

普通高级中学新教材（试验修订本）同步立体训练

北京九所名校



高二物理

第二册（上）

本书主编 耿文 北京师范大学二附中 物理高级教师

北京大学附中

清华大学附中

北京师范大学附中

北京四中

北京师范大学实验中学

中国人民大学附中

教

师

编

写

组

图信出版社 ● 知识出版社

普通高级中学新教材（试验修订本）同步立体训练

北京九所名校金牌解题

高二物理

（第二册·上）

主 编 向佐初
副主编 鲁 月

本书主编：

耿 文：北京师范大学二附中物理高级教师

团结出版社
知识出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

北京九所名校金牌解题·高二物理·第2册·上:试验修订本/向佐初主编;耿文分主编. —北京:团结出版社,知识出版社,2000.7

ISBN 7-80130-403-9

I. 北... II. ①向... ②耿... III. 物理课-高中-教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 34714 号

北京九所名校金牌解题丛书编委

胡国燕	刘德齐	戴凤春	张燕华	阮国杰	陈伟聪
刘晓昭	冀幼华	李建华	郝铁英	范仲平	张绛珠
郑妍	李意如	刘鋤非	羿阳	鲁月	李妍华
余传隆	马玉森	吴建新	张美莉	杨春明	陈杰勋
陈鸿征	陈家骏	容建新	范雅妍		

本书撰稿者

耿文	黄静	胡妍方	天玉文	白丽云	胡涛
韩玲冬	李建勋	庄菁倩	肖勇刚		

出版:团结出版社·知识出版社(北京市东皇城根南街84号)

[电话(010) 8205.9220 6513.3603(发行部)6524.4792(编辑部)]

<http://www.tuanjiechs.com> E-mail:unitypub@263.net

经销:全国新华书店

印刷:长沙鸿发印务实业有限公司

开本:787×1092毫米 16开

印张:7.125 字数:176千字

版次:2001年7月 第二版

印次:2002年7月(长沙)第二次印刷

书号:ISBN 7-80130-403-9/G·92

定价:8.00元(平)(如有印装差错,请与本社联系)

目 录

力 学

第十章 机械波	(1)
一、波的形成和传播	(1)
二、波的图像	(1)
三、波长、频率和波速	(1)
*四、波的反射和折射	(3)
五、波的衍射	(3)
六、波的干涉	(3)
*七、驻波	(5)
八、多普勒效应	(5)
九、次声波和超声波	(5)

热 学

第十一章 分子热运动 能量守恒	(5)
一、物体是由大量分子组成的	(5)
二、分子的热运动	(5)
三、分子间的相互作用力	(7)
四、物体的内能	(8)
五、改变内能的两种方式	(8)
六、热力学第一定律 能量守恒定律	(10)
七、热力学第二定律	(10)
八、能源 环境	(10)
*第十二章 固体和液体 (略)	(12)
第十三章 气体	(12)
一、气体的状态参量	(12)
二、气体实验定律	(14)
三、理想气体状态方程	(18)
四、理想气体状态方程 (1)	(18)
五、理想气体状态方程 (2)	(18)
*六、饱和汽和未饱和汽 (略)	
*七、空气的湿度 (略)	

电 磁 学

第十四章 电场	(22)
---------------	------

一、电荷 库仑定律	(22)
二、电场 电场强度	(25)
三、电场线	(25)
四、电场中的导体	(28)
五、电势差 电势	(28)
六、等势面	(28)
七、电势差与电场强度的关系	(28)
八、电容器 电容	(33)
九、带电粒子在匀强电场中的运动	(35)
*十、静电的利用和防止 (略)	
第十五章 恒定电流	(38)
一、欧姆定律	(38)
二、电阻定律 电阻率	(38)
三、电功和电功率	(40)
四、闭合电路欧姆定律	(42)
五、电压表和电流表	(42)
六、电阻的测量	(45)

测 试 卷

测试卷一 机械波 (A)	(48)
测试卷二 机械波 (B)	(51)
测试卷三 机械波 (C)	(54)
测试卷四 分子热运动 能量守恒 (A)	(57)
测试卷五 分子热运动 能量守恒 (B)	(59)
测试卷六 分子热运动 能量守恒 (C)	(61)
测试卷七 气体 (A)	(63)
测试卷八 气体 (B)	(66)
测试卷九 期中模拟试卷 (A)	(69)
测试卷十 期中模拟试卷 (B)	(72)
测试卷十一 电场 (A)	(75)
测试卷十二 电场 (B)	(79)
测试卷十三 电场 (C)	(82)
测试卷十四 恒定电流 (A)	(85)
测试卷十五 恒定电流 (B)	(88)
测试卷十六 恒定电流 (C)	(93)
测试卷十七 期末考试卷 (A)	(96)
测试卷十八 期末考试卷 (B)	(100)
测试卷参考答案	(104)

力 学

第十章 机械波

一、波的形成和传播

二、波的图象

三、波长、频率和波速

(一) 重点难点分析

机械振动在弹性媒质中的传播运动叫机械波。

我们应特别注意，在振动的传播过程，每个参与传播振动的质点不沿振动传播方向定向移动（质点不随之迁移），它们只在各自的平衡位置附近振动。

1. 产生条件

- { a) 振源,
- b) 弹性媒质.

媒质中各质点间存在相互作用，因此一个质点的振动必然带动相邻的质点振动，于是振源的振动在媒质中传播的同时随之将其能量在媒质中传播出去。所以波动是传播能量的一种形式。

2. 波的分类

(1) 横波：质点振动方向与波的传播方向垂直；横波波形有波峰和波谷。

(2) 纵波：质点振动方向与波的传播方向在一条直线上；纵波波形有密部和疏部。

3. 描述波的物理量

(1) 频率 (f):

波的频率与波源的振动频率相同，在传播过程中是不变的。只要振源的振动频率一定，则无论在什么媒质中传播，波的频率都等于振源的振动频率。

(2) 波速 (v):

波速是波传播的速度——质点振动状态传播的速度。

机械波传播的速度仅取决于媒质的性质。

同种媒质传播不同频率的同类机械波时，传播速度是相同的。 $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ， Δs 为 Δt 时间波传播的位移或者是质点的振动状态传播的位移。如图 10-1 所示，一列横波当 $t_1 = 0$ 时波形为 I，经过 Δt 波形为 II。

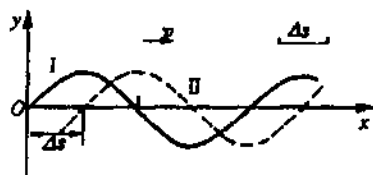


图 10-1

从图可知， Δs 为新、旧波形上振动状态相同的两质点间距离（图中所表示的为 $\Delta t < T$ 的情况）

(3) 波长 (λ):

两个相邻的、在振动过程中对平衡位置的位移总是相同的质点间的距离。或者说，在一个周期内波传播的距离的大小。波长是标量。

(4) 波长、频率和波速的关系:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

波速 v 由媒质决定, 频率 f 只由振源决定. 某一列横波由 A 媒质进入 B 媒质, 其传播速度发生变化, 但其频率不变. 所以波长发生变化.

4. 波的图象

波传播过程中, 在某一时刻媒质各质点的位移末端连线如图 10-2 所示, 图线上各质点均为媒质中振动的质点, 横坐标表示质点的平衡位置, 纵坐标表示质点的位移.

物理意义:

- a) 能表示出质点振动的振幅 (A);
- b) 能表示各质点振动的位移 (y);
- c) 能表示出波长 (λ);
- d) 能表示出各质点的振动方向、加速度大小及符号;
- e) 能表示出各质点间的相位关系.

特别注意: 波的图象与振动图象的区别.

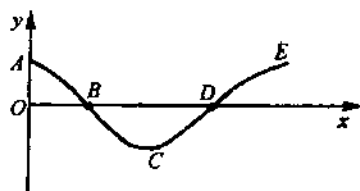


图 10-2

(二) 典型例题分析

例 1 声波在空气中传播时, $v = 340\text{m/s}$, 波长为 100cm ; 它在水中传播时, $v' = 1450\text{m/s}$, 求这时的波长是多少?

分析与解答 波的频率 $f = v/\lambda = 340/1 = 340\text{Hz}$

因波进入水中后频率不变, 所以在水中波长 $\lambda' = v'/f = 4.27\text{m}$.

例 2 如图 10-3 所示, (a) 图为一列横波在某时刻的波形图; (b) 图为 $x = 6\text{cm}$ 处质点 P 从该时刻开始计时的振动图象. 求: ① 这列波的传播方向; ② 这列波波速是多大? ③ 画出 $t = 10\text{s}$ 末的波形图.

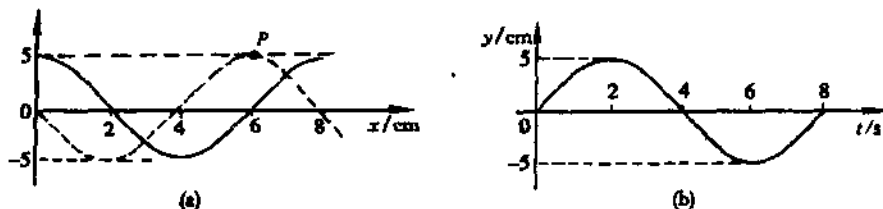


图 10-3

分析与解答 ① 据 $x = 6\text{cm}$ 的 P 点振动图象可知, P 点在该时刻向上振动. 若假设波由左向右传, 据特殊点法或走波法可知判知, P 点向下运动, (例如走波法设波向右传播, 用笔沿波形向左复描, 过 P 时向下运动) 根据 (b) 图判断的结论相反, 可见假设错误, 波由右向左传.

② 由图可知: $\lambda = 8\text{cm}$, $T = 8\text{s}$,

则
$$v = \lambda/T = \frac{0.08}{8} = 0.01\text{m/s}.$$

③ $n = \frac{t}{T} = 1 \frac{1}{4}$ (个周期), 相当于 $\frac{1}{4}$ 周期以后, 据特殊点法, (a) 图该时刻处在峰、谷的质点 $\frac{1}{4}T$ 后均在 x 轴上; 而原在 x 轴上的质点分别到峰、谷. (如 2cm 处质点在谷; 6cm 处质点由于向上振动到峰) 连特殊点, 可得 (a) 图中虚线示波形.

例 3 如图 10-4 所示, 一列简谐横波, 已知质点 P 经 0.3s 第一次到达波谷, 求波速 ($\Delta t < T$ 内).

分析与解答 若波向右传播, 有

$$\begin{cases} v_{\text{右}} = \frac{\lambda}{T_{\text{右}}} & \text{①} \\ \frac{3}{4}T_{\text{右}} = 0.3 & \text{②} \end{cases}$$

由①、②式得

$$v = \frac{8}{0.4} = 20 \text{ (m/s)}$$

若波向左传播, 有

$$\begin{cases} v_{\text{左}} = \frac{\lambda}{T_{\text{左}}} & \text{③} \\ \frac{T_{\text{左}}}{4} = 0.3 & \text{④} \end{cases}$$

由③、④式得

$$v_{\text{左}} = \frac{8}{1.2} \approx 0.6 \text{ (m/s)}$$

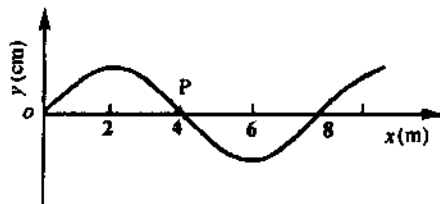


图 10-4

例 4 如图 10-5 所示为某一时刻横波的部分波形, 该波的频率为 2 赫, 已知此时 A 点的速度方向向上, 那么

1) 该波波长为多少? 向什么方向传播? 波速多大?

2) 在图上画出经 $4\frac{1}{4}$ 周期的波形图, 此时该波前进了多少?

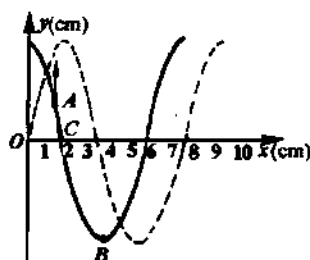


图 10-5

分析与解答 1) 在图中找一点 C, 由 A 点向上振动, 可知 C 点也向上振动, 而 A 先振, 所以波向右传播.

由频率为 2Hz, 波长为 8cm, 所以有

$$v = f \cdot \lambda = 2 \times 8 = 16 \text{ (cm/s)}$$

2) 由振动的周期性知道, 经 $4\frac{1}{4}$ 周期的波形图同经 $\frac{1}{4}$ 周期的波形图是一样的, 经 $\frac{1}{4}$ 周期 C 点沿 y 轴正方向振动到最大位移处, 而 B 点回到平衡位置, 经 $4\frac{1}{4}$ 周期的波形图如图 10-5 虚线所示.

因为 $T = \frac{1}{f}$, 所以 $T = 0.5\text{s}$

经 $4\frac{1}{4}$ 周期波传播的距离为

$$s = v \cdot t = 16 \times 4\frac{1}{4} \times 0.5 = 34 \text{ (cm)}$$

* 四、波的反射和折射

五、波的衍射

六、波的干涉

(一) 重点难点分析

1. 波的反射: 当波到达两种性质不同媒质的分界面时, 改变传播方向, 但仍在原来媒质里传播的现象.

2. 波的折射: 当波到达两种性质不同媒质的分界面时, 改变传播方向, 但进入另一种媒质

的现象.

3. 波的干涉:

(1) 产生条件: 相干波——两列波频率相同; 相差恒定;

(2) 现象: 在相干区域内, 增强区与减弱区相间.

$$\begin{cases} \text{增强区: } \Delta s = 2n \frac{\lambda}{2} \\ \text{减弱区: } \Delta s = (2n+1) \frac{\lambda}{2} \quad (n=0, 1, 2, 3, \dots) \end{cases}$$

其中 Δs 为该点至两波源的距离差 (波程差).

(3) 对于干涉现象应注意:

a) 增强是指振动质点的能量增大, 即振幅增大, 并不是指振动速度增大; 减弱是指质点合的振动的振幅减小.

b) 增强区或减弱区位置是确定的, 即增强点 (域) 始终增强; 减弱区的点始终减弱.

c) 不论增强区或是减弱区, 各质点都作与相干波源周期相同的振动, 各质点振动的位移是周期性变化的.

d) 增强区和减弱区的位置确定, 两列波相位相同情况有

$$\begin{cases} \Delta s = 2n \frac{\lambda}{2} & \text{增强区} \\ \Delta s = (2n+1) \frac{\lambda}{2} & \text{减弱区} \end{cases}$$

两列波相位相反情况有

$$\begin{cases} \Delta s = 2n \frac{\lambda}{2} & \text{减弱区} \\ \Delta s = (2n+1) \frac{\lambda}{2} & \text{增强区} \end{cases} \quad (n=0, 1, 2, 3, \dots)$$

4. 波的衍射: 波在媒质传播, 遇到障碍物或小孔的大小可以和其波长比较时, 波可以绕过障碍物或小孔到按直线传播时要生成的阴影部分.

5. 波的共振: 波在媒质中传播时, 如果遇到的物体的固有周期和波的周期相同时, 能够引起物体振幅最大的振动.

(二) 典型例题分析

例1 两列相干波的波长均为 20cm, 振幅为 4cm, 在 $t=0$ 时刻, 波源 s_1 在波峰, 波源 s_2 在波谷. 求:

① P 点距 s_1 100cm, 距 s_2 70cm 时, P 点振幅?

② Q 点距 s_1 80cm, 距 s_2 120cm 时, Q 点振幅?

分析与解答

① P 到 s_1 距离是波长的 $\frac{P s_1}{\lambda} = \frac{100}{20} = 5$ (倍)

P 点到 s_2 点的距离是波长的 $\frac{P s_2}{\lambda} = \frac{70}{20} = \frac{7}{2}$ (倍);

可见由 s_1 传到 P 的波, s_1 在峰, P 亦在峰; 而 s_2 传到 P 的波, s_2 在峰, P 在谷. 由于 s_1 、 s_2 在 $t=0$ 时刻一峰一谷, 故 s_1 、 s_2 传到 P 点时, 要么同时为峰, 要么同时为谷, 即振动情况完全

一致, 所以 P 点的振幅 $A_P = A_1 + A_2 = 8\text{cm}$.

② Q 点到 s_1 、 s_2 均为波长整数倍, 故 s_1 、 s_2 传到 Q 点时, 如一在峰, 另一在谷, 故 $A_Q = A_1 - A_2 = 0$.

例 2 如果声源、听者、障碍物都在同一直线上, 声源位于听者和障碍物间, 离听者 12m, 离障碍物 34m, 知 $V_{\text{声}} = 340\text{m/s}$, 问听者能否将原来的声音和回声区分开来?

分析与解答 人耳能分辨间隔大于 0.1s 的两个声音.

声波直接传到人 $t_1 = \frac{12}{340}$; 而声音到障碍物再回到听者处 $t_2 = \frac{34 \times 2 + 12}{340}$; $\Delta t = t_2 - t_1 = 0.2\text{s}$.

$0.2\text{s} > 0.1\text{s}$, 故人耳可以区分.

* 七、驻波

八、多普勒效应

九、次声波和超声波

(一) 重点难点分析

1. 声源: 各种振动着的发声物体都是声源.
2. 声波: 声源的振动在介质中的传播.
 - (1) 人耳能听到的声波的频率范围是: 20Hz 到 20000Hz.
 - (2) 产生声波的两个必要条件: 声源和传播声波的介质.
3. 声波能发生反射、干涉和衍射.
4. 在液体和气体中, 声波是纵波; 在固体中, 一般既有纵波, 也有横波.
5. 声波的传播速度: 与介质及温度有关, 不同频率的声波在同一介质中的声速相同.

(二) 典型例题分析

例 一声波在空气中的传播速度为 340m/s, 频率为 1000Hz, 则波长为 _____; 同一声波在水中传播速度为 1450m/s, 它在水中的频率为 _____ Hz, 波长为 _____.

分析指导 由于声波满足 $v = \lambda f$, 所以声波在空气中的波长 $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{1000} = 0.34\text{m}$.

另外, 波从空气到水中, 其频率不变, 所以, 该声波在水中的频率 f' 等于在空气中的频率 f , 即 $f' = 1000\text{Hz}$, 在水中的波长 $\lambda' = \frac{v'}{f} = \frac{1450}{1000} = 1.45\text{m}$.

故正确答案为 0.34m; 1000Hz; 1.45m.

热 学

第十一章 分子热运动 能量守恒

一、物体是由大量分子组成的

二、分子的热运动

(一) 重点难点分析

1. 通过对大量宏观物理现象的分析, 知道物质是由大量分子组成的.
 - (1) 能够通过实验事实说明分子之间存在空隙.

(2) 了解利用单分子油膜测分子直径的方法，记住分子质量和直径的数量级分别为 10^{-26}kg 和 10^{-10}m 。

2. 会对给定物质分子直径及质量进行计算。

(1) 知道 1mol 的任何物质含有的微粒数相同，都是 6.02×10^{23} 个，此数称为阿伏伽德罗常数（此值在一般粗略的计算中可近似取为 $N = 6 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ ）。

(2) 能利用阿伏伽德罗常数对给定物质的微观量（分子个数、每个分子的质量和直径大小）进行定量计算。对于这类问题，既要求物理概念清楚，以能正确地运用物理规律解题，同时还要求有快速、准确的计算能力，特别是对于一些数量级问题的快速估算能力。

3. 理解阿伏伽德罗常数的物理意义。

阿伏伽德罗常数是联系微观量和宏观量之间的桥梁，如已知某种物体的摩尔质量 M 、摩尔体积 V 及物质的摩尔数 n ，则可由摩尔数求出此物质中所含分子数目为： $N = n \times N_A$ ；每个分子的质量为 $m = \frac{M}{N}$ ；每个分子的体积为 $v = \frac{V}{N}$ 。

4. 知道扩散现象说明了分子在永不停息的运动。

(1) 扩散现象是指当两种物质相接触时，物质可以彼此进入对方的现象。

(2) 物质处于固态、液态和气态时均能发生扩散现象，只是气态的扩散现象最显著，处于固态时扩散现象非常不明显。

(3) 在两种质一定的前提下，扩散现象发生的显著程度与物质的温度有关，温度越高，扩散现象越显著。这表明温度越高，分子运动的越剧烈。

(4) 扩散现象发生的显著程度还受到“已进入对方”的分子浓度的限制，当进入对方的分子浓度较低时，扩散现象较为显著；当进入对方的分子浓度高时，扩散现象发生得就较缓慢。

(5) 布朗运动间接地说明了分子的运动。

(1) 布朗运动是指悬在液体中微粒的无规则运动。通常需用显微镜观察悬浮微粒的这种运动。

(2) 布朗运动的原因：液体分子无规则运动时，频繁地、无规则地撞击悬浮在液体中的微粒，使微粒发生了无规则运动。

可见，布朗运动的原则是分子无规则运动的结果，但我们所直接看到的并不是分子的运动，而是分子运动的一种表现。

(3) 影响布朗运动剧烈程度的因素

①微粒的大小：在其它条件相同的情况下，微粒的质量越小，越容易改变运动状态，因此在受分子撞击后做无规则的运动越剧烈。

②液体的温度：温度越高，分子无规则运动得越剧烈，对悬浮微粒撞击的频率及强度越高，所以微粒无规则运动得越剧烈。

(6) 分子的热运动

由于扩散和布朗运动都表明了分子在永不停息地做无规则运动，且这种运动剧烈程度与温度有关，所以分子的这种运动又称为“热运动”。

(二) 典型例题与分析

例1 用油膜法测出油分子直径后，要测阿伏伽德罗常数，只需要知道（ ）

- A. 油滴的摩尔质量 B. 油滴的摩尔体积
C. 油滴的体积 D. 油滴密度

例2 以下实验中，证实分子作无规则运动的实验是（ ）

- A. 布朗运动实验 B. 油膜实验
C. 酒精和水混合实验 D. 离子显微实验

例3 关于布朗运动的剧烈程度，下面说法正确的是（ ）

- A. 固体微粒越小，布朗运动越显著
B. 液体温度越高，布朗运动越显著
C. 与面体微粒相碰撞的液体分子数目越多，布朗运动越显著
D. 与面体微粒相碰撞的液体分子数目越少，布朗运动越显著

正确答案：A，B，D.

说明 布朗运动是指悬浮在液体表面细小的固体微粒的运动，它是液体分子作永不停息的无规则运动时不断撞击悬浮在液体表面上固体微粒的结果。

例4 铜的摩尔质量 $M = 63.5 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ，密度 $\rho = 8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。若一个铜原子能提供一个自由电子，求单位体积中的自由电子数目。（已知阿伏伽德罗常数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ）

分析与解答

因一个铜原子能提供一个自由电子，所以求单位体积内自由电子的数目也即求单位体积内铜原子的个数，为此我们必须找出单位体积铜的摩尔数，再利用阿氏常数的桥梁作用，求出其原子个数。

求单位体积铜的摩尔数有两条思路：一是利用单位体积和摩尔体积的关系；二是利用单位体积铜的质量与其摩尔质量的关系。因本题正是要求单位体积内的自由电子数目，所以利用体积关系较为方便。

取 1 m^3 的铜为研究对象，因铜的摩尔体积为 $V_{\text{摩}} = \frac{M}{\rho}$ ，所以单位体积内的摩尔数为 $n_{\text{摩}} = \frac{1}{V_{\text{摩}}} = \frac{\rho}{M}$ 。故单位体积铜内所含的原子数目（即自由电子数目）为： $n_0 = n_{\text{原}} = n_{\text{摩}} \cdot N_A = \frac{\rho N_A}{M} = 8.4 \times 10^{28}$ 。

三、分子间的相互作用力

（一）重点难点分析

1. 分子之间存在着相互作用力

（1）分子之间相互使用力的表现：物质是由大量分子组成的，同时一般较坚硬的物体很难被拉伸，同时也很难被压缩，表明组成物质的分子之间有相互作用力。

（2）分子之间同时存在着相互的引力和斥力：以固体物体为例，物体在被拉伸时需要一定的外力，这表明组成物质的分子之间存在着相互的引力作用，所以要使物体被拉伸，一定需要外力来克服分子之间的引力；同时物体在被压缩时也需要一定的外力，这表明组成物质的分子之间还存在着相互的斥力作用，因此要使物体被压缩，一定需要外力来克服分子之间的斥力。

2. 分子之间的作用力及其变化

（1）分子力：分子之间同时存在着相互的引力和斥力，这两个力的合力即为所表现出的分子之间的作用力。

（2）分子间作用力的变化：分子间的作用力与分子间的距离有关。

①当分子间的距离 $r = r_0$ 时（ r_0 为 10^{-10} m ）引力和斥力相等，此二力的合力为零，即分子间

呈现出没有作用力,此时分子所处的位置称为平衡位置.

②当分子之间距离 $r < r_0$ 时,分子之间的引力和斥力同时增大,但斥力增大得更多一些,故斥力大于引力,此时分子之间呈现出有相互的斥力作用(此时引力仍然存在).

③当分子之间距离 $r > r_0$ 时,分子之间的引力和斥力同时减小,但斥力减小得更多一些,故引力大于斥力,此时分子之间呈现出相互的引力作用(此时斥力仍然存在).

可见分子之间的引力和斥力总是同时存在的,且当分子之间的距离变化时,引力和斥力同时发生变化,只是斥力变化的更“快一些”.

(3)分子之间的可以发生相互作用力的距离很短,一般当分子之间的距离超过分子直径的10倍时,可认为分子间的作用力为零.

(二) 典型例题分析

例1 关于同一种物质组成的物体的分子力,分子势能与分子间距离 r 的关系,下面说法正确的是($r_0 = n$ 个埃)()

A. 当 $r < r_0$ 时, r 越小,分子间作用力越大,分子势能越大

B. 当 $r = r_0$ 时,分子间作用力为零,分子势能最小

C. 当 $r > r_0$ 时, r 越大,分子间作用力越少,分子势能越小

D. 当 $r > r_0$ 时, r 增大,分子间同时存在相互作用的引力和斥力,但其中斥力比引力减少得更快,分子间作用力表现为引力,所以分子势能变大

正确答案: A, B, D.

说明 分子间的引力和斥力同时存在,如图 11-1 所示.上部表示分子间斥力,下部表示分子间引力,○表示分子,当 $r > r_0$ 时, $f_{引} > f_{斥}$,对外表现的分子力 F 为引力;当 $r = r_0$ 时, $f_{引} = f_{斥}$,对外表现的分子力 $F = 0$;当 $r < r_0$ 时, $f_{斥} > f_{引}$,对外表现的分子力 F 为斥力.分子势能大小不能从分子受力状态来确定,要从在给定条件下的过程中,分子力做功的正负来判断.当 $r < r_0$, r 更小的分子力为斥力做负功,分子势能增加,应选 A 项.当 $r = r_0$ 时,分子力为零,但分子势能并非为零.因为由 $r < r_0$ 向 $r = r_0$ 移动过程中分子斥力做正功,分子势能减小;由 $r = r_0$ 时,向 $r > r_0$ 移动时,分子引力做负功,分子势能增加,所以当 $r = r_0$ 分子势能降低到最小值.选项 B 正确.当 $r > r_0$ 时,分子力表现为引力,分子间距离增大,分子引力做负功,分子势能应增加,所以 C 项错了. D 项正确.

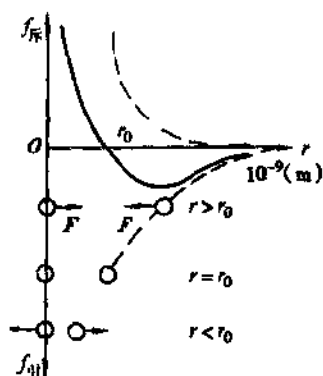


图 11-1

四、物体的内能

五、改变内能的两种方式

(一) 重点难点分析

1. 分子的动能

(1) 由于物体内大量分子在永不停息地做无规则运动,所以物体内的分子具有动能.因为微观中分子无规则运动的剧烈程度与宏观物体的温度有关,所以物体的温度越高,分子的动能越大.

(2) 温度是分子平均动能的宏观表现:由于大量分子的运动的无规则性,所以分子运动的动能有大有小,就对某一个分子而言,其动能大小也会由于分子之间的不断撞击面发生变化,所以

讨论个别分子的动能大小并无实际意义. 但从整体上看, 温度越高, 分子运动得越剧烈, 那么所有分子动能的平均值就一定较大, 因此宏观上的温度就是物体内微观分子平均动能大小的标志. 可见, 物体的温度越高, 物体内大量分子运动的平均动能越大.

2. 分子的势能

(1) 分子的势能

(2) 与地球上物体和地球之间由于相互作用而具有重力势能类似, 分子间由于存在着与它们之间相对位置有关的相互作用力, 所以分子间也有相互作用的势能.

(3) 影响分子势能的因素: 通常分子之间的距离处于“平衡位置”, 即 $r = r_0$. 根据功与能量变化之间的关系可知, 当分子间距离增大时, 分子间表现出引力, 需要外界做功, 故分子势能增大; 同样, 当分子间距离减小时, 分子间表现出斥力, 这也需要外界做功, 所以分子势能也增大.

从宏观上看, 分子之间的距离发生变化, 必然导致物体的体积变化, 所以微观中的分子势能与宏观上的物体体积有关.

3. 物体的内能

(1) 物体的内能: 物体内所有分子的热运动的动能和相互作用的势能的总和, 称为物体的内能.

(2) 物体的内能与机械能的区别

①物体的内能是由物体内分子的数量及大量分子热运动剧烈程度及分子间相互作用所决定的能量, 从宏观上看, 它取决于物体的温度和体积.

②机械能是由物体做机械运动及物体间相对位置(或形变)所具有的能量.

(二) 典型例题分析

例 1 一质量为 m 的子弹以速度 v_1 , 射入放在光滑水平面上的质量为 M 、长为 L 的木块中, 子弹从木块中穿出时的速度 $v_2 = \frac{v_1}{4}$, 设子弹在穿透木块时所受的阻力不变, 在此过程中子弹和木块共获得多少内能?

分析与解答 子弹穿透木块的过程中, 系统的运动量守恒, 设木块获得的速度为 V , 则有方程

$$mv_1 = mv_2 + MV \quad ①$$

在此过程中, 克服摩擦阻力做功, 系统损失的机械能转化为系统增加的内能, 其值为

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}MV^2 \quad ②$$

由①、②式解得

$$\Delta E = \frac{1}{32} \left(\frac{m}{M} \right) v_1^2 (15M - 9m)$$

说明 物体的内能是指热力学系统内部状态所决定的能量, 它等于系统所有分子热运动的动能和分子间相互作用的势能的总和, 内能是系统的状态函数. 一定量的某种物体, 其内能的宏观标志是温度和体积. 单纯做功是通过宏观位移实现的, 其实质是其他形式的能和内能之间的转化; 单纯热传递是通过微观的分子热运动和分子间相互作用来完成的, 实质是物体内能的转移, 没有不同形式的能量之间的转化.

例 2 关于物体的内能, 下列说法正确的是 ()

A. 摩尔数和温度都相同的两种理想气体, 分子总动能相同

- B. 质量和温度都相同的两种气体，分子总动能相同
 C. 内能由温度和体积决定
 D. 质量、温度和种类都相同的物体，在任何情况下内能都相同

分析与解答 温度相同，则分子平均动能相同，摩尔数又相同（分子个数相同）所以分子总动能相同，故 A 正确。

因为质量相同，摩尔数不一定相同，体积也不一定相同，所以分子总动能和分子总势能也不一定相同，故 B 错误。

从微观角度，内能是所有分子平均动能和分子势能的总和。从宏观角度看，温度是分子平均动能的标志，体积与分子势能（分子间距）有直接关系，故 C 正确。

质量、温度和种类相同的物体，分子总动能相同，但体积不一定相同，所以分子总势能不一定相同，内能就不一定相同，故 D 错误。

综上所述应选 A、C。

例 3 从 15m 高处落下来的水，如果它的重力势能的 30% 用来使水温升高，那么水落下后温度升高多少？（g 取 10m/s^2 ）

分析与解答 设水的质量为 $m\text{kg}$ ，则由热功关系

$$mgh \times 30\% = c \cdot m \cdot \Delta t \cdot J$$

$$\text{解得 } \Delta t = \frac{gh \times 30\%}{c \cdot J} = \frac{10 \times 15 \times 0.3}{1 \times 4.2} \approx 10.7^\circ\text{C}$$

看到答案后，应考虑到是不合理的。因为从大约五层楼高处落下的水升高 10°C 左右，很显然这是荒谬的，错误的原因是等式两边的 m 单位不同而随意消去，左边单位为千克，右边 m 单位为 g 所以两边相差 1000 倍，正确解法是

$$mgh \times 30\% = 1000m \cdot c \cdot \Delta t \cdot J$$

$$\text{解得 } \Delta t = \frac{gh \times 30\%}{1000c \cdot J} = \frac{10 \times 15 \times 0.3}{1000 \times 1 \times 4.2} \approx 0.0107^\circ\text{C}$$

六、热力学第一定律 能量守恒定律

七、热力学第二定律

八、能源 环境

（一）重点难点分析

1. 不同形式的能量之间可以相互转化

（1）自然界中能量的存在形式：物体运动具有机械能、分子运动具有内能、电荷的运动具有电能、原子核内部的运动具有原子能等等，可见，在自然界中不同的能量形式与不同的运动形式相对应。

（2）不同形式能量之间的转化：“摩擦生热”是通过克服摩擦做功将机械能转化为内能；水壶中的水沸腾时水蒸气对壶盖做功将壶盖顶起，表明内能转化为机械能；电流通过电热丝做功可将电能转化为内能等等。这些实例说明了不同形式的能量之间可以相互转化，且这一转化过程是通过做功来完成的。

2. 能的转化和守恒定律

（1）人类通过对大量的实践经验进行总结得知，要获得一种能量，一定需要利用另一种能量

通过做功的方式进行转化，能量不能被创生，即不可能设计、创造出一种不消耗任何能量而能源不断地对外做功的永动机。

(2) 能的转化和守恒定律：能量既不能凭空产生，也不能凭空消失，它只能从一种形式转化为别的形式，或者从一个物体转移到别的物体。这就是能的转化和守恒定律。

能的转化和守恒定律是自然界中最普遍的规律之一，它将所有的自然科学及各种工程技术联系起来，对于人类认识自然、改造自然及从事科学实践活动，都具有巨大的预见性的指导作用。

(二) 典型例题分析

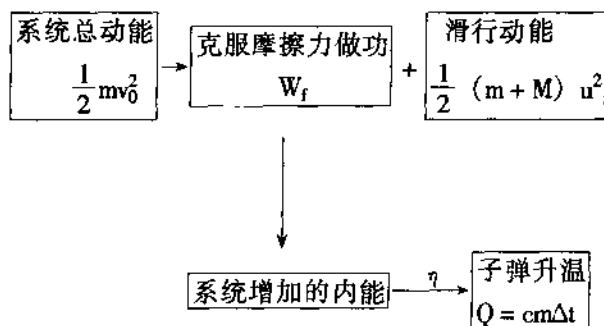
例 1 下列各物体在经历的过程中，内能增加的有 ()

- A. 在光滑斜面上静止释放而下滑的物体
- B. 水平飞行并射穿木块的子弹
- C. 在气缸中迅速压缩气体
- D. 光滑水平面上运动的小球，碰后以相同速度运动

分析与解答 A 中尽管在重力做功，但其内能没有变化。B、D 中子弹和小球都有机械能损失而转化为内能。而 C 中气体被压缩，外力对它做功，来不及热交换，内能也将增加。故应选 B、C、D。

例 2 一颗沿水平方向飞行、质量为 m 的子弹，击中静止在光滑水平面上质量 $M = 9m$ 的木块（未穿出）。假定子弹击中木块克服摩擦所产生的热量中，有 $\eta = 50\%$ 被子弹吸收，使子弹温度升高 $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ ，已知子弹比热 $c = 125\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ ，求子弹击中木块前的速度 v_0 。

分析与解答 子弹击中木块前后，(子弹 + 木块) 系统的能量分配及转换关系为



子弹和木块一起滑行的速度 u 由动量守恒

$$mv_0 = (m + M)u = 10mu, \text{ 得 } u = \frac{1}{10}v_0.$$

于是由

$$Q = cm\Delta t = \eta \left[\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(m + M)u^2 \right] = \eta \cdot \frac{9}{20}v_0^2.$$

得
$$v_0 = \sqrt{\frac{20c\Delta t}{9\eta}} = \frac{20 \times 125 \times 20}{9 \times 0.5} = 105.4\text{m/s}.$$

第十二章 固体和液体 (略)

第十三章 气体

一、气体的状态参量

(一) 重点难点分析

1. 气体的状态参量

研究不同的物理问题所选用的物理量不同, 在热学中研究气体性质时, 所有参量有体积、温度和压强.

(1) 体积: 由于气体分子间距较大, 分子间相互作用力很小, 因此气体分子可以到达容器内所有的空间, 所以一般气体的体积就是它所充满的容器的容积.

但要注意, 这个容积不是气体分子本身的体积之和, 因为气体分子之间是有很大的空隙的.

在物理学中体积用 V 表示, 其在国际单位为 m^3 , 常用单位还有 dm^3 , 也称为升 (L); 0m^3 , 也称为毫升 (mL). 他们之间的换算关系是:

$$1\text{m}^3 = 10^3\text{dm}^3 (\text{L}) = 10^6 0\text{m}^3 (\text{mL})$$

(2) 温度: 宏观上表征气体此时的冷热程度, 微观上反映了气体分子此时无规则运动的剧烈程度. 温度常用 t 表示, 它的常用单位是 $^{\circ}\text{C}$.

(3) 压强: 气体对容器壁单位面积上的压力大小称为气体的压强. 气体对容器壁的压力, 来源于气体内大量分子做无规则运动过程中, 对容器壁频繁撞击的结果.

压强用 p 表示, 它的国际单位为 Pa, 常用单位还有 atm (标准大气压) 和 mmHg (毫米水银柱). 它们之间的换算关系为:

$$1\text{atm} = 760\text{mmHg} = 1.01 \times 10^5 \text{Pa}$$

2. 气体状态的变化

对于一定质量的气体, 若 P 、 V 、 t 三个参量确定了, 则气体的状态就惟一确定了. 若 P 、 V 、 t 中一个量发生了变化, 则必然引起另一个或两个参量发生变化. 因此在研究气体状态参量变化规律时, 应首先确定某一个参量不变, 研究其它两个参量之间的关系, 这是物理学中研究多因素问题的一种常用方法.

(二) 典型例题分析

例 1 如图 13-1 所示, 质量为 M 的薄壁气缸内用活塞封闭着一定质量的气体, 活塞的上、下表面积为 S , 并用绳与地面相连. 若此时气缸恰对地面无作用力, 求气缸内气体的压强. (已知大气压强 p_0)

分析与解答 题中所述“气缸恰对地面无作用力”, 面气缸受到重力作用但又对地面无作用力, 这表明气缸内气体恰好可将气缸“托起”, 由此可见, 我们可通过对气缸的受力分析, 确定出气体的压强.

以气缸为研究对象, 它受到竖直向下的重力 G 、缸内气体对它竖直向上的压力 F 及大气对它竖直向下的压力 F_0 , 如图 13-2 所示.

设气缸内气体的压强为 p , 根据平衡条件则有: $F = G + F_0$. 其中 $F = pS$, $G = Mg$, $F_0 = p_0S$.