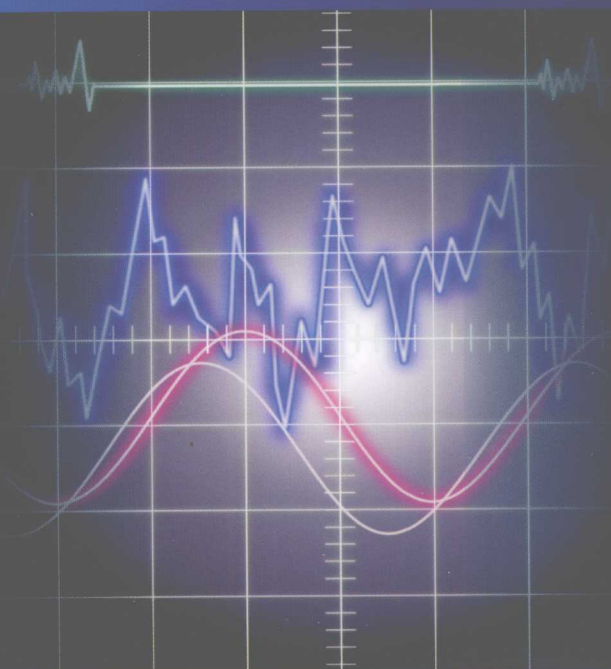


D 大学物理题型类别与详解

AXUE WULI TIXING LEIBIE YU XIANGJIE



主编 霍炳海 袁 兵
编者 张大成 马丽娜 米文博 马 晶

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

04-44/92

2007

大学物理题型类别与详解

主编 霍炳海 袁 兵

编者 张大成 马丽娜 米文博 马晶



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书为大学物理教学辅导书,全书共9章,按照题目的不同类别编写,涵盖了物理习题的基本类型及解法。本书是物理教学辅导书的一种改革与尝试,相信读者会从中受益匪浅。

本书可作为大学本科生的学习参考书和复习指导书,也很适合高职、高专以及专升本和参加高等教育自学考试的学生使用,同时对青年教师的教学也有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理题型类别与详解/霍炳海,袁兵主编. —天津:天津大学出版社,
2007.11

ISBN 978 - 7 - 5618 - 2586 - 0

I. ①大… II. ①霍…②袁… III. 物理学 - 高等学校 - 解题 IV. ④4 - 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 180846 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022 - 27403647 邮购部:022 - 27402742

印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 169mm × 239mm

印 张 12.25

字 数 269 千

版 次 2007 年 11 月第 1 版

印 次 2007 年 11 月第 1 次

印 数 1—3 000

定 价 20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换
版权所有 侵权必究

前 言

作者根据多年从事大学物理教学的实践经验和切身体会,编写了这本大学物理课外辅导书,该书具有以下显著特点。

一是立意新颖,内容编排独特。通常,大学物理的教材及其相应的课外辅导书,都是依照内容的性质分为不同的篇章而编写的。本辅导书没有沿用这种传统的编写方法,而是突出了解题所用方法的不同类别,把物理的内容不同、但有着相同的描述手段和解题思想的题目进行归类,按照解题思想和手段的特点分类分章编写。这样编排的优点是便于学生集中地认识和掌握处理问题的不同方法,迅速提高解题能力,在物理学习上达到事半功倍的效能。

二是紧扣大学物理学习的重点、难点及考点。本书集中了大量的常见题、重点题、难点题和常考题。不少解题思路新颖独特,解法简便实用,由浅入深,是其他参考书中所少见的。

三是针对性与实用性强。针对学生能听懂课上所学内容,但不会分析题意、不知如何下手解题、不知选用何种方法解题、不知用何种讲过的理论解题的弱点,精选题目,难易适中。同时,在部分题目后面有说明或点评,以便帮助学生加深对物理学规律的认识和理解,力求做到把知识融会贯通,探索解题的奥秘。

本书中一些例题的解法曾多次在教学过程中使用,深受学生欢迎。在本书编写中,曾得到天津大学物理学科组不少老师的帮助,在此表示衷心的感谢。书中不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007年11月

目 录

第 1 章	图线图形类.....	(2)
第 2 章	相关变率类.....	(49)
第 3 章	极值类.....	(61)
第 4 章	叠加原理类.....	(71)
第 5 章	条件类.....	(87)
第 6 章	等效类.....	(112)
第 7 章	变量变换类.....	(123)
第 8 章	基本规律类.....	(136)
第 9 章	综合类.....	(177)

第 1 章 图线图形类

图线与图形是教学和科研中研究各种规律的常用方法。借助于图线与图形,人们可以既简单又直观明了地分析或掌握一些量随另一些相关量的变化规律、变化趋势及特点。

图线与图形是研究物理规律的重要手段,在物理学中占有重要的地位。通过对图线与图形的研究,有助于同学加深对抽象的物理概念和理论的认识和理解。本章用大量的实例,集中了大学物理中经常用到的各种图线与图形,让同学理解图线上一点的含义、一条曲线的意义、曲线斜率的意义、曲线极值的含义、一条曲线与横轴间所夹面积的意义等。相信通过该内容的学习,必定会提高学生的科学素质和解决物理问题的能力,从而达到提高物理学习成绩的目的。

例 1-1 如图 1-1 所示,三条直线都表示同一类型的运动:

(1) I、II、III 三条直线表示的是_____运动;

(2) _____直线所表示的运动的加速度最大。

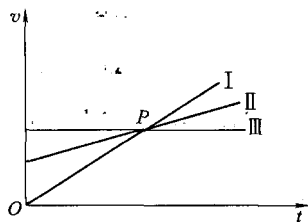


图 1-1

解 三条直线都说明 v 随 t 线性变化,加速度为恒量,但三者加速度不同。因此,它们表示的是匀加速直线运动,直线 I 所表示的运动的加速度最大。

例 1-2 一辆汽车沿直线行驶,其速度 v 随时间 t 的变化关系如图 1-2 所示,试说明汽车在 AB、BC、CD 和 DE 各段中作何种运动。

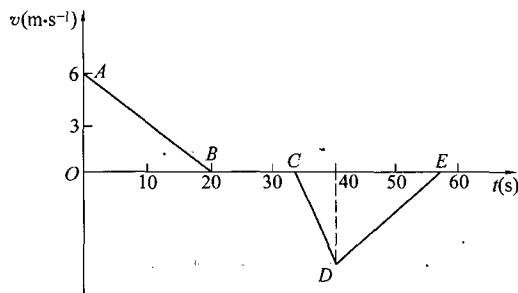


图 1-2

解 AB 段: $v > 0$, 但 $\frac{dv}{dt} = c_1 < 0$, 故 $a < 0$, 汽车作匀减速直线运动。

BC 段: $v = 0, \frac{dv}{dt} = 0$, 汽车静止。

CD 段: $v < 0, \frac{dv}{dt} = c_2 < 0$, 故 $a < 0$, a 与 v 同向, 汽车作匀加速直线运动。

DE 段: $v < 0, \frac{dv}{dt} = c_3 > 0$, 故 $a > 0$, a 与 v 反向, 汽车作匀减速直线运动。

例 1-3 一质点沿直线运动, 速度与时间关系如图 1-3 中折线 $OABC$ 所示。试说明图中 OA 、 AB 和 BC 等线段各表示什么运动。计算质点在整个运动中的平均速度、路程和位移。

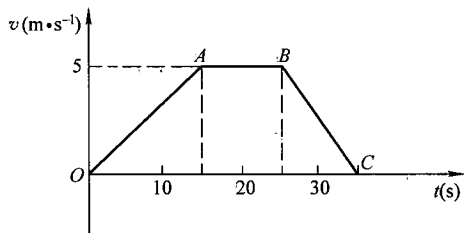


图 1-3

解 OA 段表示质点作初速度为零的匀加速直线运动, 加速度方向和速度方向相同。

AB 段代表质点作匀速直线运动。

BC 段表示质点作匀减速运动, 加速度方向与速度方向相反。

注意到质点在整个运动中, 速度 v 恒正, 故折线与水平轴间的面积即路程, 结果有

$$\Delta s = \frac{1}{2} \times (15 \times 5) + 5 \times 10 + \frac{1}{2} \times (10 \times 5) = 112.5 \text{ m}$$

而此过程中, 位移也是上述值, 故有

$$\Delta x = 112.5 \text{ m}$$

平均速度

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{112.5}{35} \approx 3.21 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

例 1-4 一质点由原点沿 x 轴运动, 质点的速度与时间的关系如图 1-4(a) 所示。试在图 1-4(b) 和图 1-4(c) 上画出质点加速度及位置随时间变化的曲线, 并讨论整个过程中的位移和路程。

解 因 $v-t$ 关系是一条直线, 故知加速度是恒定的。加速度

$$a = \frac{-6 - 6}{4 - 0} = -3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

或因为

$$\tan \alpha = \frac{6}{2} = 3$$

而直线斜率即加速度

$$a = \frac{dv}{dt} = \tan(\pi - \alpha) = -\tan \alpha = -3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

又

$$\frac{2-t}{2} = \frac{v}{6}$$

得

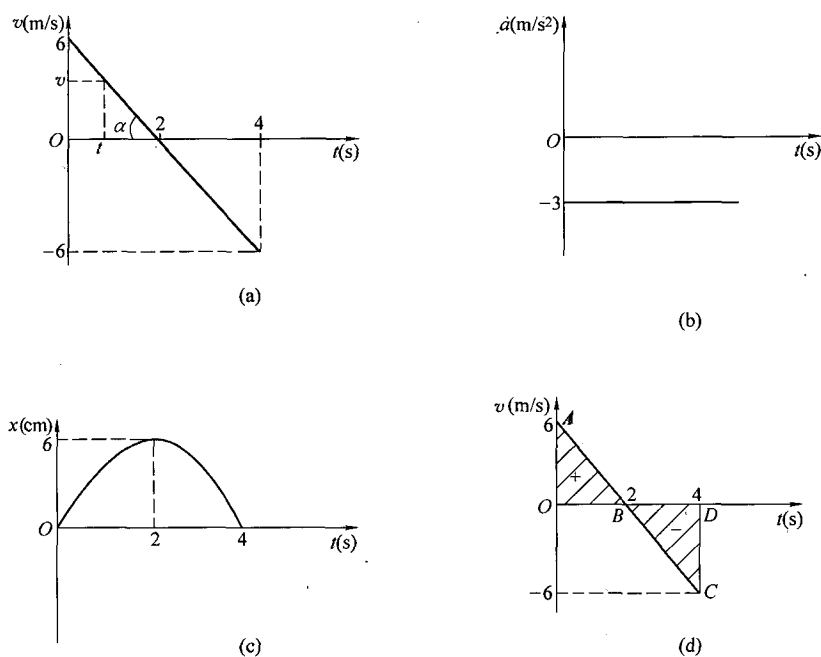


图 1-4

$$v = 6 - 3t \text{ (SI)}$$

又

$$v = \frac{dx}{dt}$$

则

$$dx = v dt$$

积分

$$\int_0^x dx = \int v dt = \int_0^4 (6 - 3t) dt$$

得

$$x = 6t - \frac{3}{2}t^2 \text{ (SI)}$$

由图 1-4(d) 中看出, $t=0$ 和 $t=4$ s 时质点均处于坐标原点, 故在 $0 \sim 4$ s 时间内位移是零。另外由 $v-t$ 曲线看, $0 \sim 2$ s 间位移是 ABO 的面积, 且为正; 在 $2 \sim 4$ s 间位移是 DCB 的面积, 且为负。二面积大小相同, 故 $0 \sim 4$ s 间质点位移为零, 而路程则是二者面积之和, 即

$$s = 2 \left(\frac{1}{2} \times 6 \times 2 \right) = 12 \text{ m}$$

例 1-5 一质点从 P 点出发, 以匀速率 $1 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 作顺时针转向的圆周运动, 圆的半径为 1 m , 如图 1-5 所示。当它超过 $2/3$ 圆周时, 经过的路程是 _____; 平均速率是

_____. 这段时间内平均速度的大小为_____, 方向是_____。

解 路程

$$s = \frac{2}{3} \times 2\pi R = \frac{4}{3} \pi R$$

平均速率

$$\bar{v} = \frac{s}{t} = 0.01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

平均速度大小为

$$|\bar{v}| = \left| \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \right| = \left| \frac{\overrightarrow{OQ}}{t} \right| = \frac{2R \sin \frac{\pi}{3}}{\frac{2}{3}(2\pi R/v)} = \frac{300\sqrt{3}}{4\pi} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$\mathbf{v}$ 的方向: 与 Ox 轴正方向夹角为 $\frac{\pi}{3}$ 。

例 1-6 一质点作直线运动, 其坐标 x 与时间 t 的关系曲线如图 1-6 所示。则该质点在第_____秒瞬时速度为零; 在第_____秒至第_____秒间速度与加速度同方向。

解 质点作直线运动时, 速度

$$v = dx/dt$$

因而, 图中曲线的斜率代表质点的瞬时速度, 当 $t = 3 \text{ s}$ 时, 曲线斜率为零, 因此, 该时刻的速度也为零。

由图中的曲线变化趋势看, 从 $t = 0$ 到 $t = 3 \text{ s}$ 间, 曲线斜率为正, 则表明在此时间内, 质点沿 Ox 轴正方向运动, 但斜率是逐渐减小的, 故质点作减速运动, 则加速度与速度方向相反。

在 $t = 3 \sim 6 \text{ s}$ 间, 曲线斜率为负, 这表明质点沿 Ox 轴的负方向运动, 但斜率的绝对值逐渐变大, 故加速度也沿 Ox 轴负方向, 所以在 $t = 3 \sim 6 \text{ s}$ 间, 速度与加速度同方向。

例 1-7 一质量 $m = 5 \text{ kg}$ 的木块, 在水平拉力 F 的作用下由静止开始运动, 拉力的大小随时间的关系如图 1-7 所示。若木块与水平地面间的摩擦系数 $\mu = 0.2$, 则 $t = 4 \text{ s}$ 时刻木块的速度大小为_____; $t = 6 \text{ s}$ 时刻木块的速度大小为_____。

解 根据动量定理, 有

$$(F - \mu mg)t = mv$$

或

$$v = \frac{(F - \mu mg)t}{m} = \frac{(30 - 0.2 \times 5 \times 10) \times 4}{5} = 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

此结果为 $t = 4 \text{ s}$ 时木块的速度大小。

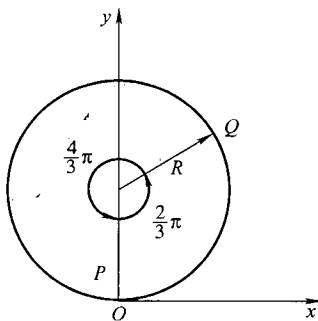


图 1-5

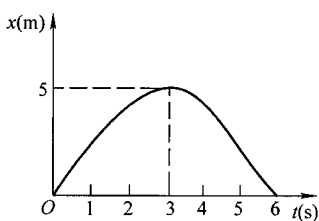


图 1-6

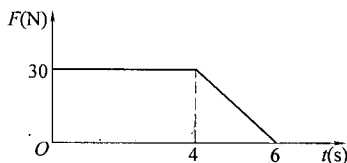


图 1-7

在 $0 \sim 6 \text{ s}$ 内,水平拉力的冲量为折线和水平轴间所围面积,因而有

$$v = \frac{\text{面积} - \mu mgt}{m}$$

$$= \frac{30 \times 4 + \frac{1}{2} \times 30 \times (6 - 4) - 0.2 \times 5 \times 10 \times 6}{5} = 18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

例 1-8 一木块质量 $m = 5 \text{ kg}$, 受一水平方向变力的作用, 在光滑的水平面上作直线运动, 力 F 随位置 x 的变化如图 1-8 所示。试求:

(1) 当木块从原点运动到 $x = 8.0 \text{ m}$ 处时力所做的功;

(2) 如果木块通过原点时的速率为 $4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 则木块过 $x = 8.0 \text{ m}$ 处时, 它的速率为多大?

解 (1) 用曲线与 x 轴间面积可求功。其值为

$$W = [10 \times 2 + \frac{1}{2} \times 10 \times (4 - 2)] + [\frac{1}{2} \times (-5) \times (8 - 6)]$$

$$= 25 \text{ J}$$

(2) 由 $W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2, v_0 = 4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

得

$$v = 5.70 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

例 1-9 某力施于作直线运动的物体上, 物体的速度随时间的关系如图 1-9 所示, 试确定在 AB 、 BC 、 CD 、 DE 每个时间间隔内施于物体上的力所做功的符号(正或负), 并分析各时间段内力的冲量。

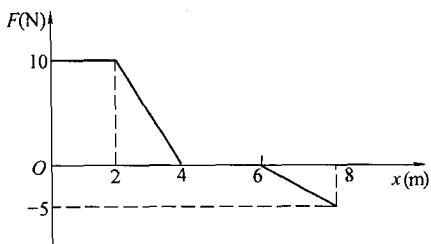


图 1-8

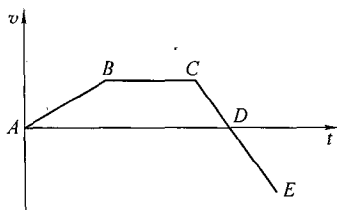


图 1-9

解 对 AB 段, 速度 v 不断增加, 物体的动能也不断增加, 故该段内力的功为正; 对 BC 段, 物体的速度保持不变, 故物体的动能也不变, 因此, 该力不做功; 对 CD 段, 物体的速度不断减小, 动能也不断减少, 因此该力做负功; 至于 DE 段, 表示物体沿反向运动, 速率不断增加, 因此物体的动能也不断增加, 故力又做正功。

应用冲量定理分析, 在 AB 段, v 增加, 物体的动量增加, 因此, 冲量为正; 在 BC 段, 力的冲量为零; 在 CD 段, 因物体作减速运动, 物体动量减少, 故力的冲量为负; 而在 DE 段, 速率增加, 但 $v < 0$, 故动量的增量为负, 因此, 力的冲量为负。

例 1-10 如图 1-10 所示, A 、 B 为两个相同的绕着轻绳的定滑轮。 A 滑轮挂一质量为 M 的物体, B 滑轮受拉力 F , 而且 $F = Mg$ 。设 A 、 B 两滑轮的角加速度分别为 β_A 和

β_B , 不计滑轮轴的摩擦, 则有_____。

- (A) $\beta_A = \beta_B$ (B) $\beta_A > \beta_B$
 (C) $\beta_A < \beta_B$ (D) 开始时 $\beta_A = \beta_B$, 以后 $\beta_A < \beta_B$

解 由转动定律, 对图(b)而言, 轮的角加速度

$$\beta_B = \frac{Fr}{I}$$

式中, r 是轮的半径, I 是转动惯量。

对图(a)而言, 力矩是直接由绳子中张力 T 产生的, 因而, 轮的角加速度

$$\beta_A = \frac{Tr}{I}$$

此时, 质量为 M 的物体必向下以 $a = r\beta_A$ 作加速运动, 故一定是 $Mg > T$, 或 $F > T$, 因而有 $\beta_B > \beta_A$ 。

也可这样考虑:

$$\beta_B = \frac{Fr}{I}$$

$$\beta_A = \frac{Mgr}{I + Mr^2}$$

因 $F = Mg$, 故 $\beta_B > \beta_A$ 。

例 1-11 如图 1-11 所示, 一圆盘正绕垂直于盘面的水平光滑固定轴 O 转动, 同时射来两个质量相同, 速度大小相同、方向相反并在一条直线上的子弹, 子弹射入圆盘并且留在盘内, 求子弹射入后的瞬间, 圆盘的角速度 ω 。

解 设圆盘原有角速度为 ω_0 , 由角动量守恒定律, 有

$$mvd - mvd + \frac{1}{2}MR^2\omega_0 = \left(\frac{1}{2}MR^2 + 2mR^2\right)\omega$$

得

$$\omega = \frac{M}{M + 4m}\omega_0$$

可见子弹击中盘后, 圆盘角速度变小。

例 1-12 如图 1-12 所示为氦气的分子速率分布曲线, 试说明图中画斜线部分的面积的物理意义。

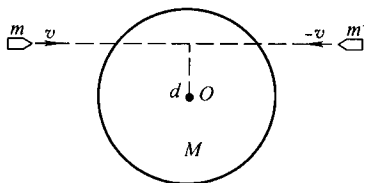


图 1-11

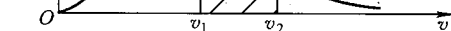


图 1-12

解 $v_1 \sim v_2$ 间所围面积是 $f(v)$ 在 $v_1 \sim v_2$ 间的积分, 即 $\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv$, 考虑到 $f(v)dv = \frac{dN}{N}$, 则

$$\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv = \frac{\int_{v_1}^{v_2} dN}{N}$$

式中 $\int dN$ 为速率在 $v_1 \sim v_2$ 间的分子数, 而 N 是分子总数, 所以画斜线部分的面积表示分子速率在 $v_1 \sim v_2$ 间的分子数占分子总数的百分比。

例 1-13 若图 1-13 中二画斜线部分的面积相同, 则从中可以得出什么结论?

解 由上题的分析知, 这表示分子速率在 $v_1 \sim v_2$ 间的分子数占分子总数的百分比与分子速率在 $v_3 \sim v_4$ 间的分子数占分子总数的百分比是相同的。

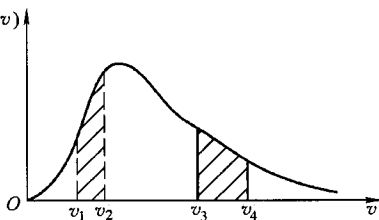


图 1-13

例 1-14 图 1-14 中的两条曲线分别为氦、氧两种气体在相同温度 T 时的速率分布曲线, 其中:

- (1) 曲线 I 表示_____分子的速率分布曲线;
曲线 II 表示_____分子的速率分布曲线。
- (2) 画有斜线的小长条面积表示_____。
- (3) 分布曲线下所包围的面积表示_____。

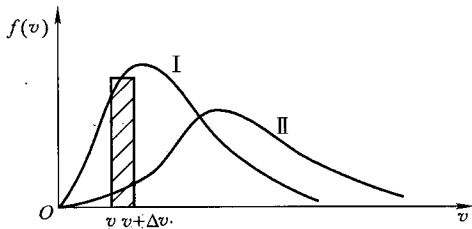


图 1-14

解 (1) 根据最概然速率 $v_p = \sqrt{\frac{2KT}{m}}$, 由于 $m_{O_2} > m_{He}$, 故 $v_{p(O_2)} < v_{p(He)}$, 所以曲线 I 表示氧分子的速率分布曲线, 而曲线 II 表示氦分子的速率分布曲线。

(2) 小长条面积为 $f(v)\Delta v = \frac{\Delta N}{N}$, 它表示速率在 $v \sim v + \Delta v$ 的分子数 ΔN 占分子总数的百分比。

(3) 分布曲线下面积为 $\int_0^{\infty} f(v)dv = 1$, 即各种可能速率的分子数占分子总数的百

分比之和。

例 1-15 图 1-15 为氢分子和氧分子在相同温度下的麦克斯韦速率分布曲线,则氢分子的最概然速率为 _____, 氧分子的最概然速率为 _____。

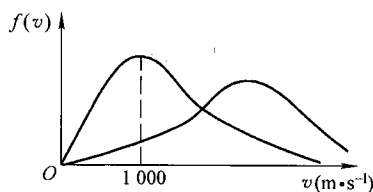


图 1-15

解 氢分子的摩尔质量为 $2 \times 10^{-3} \text{ kg}$, 氧分子的摩尔质量为 $32 \times 10^{-3} \text{ kg}$, 由 $v_p = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$ 知, 在相

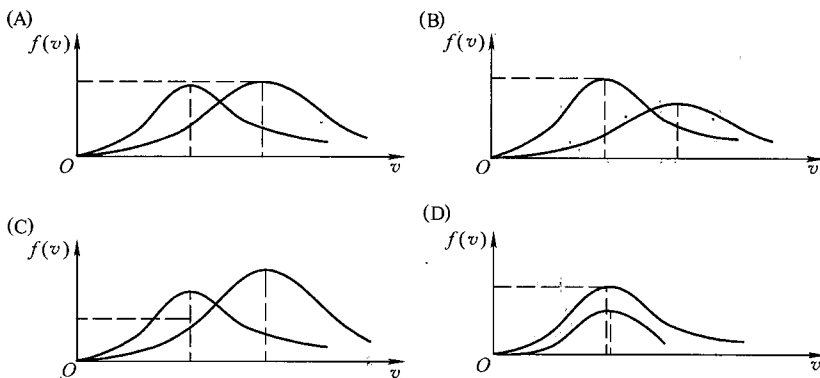
同温度下, $v_p(\text{H}_2) > v_p(\text{O}_2)$, 故图中 1 000 m/s 为氧分子的最概然速率, 而

$$\frac{v_p(\text{H}_2)}{v_p(\text{O}_2)} = \frac{\sqrt{\frac{2RT}{\mu_{\text{H}_2}}}}{\sqrt{\frac{2RT}{\mu_{\text{O}_2}}}} = \sqrt{\frac{\mu_{\text{O}_2}}{\mu_{\text{H}_2}}} = 4$$

得

$$v_p(\text{H}_2) = 4v_p(\text{O}_2) = 4 \times 1\,000 = 4\,000 \text{ m/s}$$

例 1-16 下列各图所示的速率分布曲线, 哪一图中的两条曲线是同一温度下氮气和氢气的分子速率分布曲线?



解 首先应知道, 曲线与 v 轴间的面积为 1, 这是由归一化条件所决定的, 即 $\int_0^\infty f(v) dv = 1$ 。从图上看, (A) 图中和 (C) 图中, 二曲线下的面积是明显不等, 不可能均为 1, 故 (A) 和 (C) 的图线不正确。至于 (D) 图, 二曲线下的面积不但不相等, 而且氮和氢分子的最概然速率取同一值, 这是不可能的, 因此 (D) 图中的曲线也是错误的。故应选择 (B) 图。

例 1-17 如图 1-16 所示, 图 (a) 为不同温度下的氧分子的速率分布曲线, 则 T_1 _____ T_2 (填“>”、“<”、“=”)。图 (b) 为同一温度下的氧分子和氢分子的速率分布曲线, 曲线 _____ (填 (1) 或 (2)) 为氢分子的速率分布曲线。

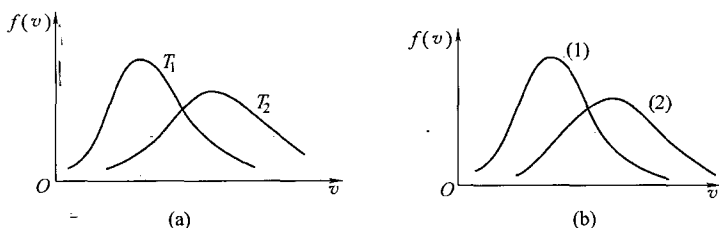


图 1-16

解 分子的最概然速率

$$v_p = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$$

从式中看出,分子的温度 T 越大,则 v_p 值越大,由图(a)知, T_2 温度时 v_p 值大于 T_1 温度时的 v_p 值,故 $T_2 > T_1$ 。

由 $v_p = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$ 知,气体分子的摩尔质量 μ 越大,在温度相同的情况下,相应的 v_p 越小,从图上知,曲线(1)的 v_p 小于曲线(2)的 v_p ,故曲线(1)一定是氧的速率分布曲线,而曲线(2)一定是氢的速率分布曲线。

例 1-18 若在某个过程中,一定量的理想气体的内能 E 随压强 p 的变化关系为一直线(图 1-17),则该过程为 _____ 过程。

解 由于内能 E 是温度 T 的单值函数,因此, $E-p$ 关系图也可视为 $T-p$ 关系图。图中所示为 T 随 p 正比例性变化,且 p 变大, T 也随之变大,故此过程是等体过程。

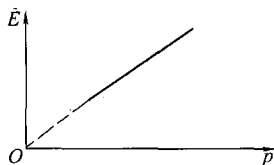


图 1-17

例 1-19 如图 1-18(a)所示理想气体状态为 A 和状态 B 的压强相同。以状态 A 和状态 B 为过程的初、末状态,在 $p-V$ 图上分别画出满足下列条件的热力学过程的示意图,过程中气体做功:

(1) $W_{AB} > 0$;

(2) $W_{AB} = 0$;

(3) $W_{AB} < 0$ 。

解 (1) $W_{AB} > 0$ 情形:图 1-18(b)中该过程并非 $W_{AB} > 0$ 时的唯一过程,由 $A \rightarrow B$ 还有其他过程使 $W_{AB} > 0$ 。

(2) $W_{AB} = 0$,如图 1-18(c)所示 $cdfec$ 所围面积和 $c'd'fe'c'$ 所围面积相同。

(3) $W_{AB} < 0$,如图 1-18(d) $cdfec$ 所围面积小于 $c'd'fe'c'$ 所围面积。

例 1-20 图 1-19(a)为一理想气体在 $V-T$ 图中的循环过程。(1)在 $p-V$ 图上画出此循环过程;(2)判断各过程是吸热过程还是放热过程。

解 (1)图 1-19(b)为在 $p-V$ 图上的循环过程。

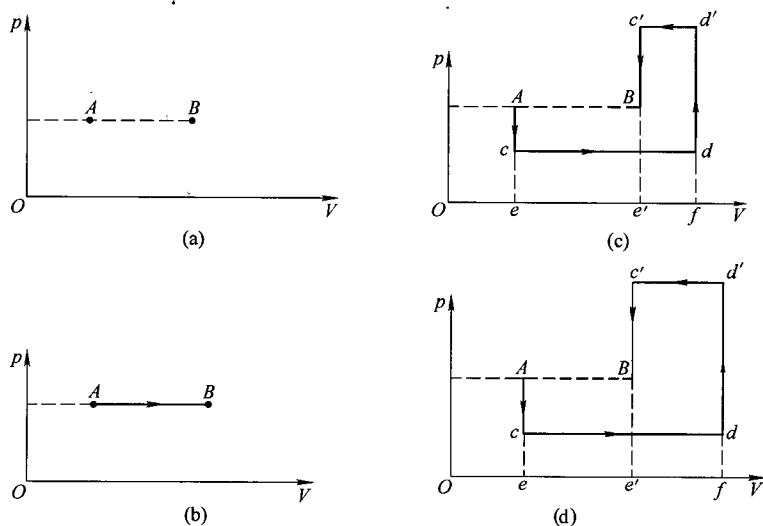


图 1-18

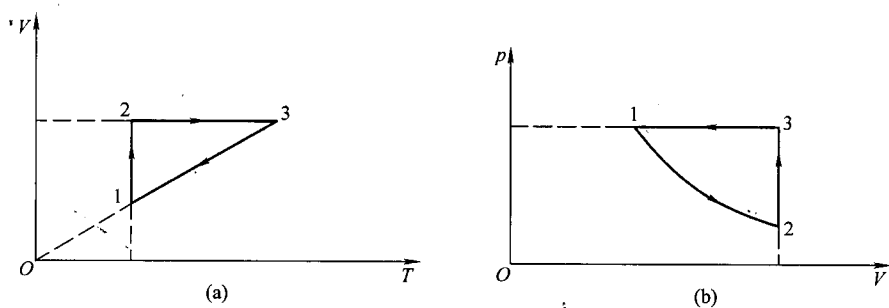


图 1-19

(2) $1 \rightarrow 2$ 为等温膨胀过程, 热量 $Q_{12} > 0$, 吸热过程;

$2 \rightarrow 3$ 为等体升温过程, 热量 $Q_{23} > 0$, 吸热过程;

$3 \rightarrow 1$ 为等压压缩过程, 热量 $Q_{31} < 0$, 放热过程。

例 1-21 如图 1-20 所示, 一定量的理想气体, 由初态 a 经 ab 到达末态 b ; 或由初态 d 经 dc 到达末态 b , 则二过程中的热量关系为 Q_1 _____ Q_2 (填“>”、“<”或“=”)。

解 首先注意图中为 $p-T$ 关系曲线。由图知, 在 $a \rightarrow b$ 过程中, 压强 p 与温度 T 成线性关系, 显然该过程是等体过程, 因而 $W'_{ab} = 0$; 又 $T_b > T_a$, 故 $\Delta E_{ab} > 0$ 。根据热力学第一定律, 有

$$Q_{ab} = \Delta E_{ab} > 0$$

或

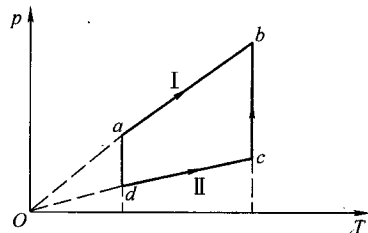


图 1-20

$$Q_1 = Q_{ab} > 0$$

由图还知, $d \rightarrow c$ 过程也是等体过程, 故 $W_{dc} = 0$; 又因 $T_c > T_d$, 所以 $\Delta E_{dc} > 0$ 。由热力学第二定律, 得

$$Q_{dc} = \Delta E_{dc} > 0$$

从图上还知, $c \rightarrow b$ 是等温压缩过程, $\Delta E_{cb} = 0, \Delta W_{cb} < 0$, 而由热力学第一定律知

$$Q_{cb} = W_{cb} < 0$$

而对 $d \rightarrow c \rightarrow b$ 过程, 有

$$Q_2 = Q_{dcb} = Q_{dc} + Q_{cb} = \Delta E_{dc} + W_{cb} = \Delta E_{db} + W_{cb} = Q_1 + W_{cb}$$

由此得出

$$Q_1 > Q_2$$

例 1-22 如图 1-21 所示, $A \rightarrow B$ 是等压过程, $B \rightarrow C$ 是绝热过程, $C \rightarrow D$ 是等体过程, $D \rightarrow A$ 是等温过程, 一定量的气体作 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 循环过程。试以 +、- 或 0 填入下表:

过程	Q	ΔE	W	Δp	ΔT	ΔV
AB	+	+	+	0	+	+
BC	0	-	+	-	-	+
CD	+	+	0	+	+	0
DA	-	0	-	+	0	-
$ABCD A$	+	0	+	0	0	0

其中 $ABO'A$ 所围面积大于 $CDO'C$ 所围面积。

解 $B \rightarrow C$ 为绝热膨胀线, 故 $\Delta V > 0$; 根据特征, 有 $Q = 0$, 而 $Q = \Delta E + W$, $W > 0$, $\Delta E < 0$, 温度下降, $\Delta T < 0$, 同时 $\Delta p < 0$ 。

$C \rightarrow D$ 是等体过程, $\Delta p > 0, \Delta T > 0, \Delta V = 0$, 而功 $W = 0$, 因 $\Delta T > 0$, 故 $\Delta E > 0$, 而 $Q = \Delta E$, 故 $Q > 0$ 。

$D \rightarrow A$ 为等温压缩过程, 故 $\Delta T = 0, \Delta E = 0; \Delta V < 0$, 而 $\Delta p > 0$; 压缩中 $W < 0$, 由于 $Q = W$, 故 $Q < 0$ 。

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 为一循环过程, 系统状态恢复原状, 故 $\Delta V = 0, \Delta T = 0$ 及 $\Delta p = 0$ 和 $\Delta E = 0$ 。而系统净功为 $|ABO'A \text{ 循环面积}| - |CDO'C \text{ 循环面积}| > 0$, 故该循环过程净功为正, 由热力学第一定律知, 该循环过程的净热为正。

例 1-23 理想气体经历如图 1-22 所示的三个不同的热力学过程, 其中 $A \rightarrow D$ 线是绝热线, 试讨论其余二过程的热容是正还是负。

解 因 $A \rightarrow D$ 是绝热过程, 故 $Q_{AD} = 0$, 因而, 此过程热容为零。

对 $B \rightarrow D$ 过程, 由热力学第一定律, 有

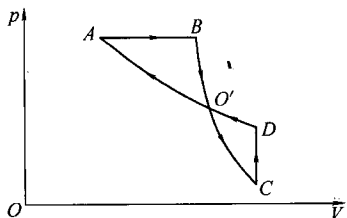


图 1-21

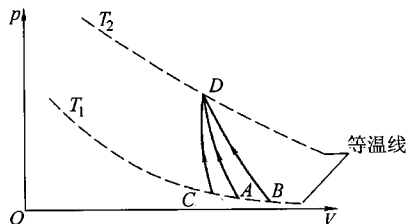


图 1-22

$$Q_{BD} = W_{BD} + \Delta E_{BD} \quad (1)$$

又

$$W_{AD} + \Delta E_{AD} = 0 \quad (2)$$

而

$$\Delta E_{BD} = \Delta E_{AD} \quad (3)$$

式(1) - 式(2), 有

$$Q_{BD} = W_{BD} - W_{AD} \quad (4)$$

从图上知, $W_{BD} < 0$, $W_{AD} < 0$, 但 $|W_{AD}| < |W_{BD}|$, 故

$$Q_{BD} < 0$$

又因 $T_2 > T_1$, 故此过程热容

$$C_{BD} < 0$$

对 $C \rightarrow D$ 过程, 由热力学第一定律, 有

$$Q_{CD} = W_{CD} + \Delta E_{CD} \quad (5)$$

式(5) - 式(2), 有

$$Q_{CD} = W_{CD} - W_{AD} \quad (\text{注意 } \Delta E_{CD} = \Delta E_{AD})$$

而 $W_{CD} < 0$, $W_{AD} < 0$, 但 $|W_{CD}| < |W_{AD}|$, 故有

$$Q_{CD} > 0$$

又因 $T_2 > T_1$, 因此 $C \rightarrow D$ 过程的热容为正, 即

$$C_{CD} > 0$$

例 1-24 一定量的理想气体, 分别经历 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 和 $d \rightarrow e \rightarrow f$ 两个任意过程, 如图 1-23 所示。_____过程是放热过程; _____过程是吸热过程; _____过程的热容量为 ∞ 。

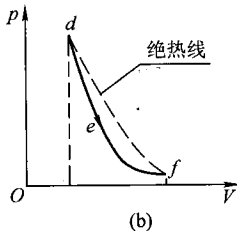
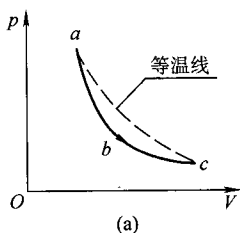


图 1-23