

锦囊妙解

创新导学专题

高中物理

选修内容

丛书主编 司马文 曹瑞彬
丛书副主编 冯小秋 钟志健
本册主编 吴志山

品牌连续热销



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

锦囊妙解

创新导学专题

高中物理

选修内容

丛书主编 司马文 曹瑞彬

丛书副主编 冯小秋 钟志健

执行主编 江海

本册主编 吴志山

编者 万强华 孙心明 许子龙 曾廷畔 毛金才 李庆春 周志祥
朱燕卫 金尤国 胡志彬 丁锁勤 钱勇 吴志山 何福林
沈桂彬 李小慧 朱时来 王春和 周拥军 王新祝 李家亮
丁勇 肖亚东 吴淑群 张季锋 李金光



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

锦囊妙解创新导学专题·高中物理·选修内容/司马文, 曹瑞彬丛书主编;
吴志山本册主编. —北京: 机械工业出版社, 2010.10

ISBN 978-7-111-31666-4

I. ①锦… II. ①司… ②曹… ③吴… III. ①物理课—高中—教学参考资料
IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 165013 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 石晓芬

责任编辑: 马文涛

责任印制: 李 妍

北京振兴源印务有限公司印刷

2010 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×228mm·15.5 印张·450 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-31666-4

定价: 21.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

前言

锦囊妙解丛书面世多年，备受广大读者厚爱，在此深表感谢。为了对得起广大读者的信任，对得起自己的职业良心，我们密切关注课程改革的新动向，在原有基础上，精益求精，反复修订，使得锦囊妙解丛书与时俱进、永葆青春。目前奉献给读者的《锦囊妙解创新导学专题》丛书，力求凸显创新素质的培养，力求知识讲解创新、选择试题创新、剖析思路创新，从而力求让学生阅读后，能更透彻、迅速地明晰重点、难点，在掌握基本的解题思路和方法的基础上，举一反三、触类旁通，全面提升学生的创新素质，在学习、应试中得心应手、应付裕如。

本丛书以每个知识点为讲解元素，结合“课标解读”、“知识清单”、“易错清单”、“点击高考”、“模拟演练”等栏目设计，突出教材中的重点和难点，并将高考例题的常考点、易错点进行横竖梳理，多侧面、多层次、全方位加以涵盖，使分散的知识点凝聚成团，形成纵横知识网络，有利于学生的记忆、理解、掌握、类比、拓展和迁移，并转化为实际解题能力。

本丛书取材广泛，视野开阔，吸取了众多参考书的长处及全国各地教学科研的新思路、新经验和新成果，选例新颖典型，难度贴近高考实际。讲解完备，就某一专题进行集中、全面的剖析，对知识点的讲解自然而细致。一些问题及例题、习题后的特殊点评标识，能使学生对本专题的知识掌握起来难度更小，更易于理解，从而达到举一反三、触类旁通的功效。

本丛书以“新课程标准”为纲，以“考试说明”与近年考卷中体现的高考命题思路为导向，起点低、落点准，重点难点诠释明了，高考关键热点突出，专题集中，能很好地培养学生思维的严谨性、解题的灵活性、表达的规范性。

古人云：授人以鱼，只供一饭之需；授人以渔，则一生受用无穷。让学生掌握“捕鱼之术”，其实就是创新教育的主要目标。本丛书策划者、编写者以此为共识，精诚合作，千锤百炼，希望本丛书不但能帮助你学到知识，掌握知识，而且能掌握其学习方法，养成创新意识，增强创新能力，那将能让你终身受益。

司马文

曹瑞彬



编写说明

本书严格遵循《高中物理课程标准》，参照《考试说明》、《教学建议》、《教师用书》以及实施新课标的各省近几年的高考试卷进行编写。做到课内外兼顾，教、学、练兼顾，基础与提高兼顾，知识与能力兼顾，经典与创新兼顾。本书在传递知识的同时，也为师生提供了一种高效的教与学的方式，是学生自学的良师益友，是教师优秀的参考资料。

本书以知识板块为单元，设有“知识清单”、“点击高考”、“易错清单”和“趣味知识”等四个栏目。

【知识清单】围绕本单元所需掌握的考点和教学三维目标的要求，对重点、难点和注意点进行了详细讲解。配有精选的例题，重点对解题思路和方法进行点拨，通过“举一反三”拓宽思维，加强知识的纵横向联系，起到触类旁通之效。

【点击高考】精选近三年的各地典型的高考题，配有详细解答，目的是提早渗透高考意识，同时便于师生了解和掌握本单元在高考中的地位、高考的难点和能力要求，使教与学的针对性更强。

【易错清单】精选学生的典型错题，通过对错题的分析，加深学生对概念、规律的理解，提高学生分析问题、解决问题的能力，培养学生良好的解题习惯。

【趣味知识】介绍与本单元有关的物理趣闻和轶事，丰富学生的知识，拓宽学生的视野。使学生在紧张的学习之余，放松心情，增强学习物理的兴趣。

编者

作者简介

钱勇，江苏省南通市物理学科带头人，中学物理高级教师。有近十年任教高三毕业班物理教学的经历，教学经验丰厚。在省级以上刊物发表论文 20 余篇。

目录

Contents

前言

编写说明

第十一章 热学 \ 1

第一讲 分子动理论 内能 \ 2

第二讲 气体 固体和液体 \ 13

第三讲 热力学定律 \ 31

第十二章 机械振动和机械波 \ 41

第一讲 简谐运动及其图像 \ 42

第二讲 单摆 振动的能量与共振 \ 53

第三讲 机械波 \ 65

第四讲 波的特有现象 声波 \ 83

第十三章 光学 电磁波 相对论 \ 93

第一讲 光的折射 全反射 色散 \ 94

第二讲 光的干涉、衍射与偏振 \ 116

第三讲 电磁波 \ 129

第四讲 相对论简介 \ 142

第十四章 动量 \ 149

第一讲 动量定理 \ 150

第二讲 动量守恒定律 \ 161

第三讲 动量守恒综合应用 \ 174

第十五章 波粒二象性 原子物理 \ 195

第一讲 波粒二象性 \ 196

第二讲 原子结构 \ 211

第三讲 原子核 \ 223

第十一章

热 学

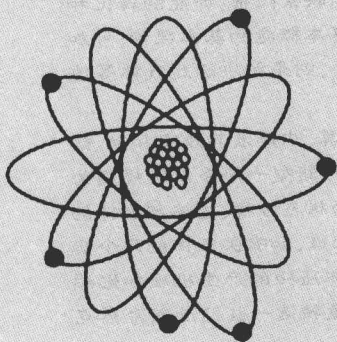
高考趋势展望

本章的知识虽不是物理学中最重要的规律,但却是高考的必考内容,而且新教材单独作为一个选修模块,可见这部分内容的重要性,尤其对选修这一模块的同学来说,更应重视这一模块的学习.热学是研究与温度有关的热现象的科学,本单元从两个方面来研究热现象及其规律:一是从物质的微观结构,即用分子动理论的观点来解释与揭示热学宏观量及热学规律的本质;二是以观测和实验事实为依据,寻求热学参量间的关系及热功转换的关系.本模块主要包括分子动理论与统计思想;固体、液体与气体;热力学定律与能量守恒;能源与可持续发展等有关内容.其中分子动理论是物质的微观结构学说,是宏观现象与微观本质间的联系纽带;而能的转化和守恒定律则是自然界普遍适用的规律.因此,理解和掌握好本单元的基本概念和基本理论,可加深对其它热学现象和规律的理解,而应用统计思想和树立能量的观点,则是解决理想气体等值变化过程中的热、功、内能之间的转化关系的重要思想和方法.

近几年高考命题热点多集中在分子动理论、分子大小和数目的计算、内能及其改变和功、热力学定律的应用.命题特点多为本单元内容单独命题(或与气体结合).题型一般多以选择题为主,必须注意新增知识点的复习,如气体的三个实验定律及理想气体的状态方程、固体与液体的性质、熵及熵增加原理等,虽要求不高,但也要概念性、定性地了解与掌握.如有关气体的几个实验定律,考生重点要理解气体的几个状态参量的概念及意义,了解气体压强的产生机理和影响因素,定性地了解压强与温度、体积的变化关系等.在复习过程中,适量精选一些贴近高考热点的选择题进行训练,对于掌握本单元的基本概念与规律是很有益的.

第一讲 分子动理论 内能

课 解 标 读



【知识与技能】

- 知道物质是由分子组成的,一切物质的分子都在不停地做无规则的运动.
- 知道什么是布朗运动,理解布朗运动产生的原因.
- 能识别扩散现象,并能用分子热运动的观点进行解释.
- 知道分子热运动的快慢与温度的关系.
- 知道分子之间存在相互作用力.

【过程与方法】

- 通过演示实验说明一切物质的分子都在不停地做无规则的运动.
- 通过演示实验使学生推测出物体温度越高,热运动越剧烈.
- 通过与弹簧的弹力类比使学生理解分子间相互作用力的特点.

【情感、态度与价值观】

- 唯物主义世界观,尊重事实.

【教学重点】

布朗运动、分子力、微观量的计算.

【教学难点】

微观量的计算.

知识点1 分子动理论

(1) 分子动理论

①物体是由大量分子组成的,分子间有空隙,分子体积很小,一般分子大小的数量级为 10^{-10} m;

②分子永不停息地做无规则运动,扩散现象和布朗运动证实了分子做无规则热运动;

③分子间存在着相互作用的引力和斥力,其合力叫分子力.当两个分子间的距离等于数量级为 10^{-10} m 的某个值 r_0 时,分子间的引力和斥力相互平衡,分子间作用力为零.分子间的引力和斥力都随分子间距离增大而减小,但斥力比引力减小得快;随着分子间距离的减小而增大,但斥力比引力变化更快.

如图 11-1-1 所示为分子引力、斥力和分子力随分子间距离发生变化的图像.当 $r > r_0$ 时,分子力表现为引力,好比是弹簧拉伸,若 r 增大,则是克服引力做功,故分子势能 E_p 增大.

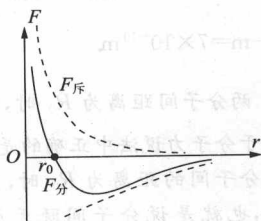


图 11-1-1

当 $r = r_0$ 时,好比是弹簧未发生形变时,分子势能最小,但不为零(因为此时分子力仍然存在,只是引力大小等于斥力,而与弹簧不同,弹簧此时弹力为零,故弹性势能为零).

当 $r < r_0$ 时,分子力表现为斥力,好比弹簧处于压缩状态,若 r 减小,则克服斥力做功,故分子势能 E_p 增大.

(2) 阿伏加德罗常数

①1mol 的任何物质所含有的粒子数叫阿伏加德罗常数(N_A), $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

②阿伏加德罗常数把摩尔质量 M 或摩尔体积这种宏观物理量跟分子质量 m 或分子体积这种微观物理量联系起来了: $m = M/N_A$.

③固体、液体分子微观量的估算:

a. 分子体积: $V = M/(\rho N_A)$.

b. 分子直径、分子间距的估算. 对于固体和液体,分子间距离比较小,可以认为分子是一个个紧挨着的.设分子体积为 V_0 ,则分子直径为 $d = \sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}}$ (球体模型)或 $d = \sqrt[3]{V_0}$ (立方体模型).

c. 分子质量的估算. $N_A m_0 = M$.

d. 分子数 $N = n N_A = \frac{M}{M_0} N_A = \frac{V}{V_0} N_A$.

e. 应用:用油膜法估测分子直径.把油酸油膜看做是单分子油膜,油膜的高度即为分子直径,油膜的表面积与分子直径的乘积为油膜的体积.只要计算得到一滴纯油酸的体积以及油膜面积,即可估算出油酸分子的直径.具体操作:把一滴油滴到水面上,油在水面上充分散开形成单层分子油膜.通常把分子看成是球形,这样油膜的厚度就等于油分子的直径,而油分子又是一个挨一个地排列的.实验时测出油滴的体积 V ,再测出油膜的面积 S ,就可估算出油分子的直径 $d = V/S$.

④气体分子微观量的估算方法:

a. 摩尔数 $n = \frac{V}{22.4}$, V 为气体在标准状况下的体积.

b. 分子间距的估算方法:设理想气体分子均匀分布,每个分子占据一定的体积.假设为立方体,分子位于每个立方体的中心,每个小立方体的边长就是分子间距;假设气体分子占有的体积为球体,分子位于球体的球心,



则分子间距离等于每个球体的直径。

注意:同质量的同一气体,在不同状态下的体积有很大差别,不像液体、固体体积差别不大,所以求气体分子间的距离应说明实际状态。

例1 若以 M 表示水的摩尔质量, V 表示在标准状态下水蒸气的摩尔体积, ρ 为在标准状态下水蒸气的密度, N_A 为阿伏加德罗常数, m , V_0 表示每个水分子的质量和体积,下面是四个关系式: (1) $N_A = V\rho/m$; (2) $\rho = M/(N_AV_0)$; (3) $m = M/N_A$; (4) $V_0 = V/N_A$ 。其中 ()

- A. (1)和(2)都是正确的
B. (1)和(3)都是正确的
C. (3)和(4)都是正确的
D. (1)和(4)都是正确的

解析:由于 $N_A = M/m = V\rho/m$, 而 V 是 1mol 水蒸气的体积, 并非 1mol 水的体积。所以, 1mol 水蒸气的体积 V 大于 N_AV_0 。因此答案 B 是正确的。

点评:本题要求考生掌握阿伏加德罗常数与物质内部微观物理量之间的关系。估算法是根据日常生活和生产中的一些物理数据对所求物理量的数值和数量级大致推算的一种近似方法。

举一反三 房间地面表面积为 15m^2 , 高为 3m , 空气的平均密度 $\rho = 1.29\text{kg/m}^3$, 空气的平均摩尔质量 $M = 2.9 \times 10^{-2}\text{kg/mol}$, 求该房间内空气的质量和空气分子间的平均距离? (保留两位有效数字)

解析:由 $m = \rho V$ 可知, 房间内空气的质量 $m = 1.29 \times 15 \times 3\text{kg} = 58\text{kg}$ 。

房间中空气的总分子数 $n = (m/M) \times N_A = 1.2 \times 10^{27}$ 个。

每个分子占据的空间体积 $V_0 = V/n = 37.5 \times 10^{-27}\text{m}^3$ 。

则分子间的平均距离 $d \approx V_0^{1/3} = 3.3 \times 10^{-9}\text{m}$ 。

点评:本题要求考生理解空气的分子结

构模型, 会根据总分子数来计算每个分子占据的空间体积。

例2 将 1cm^3 的油酸溶液溶于酒精, 制成 200cm^3 的酒精油酸溶液。已知 1cm^3 溶液有 50 滴, 现取 1 滴酒精油酸溶液滴到水面上, 随着酒精溶于水中, 油酸在水面上形成一单分子薄层。已测出这一薄层的面积为 $S = 0.2\text{cm}^2$, 由此可估算出油酸分子的直径为多大?

解析:1 滴酒精油酸溶液含有油酸的体积 $V = (1/200) \times (1/50)\text{cm}^3 = 10^{-10}\text{m}^3$

单分子油膜的厚度即油酸分子的直径 $d = V/S = 10^{-10}/0.2\text{m} = 5 \times 10^{-10}\text{m}$

举一反三 利用油膜法可以粗略测定油酸分子的直径, 把纯的油酸配置成 $1/500$ 的油酸酒精溶液, 用注射器滴出油酸酒精液滴, 已知 1mL 油酸酒精溶液可以滴出 150 滴, 取其中的一滴滴在平静的水面上, 测出其面积为 225cm^2 , 试计算油酸分子的直径。

解析:一滴油酸酒精滴的体积是 $1/125\text{mL}$, 其中含有纯油酸的体积为液滴体积的 $1/500$, 此体积再除以油膜的面积即为油层的厚度(即油酸分子的直径) $d = \frac{1}{125} \times \frac{1}{500} \times 10^{-6} \times$

$$\frac{1}{225 \times 10^{-4}}\text{m} = 7 \times 10^{-10}\text{m}$$

例3 两分子间距离为 R_0 时, 分子力为零, 下列关于分子力说法中正确的是 ()

- A. 当分子间的距离为 R_0 时, 分子力为零, 也就是说分子间既无引力又无斥力
B. 分子间距离大于 R_0 时, 分子距离变小时, 分子力一定增大
C. 分子间距离小于 R_0 时, 分子距离变小时, 分子间斥力变大, 引力变小
D. 在分子力作用范围内, 不管 $R > R_0$, 还是 $R < R_0$, 斥力总是比引力变化快

解析:由分子力与间距的关系曲线可知, 当分子间的距离为 R_0 时, 分子力为零, 但此

时分子间斥力等于引力. 当分子距离变小时, 分子间斥力、引力都变大, 但斥力变化的比引力快, 因此正确的答案是 D.

举一反三 甲分子固定在坐标的原点, 乙分子位于横轴上, 甲分子和乙分子之间的相互作用力如图 11-1-2 所示, a 、 b 、 c 、 d 为横轴上的四个特殊的位置. 现把乙分子从 a 处由静止释放, 则 ()

- A. 乙分子从 a 到 b 做加速运动, 由 b 到 c 做减速运动
- B. 乙分子从 a 到 c 做加速运动, 到达 c 时速度最大
- C. 乙分子从由 b 到 d 做减速运动
- D. 乙分子从 a 到 c 做加速运动, 由 c 到 d 做减速运动

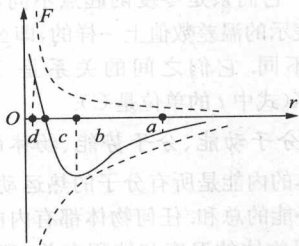


图 11-1-2

解析: 由分子力曲线图可知, 由 a 到 c 一直受到引力作用, 做加速运动, 由 c 到 d 受斥力作用做减速运动, 在 c 点速度最大. 所以答案 B、D 正确.

点评: 本题要求学生正确理解分子力曲线, 搞清分子力随间距变化的关系.

(3) 布朗运动与扩散现象

① 扩散现象是两种不同物质在接触时, 没有受到外力影响. 而能彼此进到对方里去的现象. 气、液、固体都有扩散现象, 扩散快慢除和温度有关外, 还和物体的密度差、溶液的浓度有关. 物体的密度差(或浓度差)越大, 温度越高, 扩散进行得越快.

② 悬浮在液体中的微粒做永不停息的无规则运动, 叫做布朗运动.

a. 布朗运动的形成的理解: 布朗运动是指悬浮在液体中的固体微粒的无规则运动. 关于布朗运动, 要注意以下几点: ① 形成条件是: 只要微粒足够小, 微粒越小, 布朗运动越激烈. ② 温度越高, 布朗运动越激烈. ③ 观察到的是固体微粒(不是液体分子, 不是固体分子)的无规则运动, 反映的是液体分子运动的无规则性. ④ 实验中描绘出的是某固体微粒每隔 30s 的位置的连线, 不是该微粒的运动轨迹(见图 11-1-3).

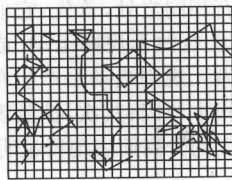


图 11-1-3

b. 布朗运动的研究对象的理解: 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, 个别分子对固体微粒的碰撞不会产生布朗运动. 布朗运动的激烈程度与固体微粒的大小、液体的温度等有关. 固体微粒越小, 液体分子对它各部分碰撞的不均匀性越明显; 质量越小, 它的惯性越小, 越容易改变运动状态, 所以运动越激烈. 液体温度越高, 固体微粒周围的液体分子运动越不规则, 对微粒碰撞的不均匀性越明显, 布朗运动越激烈. 如果微粒比较大, 来自各个方向的冲击力的平均效果可以认为是相互平衡的, 而且微粒的质量较大, 受到很小的冲力, 也难改变原有的运动状态, 所以难观察到布朗运动. 但要注意布朗运动是悬浮的固体微粒的运动, 不是单个分子的运动, 但布朗运动证实了周围液体分子的无规则运动.

c. 布朗运动的影响因素: 液体的温度越高, 布朗运动越剧烈; 微粒越小, 布朗运动越剧烈.

d. 布朗运动产生的原因理解: 是各个方向的液体(或气体)分子对固体小颗粒的作用力不平衡而引起的.



③布朗运动与扩散现象的异同点:

布朗运动与扩散现象是不同的现象. 布朗运动是悬浮在液体中的微粒所做的无规则运动. 其运动的激烈程度与微粒的大小和液体的温度有关. 扩散现象是两种不同物质在接触时, 没有受到外力影响, 而能彼此进到对方里去的现象. 气、液、固体都有扩散现象, 扩散快慢除和温度有关外, 还和物体的密度差、溶液的浓度有关. 物体的密度差(或浓度差)越大, 温度越高, 扩散进行的越快.

它们也有相同之处, 首先: 它们都反映了分子永不停息地做无规则运动. 或者说分子永不停息地做无规则运动是产生布朗运动和扩散现象的根本原因; 其次, 扩散现象和布朗运动都随温度的升高而表现得越明显.

例4 关于布朗运动, 下列说法中正确的是 ()

- A. 悬浮在液体或气体中的小颗粒的无规则运动就是分子的无规则运动
- B. 布朗运动反映了液体分子的无规则运动
- C. 温度越低时, 布朗运动就越明显
- D. 悬浮在液体或气体中的颗粒越小, 布朗运动越明显

解析: A、C 是错误的, B 正确, 至于选项 D, 由于悬浮颗粒越大时, 来自各方向的分子撞击冲力的平均效果越趋于互相平衡, 即布朗运动越不明显. 所以 D 正确. 因此, 正确答案 B、D.

点评: 本题要求考生掌握布朗运动和分子热运动的关系.

知识点 2 物体的内能

(1) 温度和温标

①系统的状态参量: 描述系统状态(各种性质)的物理量. 如体积 V (几何性质)、压强 p (力学性质)、温度 T (热学性质)等.

②平衡状态: 系统的各个状态参量(性质)都不随时间变化的状态.

③温度与热平衡: 当两个系统接触(或通

过导热性能很好的材料接触)后, 两系统各自的状态参量(性质)都不随时间变化时, 就可说这两个系统达到了热平衡. 处于热平衡的两个系统具有一个共同性质, 物理上把表征这一“共同性质”的物理量定义为温度.

④热平衡定律(热力学第零定律): 如果两个系统分别与第三个系统达到热平衡, 那么这两个系统彼此之间也必定处于热平衡.

一切达到热平衡的系统都具有相同的温度, 这就是温度计能够测量温度的基本原理.

⑤温标: 定量描述温度的方法. 测温物质、温度零点的确定和分度的方法(在 1 atm 下, 冰的熔点作为 0°C , 水的沸点作为 100°C). 通常所用的温标有摄氏温标 t 和热力学温标 T (单位 K, 将 -273.15°C 作为 0 K, 这是低温的极限). 它们只是零度的起点不同, 两种温标下所表示的温差数值是一样的, 即 $\Delta T = \Delta t$, 但单位不同. 它们之间的关系是 $T = t + 273.15 \text{ K}$ (式中 t 的单位是 $^{\circ}\text{C}$).

(2) 分子动能、分子势能、物体的内能

物体的内能是所有分子的热运动的动能与分子势能的总和. 任何物体都有内能, 物体的内能跟物体的温度和体积有关. 理想气体分子间距离较大, 分子间力几乎为零, 所以一定质量的理想气体内能只跟温度有关. 物体的内能和机械能有着本质的区别. 物体具有内能, 且一定不为零, 同时也可以具有机械能, 也可以不具有机械能.

①分子动能: 做热运动的分子具有动能, 在热现象的研究中, 单个分子的动能是无研究意义的, 重要的是分子热运动的平均动能. 温度是物体分子热运动的平均动能的标志. 因而在相同的温度下, 不同物质的分子平均动能相同.

②分子势能: 分子间具有由它们的相对位置决定的能量, 叫做分子势能. 分子势能随着物体的体积变化而变化.

③分子间相互作用力、分子势能、分子力做功的关系.

分子势能随分子间距离变化的关系: 微

观上分子势能取决于分子间距和分子排列情况,宏观上取决于物体的体积和状态.由于分子间同时存在引力和斥力,相应的分子势能也就比较复杂.

当 $r > r_0$ 时,分子力表现为引力,分子间距离增大,分子势能增大.好比是弹簧拉伸,若 r 增大,则是克服引力做功,故分子势能 E_p 增大.

分子间距 r 增大时,分子势能不一定增大,也即物体体积增大时,分子势能不一定增大.分子势能与分子间距的关系可以用图 11-1-4 来表示.

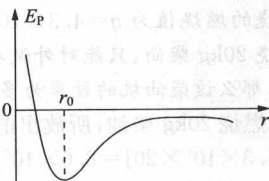


图 11-1-4

物体的体积大小与分子间距离有关联,但不能说体积增大,分子间距离就一定增大,比如: 100°C 的水与 100°C 的水蒸气比较, 100°C 的水蒸气体积大、分子势能较大. 0°C 的水和 0°C 的冰相比较, 0°C 的冰体积大、分子势能反而较小. 分子势能和分子动能在一定条件下可以相互转化,转化过程也同样遵守能的转化和守恒定律. 例如: 蒸发制冷现象, 就是分子势能增大, 而分子平均动能减小的现象.

(3) 物体内能的变化

① 改变物体的内能有两种方式: 做功, 其他形式的能与内能相互转化的过程; 热传递, 是物体间内能转移的过程.

② 物体内能变化的分析:

a. 做功使物体的内能发生改变, 物体内能的改变用做功的值来量度. 外界对物体做了多少功, 物体的内能就增加多少; 物体对外界做了多少功, 物体的内能就减少多少.

b. 热传递使物体内能发生改变, 物体内

能的改变用热量来量度. 物体从外界吸收了热量, 物体的内能增加, 物体内能的增加量等于物体吸收的热量; 物体向外界放出了热量, 物体的内能减少, 物体内能的减少量等于物体放出的热量.

c. 热传递的条件是要有温度差, 其规律是高温物体放出热量, 低温物体吸收热量, 最终达到温度相等, 热传递过程结束.

d. 做功和热传递都可以改变物体的内能, 物体内能的变化由做功和热传递共同决定.

③ 物体内能的微观解释:

物体的内能包括分子热运动的总动能和势能. 分子热运动的总动能与分子的个数和温度有关, 分子势能与物体体积有关. 那么物体的内能可以归纳为三个物理量的影响: 物质的量 n 、物体的温度 T 、物体的体积 V . 物质的量越多、温度越高, 物体的内能越大, 但物体的体积的增加与减小并不能确切地表达内能是否增减.

(4) 能量的转化和守恒定律

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, 或从一个物体转移到别的物体.

例5 下列说法正确的是 ()

- A. 温度低的物体内能小
- B. 温度低的物体分子的平均速率小
- C. 一定质量 0°C 的水结成 0°C 的冰, 内能一定减少
- D. 外界对物体做功时, 物体的内能不一定增加

解析: 温度是物体分子热运动的平均动能的标志, 但不是内能的标志. 所以 A 是错误的. 温度低, 分子的平均动能小, 但分子质量大小不清楚, 因而 B 是错误的. C 答案中要放热, 由能量守恒可知, 内能一定减少. 由热力学第一定律可知, 在热传递不清楚的情况下, 内能不一定增加. 故 C、D 是正确的.

点评: 本题要求考生掌握分子热运动的



平均动能、分子势能和物体内能等概念,并要正确理解热力学第一定律。

举一反三 关于内能和机械能下列说法正确的是 ()

- A. 机械能大的物体内能一定很大
- B. 物体的机械能损失时内能可能增加
- C. 物体的内能损失时机械能必然减少
- D. 物体的机械能为零而内能不可为零

解析:机械能和内能是两种不同形式的能。物体的机械能可为零,但物体的内能不可为零。物体的机械能损失时内能可能增加。物体的内能损失时机械能可能增加也可能减少。但两者之间没有直接的联系。所以答案 B、D 正确。

点评:此题要求学生正确理解内能和机械能两种不同形式的能的区别。

例6 一个小铁块沿半径为 0.2m 的固定半球内壁的上端边缘由静止下滑,当滑到半球底部时,底部所受到的压力为铁块重力的 1.5 倍,设此下滑过程中损失的机械能全部转化为内能,并有 40% 被铁块吸收,已知铁

的比热容为 $0.46 \text{ J}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$, g 取 10 m/s^2 ,求铁块升高的温度?

解析:设铁块的质量为 m ,则 $F_N - mg = \frac{mv^2}{R}$,铁块在半球底部的动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}R(F_N - mg)$,据能量守恒有 $(mgR - \frac{1}{2}mv^2) \times 40\% = cm\Delta t$,解得 $\Delta t = 1.3 \times 10^{-3} ^\circ\text{C}$ 。

点评:对于由多种形式组成的较复杂问题,应先搞清物理过程,注意从能量的角度,把能量转化和转移的情况搞清。

举一反三 某热机 1h 燃烧 20kg 柴油,柴油完全燃烧的燃烧值为 $q = 4.3 \times 10^4 \text{ J/kg}$,而该热机燃烧 20kg 柴油,只能对外做功 $2.58 \times 10^5 \text{ J}$ 的功,那么该柴油机的效率为多少?

解析:燃烧 20kg 柴油,所放出的热量为: $Q = qM = 4.3 \times 10^4 \times 20 \text{ J} = 8.6 \times 10^5 \text{ J}$,而对外所做的功为 $2.58 \times 10^5 \text{ J}$,所以该热机的效率为: $\eta = 2.58 \times 10^5 / 8.6 \times 10^5 = 0.3$ 。

点评:此题必须准确理解柴油的燃烧值和效率概念。

点击高考

1. (2007 年江苏卷)分子动理论较好地解释了物质的宏观热力学性质。据此可判断下列说法中错误的是 ()

- A. 显微镜下观察到墨水中的小炭粒在不停地做无规则运动,这反映了液体分子运动的无规则性
- B. 分子间的相互作用力随着分子间距离的增大,一定先减小后增大
- C. 分子势能随着分子间距离的增大,可能先减小后增大
- D. 在真空、高温条件下,可以利用分子扩散向半导体材料掺入其他元素

【解析】布朗运动是固体小颗粒运动,反映了液体分子运动的无规则性,A 选项正确。当分子间距离大于 r_0 时,分子间的相互作

用力随着分子间距离的增大而减小,B 选项错误。当分子间距离由小于 r_0 时,逐渐增加间距至大于 r_0 的过程中,分子力先做正功,后做负功,分子势能先减小后增大,C 选项正确。

2. (2008 年北京卷理科综合)假如全世界 60 亿人同时数 1g 水的分子个数,每人每小时可以数 5000 个,不间断地数,则完成任务所需时间最接近(阿伏加德罗常数 N_A 取 $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) ()

- A. 10 年
- B. 1 千年
- C. 10 万年
- D. 1 千万年

【解析】 1g 水的分子个数 $n = \frac{m}{\mu} N_A = \frac{1}{18} \times 6 \times 10^{23}$

$$t = \frac{n}{5000 \times 60 \times 10^8 \times 24 \times 365} = 1.27 \times 10^5 \text{ a} \approx 1 \times 10^5 \text{ a}, \text{即 C 正确.}$$

3. (2008 年天津卷理科综合) 下列说法正确的是 ()

- A. 布朗运动是悬浮在液体中固体颗粒的分子无规则运动的反映
- B. 没有摩擦的理想热机可以把吸收的能量全部转化为机械能
- C. 知道某物质的摩尔质量和密度可求出阿伏加德罗常数
- D. 内能不同的物体, 它们分子热运动的平均动能可能相同

【解析】 布朗运动是指悬浮在液体中的固体微粒的无规则运动, 它反映了液体分子的无规则的运动, A 选项错误. 由热力学第二定律知, 不可能从单一热源吸收热量并把它全部用来做功, 而不引起其他变化, B 选项错误. 阿伏加德罗常数 $N_A = \frac{\text{摩尔质量}}{\text{分子质量}}$, C 选项错误. 物体的内能是所有分子动能和分子势能的总和, 它由物质的量、温度和体积等三者决定, 而分子热运动的平均动能由温度决定, 温度相同的物体, 物质的量和分子势能可能不同, 所以, 选项 D 正确.

4. (2008 年广东卷物理)

(1) 如图 11-1-5 所示, 把一块洁净的玻璃板吊在橡皮筋下端, 使玻璃板水平接触水面. 如果你想使玻璃板离开水面, 必须用比玻璃板重力 _____

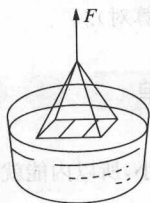


图 11-1-5

_____ 的拉力向上拉橡皮筋. 原因是水分子和玻璃的分子间存在的 _____ 作用.

(2) 往一杯清水中滴入一滴红墨水, 一段时间后, 整杯水都变成了红色. 这一现象在物理学中称为 _____ 现象, 是由于分子的 _____ 而产生的.

【解析】 (1) 大 相互作用的引力

(2) 扩散 无规则热运动

5. (2008 年上海卷物理) 体积为 V 的油滴, 落在平静的水面上, 扩展成面积为 S 的单分子油膜, 则该油滴的分子直径约为 _____. 已知阿伏加德罗常数为 N_A , 油的摩尔质量为 M , 则一个油分子的质量为 _____.

【解析】 油滴在平静的水面上, 扩展成单分子油膜, $V = Sd$, 分子直径 $d = \frac{V}{S}$, 一个油分子的质量 $m = \frac{M}{N_A}$.

6. (2008 年江苏省物理选修模块) 设想将 1g 水均匀分布在地球表面上, 估算 1cm^2 的表面上有多少个水分子? (已知 1mol 水的质量为 18g, 地球的表面积约为 $5 \times 10^{14} \text{ m}^2$, 结果保留一位有效数字)

【解析】 总分子数 $n = (m/M) \times N_A = \frac{1}{18} \times 6.02 \times 10^{23} = 3.34 \times 10^{22}$ 个, 1cm^2 的表面上水分子数 $= \frac{n}{5 \times 10^{14}} \times 10^{-4} = 7 \times 10^3 = 7 \times 10^3$

7. (2009 年北京理综卷) 做布朗运动实验, 得到某个观测记录如图 11-1-6 所示. 图中记录的是 ()

- A. 分子无规则运动的情况
- B. 某个微粒做布朗运动的轨迹
- C. 某个微粒做布朗运动的速度—时间图线
- D. 按等时间间隔依次记录的某个运动微粒位置的连线

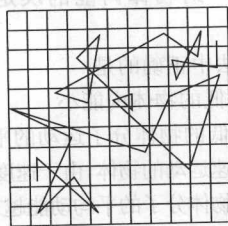


图 11-1-6



【解析】 布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动,而非分子的运动,故 A 项错误;既然无规则所以微粒没有固定的运动轨迹,故 B 项错误;对于某个微粒而言在不同时刻的速度大小和方向均是不确定的,所以无法确定其在某一个时刻的速度,故也就无法描绘其速度—时间图线,故 C 项错误;故只有 D 项正确。

8. (2009 年江苏物理卷选修模块)

(1)若一气泡从湖底上升到湖面的过程中温度保持不变,则在此过程中关于气泡中的气体,下列说法正确的是 ()

- A. 气体分子间的作用力增大
- B. 气体分子的平均速率增大
- C. 气体分子的平均动能减小
- D. 气体组成的系统的熵增加

(2)若将气泡内的气体视为理想气体,气泡从湖底上升到湖面的过程中,对外界做了 0.6J 的功,则此过程中的气泡 _____ (填“吸收”或“放出”)的热量是 _____ J. 气泡到达湖面后,温度上升的过程中,又对外界做了 0.1J 的功,同时吸收了 0.3J 的热量,则此过程中,气泡内气体内能增加了 _____ J.

(3)已知气泡内气体的密度为 1.29kg/m^3 , 平均摩尔质量为 0.29kg/mol . 阿伏加德罗常数 $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$, 取气体分子的平均直径为 $2 \times 10^{-10} \text{m}$, 若气泡内的气体能完全变为

液体,请估算液体体积与原来气体体积的比值. (结果保留一位有效数字)

【解析】 (1)掌握分子动理论和热力学定律才能准确处理本题. 气泡的上升过程气泡内的压强减小,温度不变,由玻意耳定律知,上升过程中体积增大,微观上体现为分子间距增大,分子间引力减小,温度不变所以气体分子的平均动能、平均速率不变,此过程为自发过程,故熵增大. D 项正确.

(2)本题从热力学第一定律入手,抓住理想气体内能只与温度有关的特点进行处理. 理想气体等温过程中内能不变,由热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$, 物体对外做功 0.6J, 则一定同时从外界吸收热量 0.6J, 才能保证内能不变. 而温度上升的过程,内能增加了 0.2J.

(3)微量量的运算,注意从单位制检查运算结论,最终结果只要保证数量级正确即可. 设气体体积为 V_0 , 液体体积为 V_1

$$\text{气体分子数 } n = \frac{\rho V_0}{m} N_A, V_1 = n \cdot \frac{\pi d^3}{6} \quad (\text{或 } V_1 = nd^3)$$

$$\text{则 } \frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{6m} \pi d^3 N_A \quad (\text{或 } \frac{V_1}{V_0} = \frac{\rho}{m} d^3 N_A)$$

$$\text{解得 } \frac{V_1}{V_0} = 1 \times 10^{-4} \quad (9 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-4})$$

都算对).

易错清单

易错点 对物体内能的决定因素理解错误.

下列说法中正确的是 ()

- A. 温度低的物体内能小
- B. 温度低的物体分子运动的平均速率小
- C. 做加速运动的物体,由于速度越来越大,因此物体分子的平均动能越来越大
- D. 外界对物体做功时,物体的内能不一定增加

【错解分析】 错解一:因为温度低,动能

就小,所以内能就小,所以应选 A.

错解二:由动能公式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 可知,速度越小,动能越小,而温度低的物体分子平均动能小,所以速率也小. 所以应选 B.

错解三:由加速运动的规律我们了解到,物体的速度大小由初速和加速度与时间决定,随着时间的推移,速度肯定越来越快再由动能公式 $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ 可知,物体动能越来越



大,所以应该选 C.

错解一是没有全面考虑内能是物体内所有分子的动能和势能的总和. 温度低只表示物体分子平均动能小,而不表示势能一定也小,也就是所有分子的动能和势能的总和不一定也小,所以选项 A 是错的.

实际上因为不同物质的分子质量不同,而动能不仅与速度有关,也与分子质量有关,单从一方面考虑问题是不够全面的,所以错解二选项 B 也是错的.

错解三的原因是混淆了微观分子无规则运动与宏观物体运动的差别. 分子的平均动能只是分子无规则运动的动能,而物体加速

运动时,物体内所有分子均参与物体的整体、有规则的运动,这时物体整体运动虽然越来越快,但并不能说明分子无规则运动的剧烈情况就要加剧. 从本质上说,分子无规则运动的剧烈程度只与物体的温度有关,而与物体的宏观运动情况无关.

【正确解答】 由于物体内能的变化与两个因素有关,即做功和热传递两方面. 内能是否改变要从这两方面综合考虑. 若做功转化为物体的内能等于或小于物体放出的热量,则物体的内能不变或减少. 即外界对物体做功时,物体的内能不一定增加,选项 D 是正确的.

趣味知识

温度计的发明

18 世纪是热学的真正开端,首先是计温学在这一时期迅速地发展起来. 尽管伽利略、盖利克、让·莱伊以及西门图学院的院士们已在 17 世纪发明了第一批验温器并不断作了改进,但它们仍不便于得出定量测定的结果,不同验温器中的不同测温质、不同固定点以及刻度的随意性等使这些验温器只适于对该处温度涨落作相对的估计.

出生巴黎的阿蒙顿,先后独立研究过天体力学、物理学、数学、建筑学. 他早年就失去了听力,这给他的生活带来诸多不便,也使他无法找到职业. 但阿蒙顿并没有为这个不幸而感到痛苦万分和悲观失望,他认为能不能听到声音无法阻挡他心爱的研究工作,他甚至乐观地从这不幸中看到了有幸的成分,因为可以不受外界干扰,而专心致志地从事实验研究.

1703 年,阿蒙顿提出了气体测温计的一个有趣的结构,这是一个外形呈 U 字形的固定体积的温度计,主要利用空气的压强来测量温度. 阿蒙顿在 U 形玻璃管的较短的一臂上连接一个空心玻璃球,较长的一臂长 45in. 将水银注入 U 形管中并进入玻璃球的下部.

测温时用水银始终保持球内空气的体积不变,而用两边水银面的高度差——即球内定容气体的压强与大气压强之差来量度温度.

阿蒙顿将玻璃球先放入冰中,然后再放入沸水中,记下了这两种情形下的水银面的差值(以英寸为单位),并假定玻璃球内空气的压强正比于温度而变化,从而使他能够依据长臂中水银面的位置来确定任意温度. 但是,由于阿蒙顿只选择了水的沸点作为一个固定点而并不了解水的沸点受大气压的影响,所以他的温度计并不十分准确;加之这种温度计的结构用于实际目的也不方便,所以还不是实用的温度计.

在计温学的发展史上,第一只实用的温度计是由德国迁居荷兰的玻璃工匠华伦海特于 1709 年开始制造的. 华伦海特迁居荷兰后,学习和掌握了制作玻璃器皿的技术,成为一个气象仪器制造商. 1708 年,他到丹麦首都哥本哈根旅行,看到了罗默制作的温度计. 回到荷兰后,他就开始制作罗默温度计. 在了解到阿蒙顿利用水银制造的温度计后,华伦海特也改用水银代替酒精,并开始研究温度计的精密结构.

华伦海特制造实用的温度计深受阿蒙顿

