铅弹的温度升高多少?已知铅的比热为 $c=133.8\text{J/kg}\cdot\text{K}$

分析 子弹击中靶未穿出,可看成是非弹性碰撞.由动量守恒算出两者的共同速度,于是可得系统机械能的损失.再由能的转化关系可算出子弹的温升.

解 设子弹击中靶后两者的共同速度为 u ,由

$$mv = (m + M)u, \text{ 得 } u = \frac{m}{m + M} v.$$

系统机械能的损失为:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} (m + M) u^2 = \frac{M}{m + M} \cdot \frac{1}{2} mv^2.$$

被子弹吸收的热量为 $Q = \eta \Delta E$. 设子弹温升 Δt , 则

$$Q = \eta \Delta E = cm \Delta t.$$

$$\therefore \Delta t = \frac{\eta \Delta E}{cm} = \frac{\eta M v^2}{2(m + M)c} = \frac{50\% \times 1.9 \times 4 \times 10^4}{2(0.1 + 1.9) \times 133.8}$$

$$= 71.0(\text{K}).$$

1.4 练习题

1.4.1 基本题

1. 一般分子直径的数量级是____m。月地间距约 38.4 万 km,其数量级是____m。

2. 分子间同时存在着引力和斥力,它们的大小都随分子间距离的增大而____。实际表现出来的分子力是它们的____。当分子间距等于____时,分子力为零,其数量级为____。当分子间距____时,分子力表现为斥力;当分子间距____时,分子力表现为引力;当分子间距的数量级为____时,分子力已弱到可以忽略不计的程度。

3. 分子运动论的基本内容是(1)物质是由____组成的;(2)分子____运动;(3)分子之间存在着_____。

4. 质量均为 1 kg 的 50°C 的水和 20°C 的水,内能较大的是____。温度均为 20°C 、质量分别为 1 kg 和 5 kg 的水,内能较大的是____。质量均为 1 kg、温度均为 100°C 的水和水蒸气,内能较大的是____。

5. 锅炉中盛有 150kg 的水,由 20°C 热至 100°C ,水的内能增加了____J。

6. 一个物体的内能增加 20J,如物体跟周围环境不发生热交换,则周围环境需对它做功____。如周围环境没有对它做功,则需传给物体的热量为____。

7. 从能的转化观点上考虑,拖拉机的气缸里活塞压缩气体,空气温度升高是____能转化为____能;喷入的燃料燃烧后产生高温高压气体是____能转化为____能;高温高压气体推动活塞运动,带动拖拉机前进是____能转化为____能。

8. 下面各数中数量级相同的是().

(1) $6.4 \times 10^3 \text{km}$; (2) $3.2 \times 10^6 \text{m}$; (3) $3.2 \times 10^{-6} \text{m}$; (4) 35m;
(5) $2.1 \times 10^{-8} \text{m}$.

9. 0.5mol 氧气中含有().

- (1) 0.5 个氧分子; (2) 1 个氧分子; (3) 3.01×10^{23} 个氧分子;
(4) 3.01×10^{12} 个氧分子。

10. 如果用 μ 表示某液体的摩尔质量, m 表示分子质量, ρ 表示密度, V 表示摩尔体积, v 表示分子体积, N 为阿伏伽德罗常数, 则下列关系中正确的是()。

- (1) $N = v/V$; (2) $N = V/v$; (3) $V = \mu/\rho$; (4) $V = \rho\mu$;
(5) $m = \mu/N$; (6) $m = \rho V$ 。

11. 关于布朗运动, 下列说法中正确的是()。

- (1) 布朗运动不是分子的运动, 而是悬浮的固体微粒的运动; (2) 布朗运动是由于固体微粒本身有动能而产生的杂乱运动; (3) 布朗运动是由于固体微粒受到周围液体分子的撞击而产生的; (4) 布朗运动的发生不受温度的影响; (5) 观察时间越长, 布朗运动越激烈; (6) 固体微粒越小, 布朗运动越显著。

12. 关于物体内能和机械能的说法中, 哪几种是可能发生的()。

- (1) 机械能很大的物体, 其内能一定也很大; (2) 物体的温度升高, 内能一定增加, 但机械能却不一定增加; (3) 物体内能有损失时, 必然导致机械能的损失; (4) 物体机械能损失时, 其内能却有可能增加; (5) 内能为零, 而机械能不为零; (6) 机械能为零, 内能不为零; (7) 内能和机械能都不为零; (8) 内能和机械能都为零。

13. 质量相同、温度相同的物体, 它们一定()。

- (1) 含相同的热量; (2) 含相等的内能; (3) 相互接触时无热传递; (4) 分子具有相同的速率。

14. 一颗炮弹在高 h 的空中以速度 v 沿水平方向飞行, 炮弹质量为 M , 分子质量为 m , 下列说法中正确的是()。

- (1) 分子的动能为 $\frac{1}{2}mv^2$; (2) 分子的势能为 mgh ; (3) 炮弹的内能为 $\frac{1}{2}mv^2 + mgh$; (4) 炮弹的内能为 $\frac{1}{2}Mv^2 + Mgh$; (5) 炮弹的机械能

为 $\frac{1}{2}Mv^2 + Mgh$ 。

15. 发生热传递时,热量的传递方向是()。

(1)从热量较多的物体传给热量较少的物体;(2)从温度较高的物体传给温度较低的物体;(3)从内能较大的物体传给内能较小的物体;(4)从比热较大的物体传给比热较小的物体。

16. 一个铜块和一个铁块,质量相等,铜块的温度 T_1 比铁块的温度 T_2 高,当它们接触在一起时,如果不和外界交换能量,那么()。

(1)从两者开始接触到热平衡的整个过程中,铜块放出的总热量等于铁块吸收的总热量;(2)在两者达到热平衡以前的任一段时间内,铜块放出的热量不等于铁块吸收的热量;(3)达到热平衡时,铜块的温度 $T = (T_1 + T_2) / 2$;(4)达到热平衡时,两者的温度相等。

17. 甲、乙两固体,如果甲放出的热量比乙的多,则可肯定()。

(1)甲的温度变得比乙低;(2)甲的温度降低的度数比乙降低的度数多;(3)甲的内能变化量比乙的内能变化量大;(4)甲的内能变得比乙的内能小。

18. 有两瓶气体(O_2 和 H_2),它们的温度相同,则()。

(1)内能必然相等;(2)分子的动能相等;(3)分子的势能相等;(4)分子的平均动能相等。

19. 质量 m 的子弹以速度 v 水平射入放在光滑水平面上质量为 M 的木块(子弹未穿出),则()。

(1)子弹克服阻力做的功等于系统内能的增加;(2)子弹动能的减少等于子弹克服阻力做的功;(3)子弹机械能的损失,等于木块获得的动能与系统增加的内能;(4)阻力对子弹做的功与推力对木块做的功相等。

1.4.2 综合题

1. 金刚石的密度是 3500kg/m^3 , 10^{22} 个金刚石原子占有多大的体积?

2. 在面积 $S = 100\text{m}^2$ 、高 $h = 4\text{m}$ 的房间里,喷洒出 1L 丙酮,如果丙酮都蒸发并均匀地分布在房间内,在 1m^3 的空气中含有多多少少丙酮分