

高中物理

GAOZHONG WULI

中学生学习指导丛书

鬼义钧 顾长乐 郑伯揆 马文竹 编

北京师范大学出版社

2

04-42

1031595

<83:2>

中学生学习指导丛书

高中物理

第·二·册

魏义钧 顾长乐 郑伯揆 马文竹 编



北京师范大学出版社



22416091

3、 K_5 开)

合, 其余

只 K_2 、 K_6

K_2 、 K_4 合

只 K_6 合);

端)。0 (

时间图象

10^{-2}s)

$= \frac{1}{2} \frac{Uq}{dn}$

(京)新登字160号

中学生学习指导丛书

高中物理

第二册

魏义钧 顾长乐 郑伯揆 马文竹 编

*

北京师范大学出版社出版发行

全国新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 7 字数: 147千

1992年3月第1版 1992年3月1次印刷

印数: 1—20 500

ISBN7-303-00546-3/G·303

定价: 3.00元

前 言

中学生学习指导丛书(物理)是一套与中学教材紧密配合的系列指导书,它的内容充实,概念准确,重点突出.在内容编写上遵循认知规律,循序渐进,启发思维,使学生学习能力能逐步提高.

本册书共分八章,每章按知识点分几个单元,每一单元包括学习指导和单元练习两部分.第一部分以基本知识、疑难问题分析、例题分析来复习、巩固学生学过的内容,第二部分是本单元的基础练习.在每章后设有综合练习,以加强学生对本章内容的综合应用,书的最后部分是涉及全书内容的综合练习,以使读者掌握、灵活运用、融汇贯通全书内容.书末附有各种练习的参考答案.

这套丛书由北京师范大学三个附属中学的部分有多年教学经验的高级教师编写,本册由魏义钧等老师执笔.

这套丛书可供中学生学习、复习时使用,也可供青年自学者和中学教师参考.

目 录

第一章 分子运动论基础.....	(1)
第二章 内能 能的转化和守恒定律.....	(6)
第三章 气体的性质.....	(15)
第一单元 气体实验定律.....	(15)
第二单元 理想气体状态方程.....	(38)
第三单元 气体参量及实验定律的微观解释.....	(52)
练习一.....	(59)
练习二.....	(62)
第四章 固体和液体的性质.....	(67)
第五章 物态变化.....	(73)
第一单元 熔解和凝固.....	(73)
第二单元 汽化 液化.....	(78)
练习.....	(81)
第六章 电场.....	(83)
第一单元 电荷守恒定律和库仑定律.....	(83)
第二单元 电场的描述.....	(89)
第三单元 静电场对场中物体的作用.....	(99)
第四单元 电容器 电容.....	(116)
练习一.....	(127)
练习二.....	(129)
第七章 稳恒电流.....	(132)
第一单元 不含源电路.....	(132)
第二单元 电动势 闭合电路欧姆定律 电池组.....	(150)
第三单元 电学实验.....	(169)
练习一.....	(180)

练习二.....	(182)
第八章 物质的导电性.....	(186)
综合练习一.....	(195)
综合练习二.....	(199)
参考答案.....	(205)

第一章 分子运动论基础

研究热现象有两种方法：一种是从物质的微观结构出发，建立分子运动论，把各种热现象归结为大量分子无规则热运动的表现来加以研究；一种是从能量的观点出发，确认热是能的一种形式，叫做内能，并把内能与其它形式的能联系起来，建立能的转化与守恒定律，来对各种热现象加以研究。本章着重介绍分子运动论的基础知识，初学者应学好这一章，为进一步研究气体、液体和固体的性质打好基础。

一、学习指导

1. 基本知识

(1) 分子运动论的基本内容。

① 物体是由大量分子组成的，分子之间存在空隙。

② 分子永不停息地做无规则运动。

③ 分子间存在着相互作用的引力和斥力。

(2) 分子的大小和阿伏伽德罗常数。

① 不同物质的分子的大小各不相同，分子还有复杂的内部结构。分子运动论，是把分子的简化模型看作小球，谈到分子的大小，常用分子的直径来表示。用油膜法和其它方法测出的一般分子直径的数量级为 10^{-10} 米。

② 1 摩尔的任何物质所含的粒子数都为 N ， $N = 6.02 \times 10^{23} \text{ 摩}^{-1}$ 。常数 N 叫做阿伏伽德罗常数。

(3) 分子不断地做无规则运动的实验基础。

① 扩散现象：互相接触的不同物质，彼此进入对方的现象。温度越高，扩散进行的越快。

② 布朗运动：悬浮在液体或气体中的微小颗粒不停地作

无规则运动的现象。布朗运动是小颗粒受液体、气体分子无规则碰撞所造成的，温度越高，小颗粒越小，布朗运动越激烈。

(4) 分子间有空隙的实验基础。

水和酒精混合后，总体积减小；装在钢筒中的油在高压下可以通过筒壁渗出等可说明分子间有空隙。

(5) 分子间有相互作用力的实验基础。

固体不易被拉伸，分子间虽有空隙但也不易被压缩，说明分子间有引力和斥力的作用。

(6) 分子间作用力与分子间距离的关系如图1-1所示。图中 F 表示分子间引力与斥力之和。

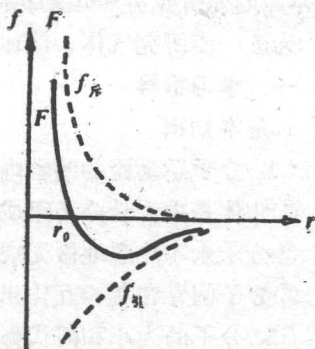


图 1-1

当 $r = r_0$ 时，引力与斥力之合力为零。

当 $r > r_0$ 时，分子间作用力表现为引力。

当 $r < r_0$ 时，分子间作用力表现为斥力。

2. 疑难问题分析

(1) 布朗运动是不是分子运动？

通过显微镜，我们可以看到悬浮在液体中的微粒作无规则的运动，即布朗运动。有人认为他看到的这个运动就是分子的运动，这是不对的。

一般的分子很小，直径的数量级只有 10^{-10} 米，光学显微镜不能把它放大到我们能看到的大小。我们从显微镜中看

到的微小颗粒，是由成千上万个分子组成的，它的布朗运动并不是分子运动，而是反映出液体分子在不停地无规则地运动着。

由于液体分子的运动，悬浮在液体中的颗粒要受到液体分子的撞击，由于液体分子的运动是无规则的，所以微粒受到的来自各方向的撞击是不平衡的，在某一瞬间，微粒受到的撞击力的合力指向某一方向，微粒获得这一方向的加速度，另一瞬间，微粒受到的撞击力的合力变为另一个方向了，微粒的加速度也要随之改变到这个新的方向，液体运动无规则，对微粒的撞击力的合力的方向、大小的变化情况也无规则，微粒的运动的速度的变化也无规则，它的运动也就没有规则了。

温度越高，液体分子无规则运动的速率越大，对颗粒的撞击力越大；颗粒越小，来自各方向的液体分子的撞击力越不平衡，所以颗粒的无规则的布朗运动越激烈。

(2) 分子间的引力和斥力怎样随着分子间的距离改变？

有人认为：分子间距离 $r = r_0$ 时，分子引力 = 斥力，当 $r < r_0$ 时，分子力表现为斥力，当 $r > r_0$ 时，分子力表现为引力，这说明：分子引力随分子间距离 r 的增大而增大，斥力则随 r 的增大而减小。这个看法是不对的。

事实上，分子间的引力和斥力都是随分子间距离的增大而减小的，当分子间的距离足够大时，分子间的引力和斥力都减小到足够小而都可以忽略不计了。但斥力随距离的变化比引力快，在 $r = r_0$ 时，引力 = 斥力，当 $r > r_0$ 时，引力、斥力都减小，而斥力减小的比引力减小的多，所以斥力 $<$ 引力，而它们的合力表现为引力，反之， $r < r_0$ 时，斥力比引力增加的多，结果斥力 $>$ 引力，所以，合力为斥力。请初读

者再仔细观察一次图1-1, 看清引力、斥力及其合力 F 随 r 变化的规律。

3. 例题分析

例1 把体积 V 为2立方毫米的石油滴在水面上, 石油在水面上形成面积 S 为6平方米的油膜, 根据这些数据估算石油分子的直径。

解: 油膜的厚度可以看作分子的直径, 用 d 表示。

$$\because V = dS,$$

$$\therefore d = \frac{V}{S} = \frac{2 \times 10^{-9}}{6} \text{ 米} = 3.3 \times 10^{-10} \text{ 米}.$$

例2 已知食盐的密度 ρ 为 2.2×10^3 千克/米³, 摩尔质量 M 为58.5克/摩尔. 现有一小块食盐晶体, 其体积为 4.5×10^{-8} 立方米, 问这块食盐中含有多少食盐分子?

解: 这块食盐的质量 $M' = \rho V$.

$$\text{它的摩尔数 } n = \frac{M'}{M} = \frac{\rho V}{M}.$$

$$\text{它含有的分子数 } N' = n \cdot N = \frac{\rho V N}{M}.$$

$$\begin{aligned} \text{即: } N' &= \frac{\rho \cdot V \cdot N}{M} = \frac{2.2 \times 10^3 \times 4.5 \times 10^{-8} \times 6.02 \times 10^{23}}{58.5 \times 10^{-3}} \text{ 个} \\ &= 1.02 \times 10^{21} \text{ 个} \end{aligned}$$

二、单元练习

1. 写出分子运动论的基本内容。
2. 写出分子不停地做无规则运动、分子间有空隙及分子间有作用力的实验根据。
3. 下面哪种说法是正确的?

- ①布朗运动是分子的运动。
- ②布朗运动是由固体的无规则运动引起的。
- ③布朗运动可以由气体的无规则运动引起。
- ④温度为摄氏零度时，布朗运动一定停止，随着温度的升高，布朗运动会加剧。

4. 下面说法正确的是：

- ①当分子间的距离为 r_0 时，分子间的引力和斥力都是零，当分子间距离大于 r_0 时，分子间出现引力。
- ②分子间距离 $r = r_0$ 时，分子间引力与斥力之值相等，当 $r > r_0$ 时，斥力比引力减小的快，当 $r < r_0$ 时，斥力比引力增加的慢。
- ③ r 为任何值时，分子引力随 r 的变化都比斥力变化的慢。
- ④当 r 在某一范围内，分子斥力已小到可以忽略，而分子引力在同一精度要求下还不能忽略。

5. 如果已经知道 NaCl 的摩尔质量是 58.5 克/摩尔，而一个 NaCl 分子的质量是 9.72×10^{-26} 千克，由此求得的阿伏伽德罗常数值是多少？

第二章 内能 能的转化和守恒定律

本章是从能量的观点出发来研究热现象的，介绍了物体的内能，内能改变的两种途径和能的转化与守恒定律。这一章的知识也是以后研究气体、液体和固体性质的基础。

一、学习指导

1. 基本知识

(1) 内能：物体的内能指分子动能和分子势能的和。

①分子动能：组成物体的每个分子都不停地做无规则运动，分子由于这一运动而具有的动能叫分子动能。

组成物体的分子具有不同的速率，它们的动能的平均值，叫分子的平均动能。

多原子分子不仅有平动，还有转动与振动。温度增高时，分子各种运动的动能成比例地增大，而温度是分子平均平动动能的标志。

由于分子的无规则运动随温度的升高而加剧，所以常把分子的这种运动叫做“热运动”。

②分子势能：由分子间相对位置决定的势能叫分子势能。分子势能的变化取决于分子力的功，和重力势能与重力的功之间的关系类似，分子力做多少正功分子势能就减少多少，分子力做多少负功分子势能就增加多少。

(2) 改变内能的两种途径。

①做功：如果只通过做功来改变物体的内能，则物体内能的增量等于外界对物体做的功。

②热传递：如果只通过热传递改变物体的内能，则物体内能的增量等于外界传给物体的热量。

在国际单位制中，功、能和热量的单位都是焦耳。历史上，热量曾有一个单位叫卡，现在还常常使用，这两个单位之间的折合关系为

$$1 \text{ 卡} = 4.18 \text{ 焦耳}.$$

历史上把

$$J = 4.18 \text{ 焦耳/卡} \quad \text{叫做热功当量};$$

而把

$$\frac{1}{J} = 0.24 \text{ 卡/焦耳} \quad \text{叫做功热当量}.$$

(3) 能的转化和守恒定律.

①热力学第一定律：物体内能的增量等于外界对物体做的功和外界传给物体的热量的和。其数学表达式为

$$\Delta E = W + Q.$$

当外界对物体做正功时， W 为正，物体对外界做正功时， W 为负；物体从外界吸热时， Q 为正，物体放热时， Q 为负。

②能的转化和守恒定律：能量可以从一种形式转化为另一种形式，也可以从一个物体转移到另一个物体，但能量既不会凭空产生，也不会凭空消失，即总能量的值不会改变。

能的转化与守恒定律是自然界的一个普遍规律，是最重要的物理规律之一。用这一规律去分析、解决问题，常常可以把复杂的问题简化。掌握了这一规律之后，我们就不要再妄图创造能量，而是设法把潜藏的能量开发出来应用，把使用起来不够方便的能量形式转化为使用方便的能量形式，并力求在转化与传输过程中减少损耗。

2. 疑难问题分析

(1) 温度高的物体内能是否一定大？

温度的宏观含义是物体冷热程度的表示，微观含义是分子平均平动动能的标志，既然是平均值，就是说它表明的是

一个分子的平动动能值。温度高，物体内能不一定大，因为：

①温度高的物体，一个分子的平均平动能虽大，但若分子数目少，其总动能值就不见得大，如一滴 50°C 的水的内能不会比一盆 20°C 的水的内能多。

②温度是平均平动动能的标志，单原子分子只有平动，多原子分子除平动外还有转动和振动，1摩尔氦气在 50°C 时的动能不会比1摩尔氧气在 20°C 时的动能大。在中学阶段，一般不探讨这方面的问题。

③物体内能是它所包含的分子的动能和势能的总和，还要考虑势能，即使甲物体的分子总动能比乙大，如果甲的势能比乙的势能小，甲的内能就不一定比乙的内能大了，特别是物体在状态发生变化的时候，比如一定质量 0°C 的冰熔解为 0°C 的水，是要吸热的，它的内能就要增大，不久即可学到，这是因为冰熔解为水时，要把原有分子的有规则的排列结构扩散，需要克服分子力做功，增加分子势能，所以不同质量 0°C 的水比 0°C 的冰的内能大。

从上述可知，温度只是影响内能的因素之一，比较两个物体内能时还要考虑其它因素。

物体处于一定状态时，就具有一定的内能，而且具有一定的温度（可以全体有一个共同的温度，也可以各部分各有自己的温度）。所以温度和内能都是“状态量”，但能量是可以转化和传递的，温度是描述状态的一个物理量，不能传递，更谈不到转化。

（2）热能和热量一样不一样？

热能是内能的一个通俗叫法，它就是内能，而热量是在热传递过程中传递的数量，它是内能改变量的量度。热量和功类似，只有在热传递的过程中才有意义，所以它不是“状

态量”而是“过程量”。一切“某物体含有多少热量”的说法都是错误的。物体从状态 A 经过不同的过程转化为状态 B ，它和外界交换的热量也往往是不相同的，这一问题在气体性质一章中将具体讨论，希望初读者注意这一点。

(3) 热量是不是从内能大的物体转向内能小的物体？物体吸热后，内能是否一定增大？温度是否一定升高？

上面几问的答案都是否定的。热量总是从温度高的物体，传向温度低的物体，一旦各物体或物体的各部分温度相同了，热传递就停止了。前面说过一滴热水的内能可以比一盆冷水的内能小，但热水的温度高，冷热水接触时，热量还是从热水传向冷水，直至各部分水温度相同为止。

由于内能的改变有两个途径，所以当物体吸热时如果同时向外做功，它的内能就不一定增加，同样道理，物体内能增加也不一定是吸热的结果。

即使物体吸热后内能增大了，它的温度也不一定升高，前面说的冰吸了热熔解为同温度的水就是这方面的实例。

(4) 做功和热传递有什么不同？

做功和热传递都可以改变物体的内能，但它们的作用并不全同，做功是使内能和其它形式的能之间发生转化，热传递只能使内能从一个物体传到另一个物体，而不使能的形式发生转变。

(5) 分子间距离增大，分子势能应该增大还是减少？

答案应该是条件不足，不能肯定。因为分子势能的增、减取决于分子力做正功，还是要克服分子力做功。当分子间距离为某一值 r_0 时，分子的引力和斥力之和为零，当 $r > r_0$ 时，分子间作用力的合力表现为引力，这时，若分子距离增大，要克服分子力做功，分子势能增大，而 $r < r_0$ 时，分子间作用

力的合力为斥力，在这种情况下，分子距离若增大，分子力做正功，分子势能要减小。从上述讨论也可知道当 $r = r_0$ 时，无论分子间距离是增大还是减小，都要克服分子力做功，分子势能都要增大，所以 $r = r_0$ 时，分子势能最小。

(6) 内能和机械能的区别是什么？

内能和机械能都包含动能和势能两部分，但它们却不相同，内能包含的是分子动能和分子势能的和，分子动能是指分子因无规则热运动而具有的动能，而机械能的动能是由大量分子组成的宏观物体整体的定向运动具有的能，物体高速运动时，其中的分子虽然都要随之运动，但这定向运动不属于热运动，它所对应的动能不属于内能，也与温度无关。分子势能是由分子间的相对位置决定的势能，机械能中的重力势能是由物体和地球间的相对位置决定的势能，这两者也无关联，高空中的物体重力势能大，不意味着它的分子势能大。

3. 例题分析

例1 某物体从50米高处落下，若它重力势能的50%转化为它的内能，如这物体的比热为0.21卡/克·度，问这一物体升高的温度是多少？（ g 取10米/秒²）

有的初学者解这一问题时，会发生下列错误：他写出的式为

$$mgh \cdot \eta = J \cdot cm \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{gh \cdot \eta}{J \cdot c} = \frac{10 \times 50 \times 0.5}{4.18 \times 0.21} ^\circ\text{C} = 285 ^\circ\text{C}.$$

这一结果显然是错误的，从并不高的50米处落下，温度怎么可能升高二百多度呢？错误出在哪里呢？原来出在单位上。他用的 g 的值是10米/秒²，说明他计算重力势能时采用的是国

国际单位制, mgh 的单位是焦耳, m 的单位应该是千克, 在 $cm\Delta t$ 中, 如果 m 的单位是千克, c 的单位应该是千卡/千克·度, 所以 $cm\Delta t$ 的单位是千卡而不是卡. $1 \text{ 卡} = 4.18 \text{ 焦耳}$, 1 千卡 应为 4180 焦耳 , 即 J 的值应取 4180 焦耳/千卡 , 而不该用 4.18 焦耳/卡 . 所以正确的答案应是:

$$\Delta t = \frac{gh \cdot \eta}{J \cdot c} = \frac{10 \times 50 \times 0.5}{4180 \times 0.21} = 0.285^\circ\text{C}.$$

例 2 质量为 m 的子弹以水平速度 v 飞来, 射入悬挂着的质量为 M 的沙袋中, 并随沙袋一起运动, 如图 2-1. 如果在这一过程中, 转化成内能的能量的一半被子弹吸收, 子弹的比热为 c , 求子弹升高的温度.

(设题中所给各量的单位都是国际单位制的单位)

解: 子弹随沙袋一起运动, 说明它们有共同的速度 v' , 在子弹射入沙袋的过程中, 子弹和沙袋组成的体系在水平方向不受外力, 所以它们在水平方向动量守恒, 即:

$$mv = (m + M) v'.$$

$$v' = \frac{mv}{m + M}.$$

这一过程中减少的机械能为

$$\Delta E_{\text{机}} = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} (M + m) v'^2$$

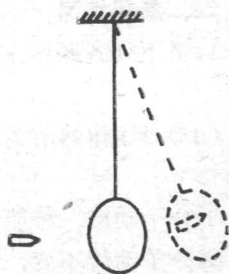


图 2-1