

PHYSICS

选修 3-3

普通高中课程标准实验教科书

物理 3-3

学生学习用书



上海科技教育出版社

选修 3-3

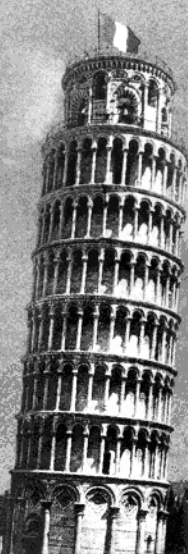
普通高中课程标准实验教科书

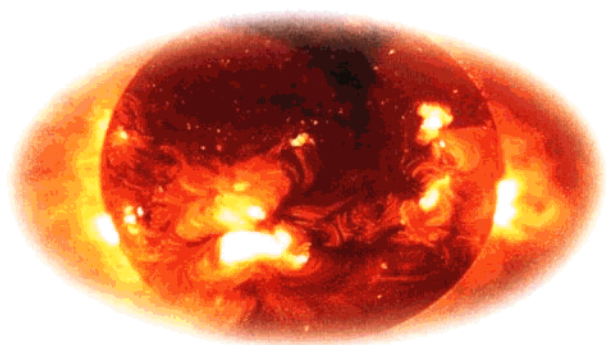
物理 3-3

学生学习用书



上海科技教育出版社





ISBN 7-5428-3951-9



9 787542 839510 >

此书如有印、装质量问题，请向本社调换
上海科技教育出版社 电话：021-64367970

普通高中课程标准实验教科书

物理 3-3 · 学生学习用书

世纪出版集团 出版发行
上海科技教育出版社

(上海市冠生园路393号 邮政编码200235)

www.ewen.cc www.sste.com

各地新华书店经销 江苏启东人民印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 8.25 字数 195 000

2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

ISBN 7-5428-3951-9/O · 446

定价：11.00 元

《普通高中课程标准实验教科书 物理 学生学习用书》

编委会

主任委员 束炳如 何润伟

委员 (以姓氏笔画为序)

王文祥 王继珩 王溢然 母小勇 仲扣庄

束炳如 何润伟 宋世俊 汪延茂 赵谊伶

彭 怡 谢坚城

本册主编 王溢然

编写人员 王溢然 谢步时

编者的话

本书是与上海科技教育出版社出版的《普通高中课程标准实验教科书——物理3-3》相配套的学生学习用书。全书按《物理3-3》的章、节编排。每节基本分为六个部分：

学习目标 根据《课程标准》和《物理3-3》的要求,提出本节的学习目标。这里涵盖知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三方面的要求。

点拨指导 围绕本节内容和要求,对有关的物理现象、概念与规律作一些简明扼要的诠释,对有关的实验探究过程和方法,适当加以展开或作一些具体的事例印证。

案例分析 配合本节的学习,辅以几个案例。其中既有帮助理解概念、运用规律、体会方法的问题,也有许多来自实验探究和生活实际的新问题。这些案例的研究,能有助于同学们学好本节知识,提高分析问题、解决问题的能力,体会到基础知识的价值。同时,它们也对解答物理问题起着一定的规范作用。

自我评价 每节都提供一定数量的练习题,供自我评价选用。

多学一点 这是每节内容的延伸、拓展,有着较高的要求。

课程资源 这里提供了相关的资料,包括一些史料、实验知识、课外活动题材等,可供进一步研究时参考。

每章结束时的“全章回顾与评价”,分成**全章回顾**、**实验研究**、**综合评价**、**课程资源**等几个部分。

书末附有“参考答案与提示”,供同学们参考。

本书秉承《物理3-3》的特色,努力体现“以人为本”、“重视过程与方法”。在**点拨指导**、**案例分析**中反映了同学们在学习开展活动的许多体验。这里既有与同学们的对话交流、提出思考的问题,也有来自同学们的观点。这是本书不同于通常教学辅导书的地方。

本书力争体现《物理3-3》开放性、层次性的特色。除**多学一点**外,**案例分析**、**自我评价**中用*表示的都具有较高的要求。这里提出的问题和总结归纳的方法,不仅有助于当前的学习,也为同学们在今后学习中挖掘问题、深入研究作了启示。

学习是一个循序渐进的过程,需要不断地体验、交流、总结,才会不断地提高。初次阅读中遇到有困难的地方(尤其是标有*号处),可以暂时放下,先对已理解清楚的地方作一回味,同时注意与周围同学坦诚地探讨、勇敢地提出自己的想法。也许,一番争辩后,立即会柳暗花明,原来的疑团一扫而光了。

《学生学习用书》的编写,一定意义上是在教材基础上的再创造。如何为全新的课程标准教材编写一本全新的学生学习用书,我们缺乏经验,更缺少来自广大师生使用教材后宝贵的实践体会。编写中,我们在核心的两部分——**点拨指导**、**案例分析**以及在适应开放性、层次性的要求上努力作了一定的尝试,**自我评价**中各练习题跟教材的配合尚需进一步提炼。如何为新课标教材配置一套合适的新颖的教学辅导用书,正是我们目前在努力思考、摸索的问题,我们也希望得到广大师生的理解和支持。随着课程改革的深入发展和考试评价制度的逐渐完善,将会给《学生学习用书》的编写目标指出更为明确的方向。我们有信心,在本书再版时一定会做得更好。

全书由束炳如、何润伟、彭怡审稿、定稿。

由于时间较为仓促,难免会有疏漏和不妥之处,敬请广大师生批评指正。

编者

目 录

第 1 章 用统计思想研究分子运动 / 1

- 1.1 一种新的研究方法 / 1
- 1.2 走进分子世界 / 4
- 1.3 无序中的有序 / 7
- 1.4 用统计思想解释分子运动的宏观表现 / 10
- 1.5 物体的内能 / 15
- 1.6 全章回顾与评价 / 19

第 2 章 气体定律与人类生活 / 21

- 2.1 气体的状态 / 21
- 2.2 玻意耳定律 / 26
- 2.3 查理定律和盖·吕萨克定律 / 30
- 2.4 空气的湿度与人类生活 / 35
- 2.5 全章回顾与评价 / 40

第 3 章 固体、液体与新材料 / 47

- 3.1 研究固体的性质 / 47
- 3.2 研究液体的表面性质 / 52
- 3.3 液晶与显示器 / 57
- 3.4 半导体材料和纳米材料 / 61
- 3.5 全章回顾与评价 / 67

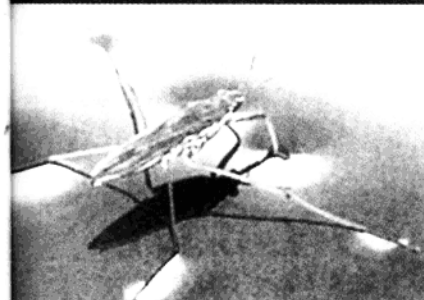
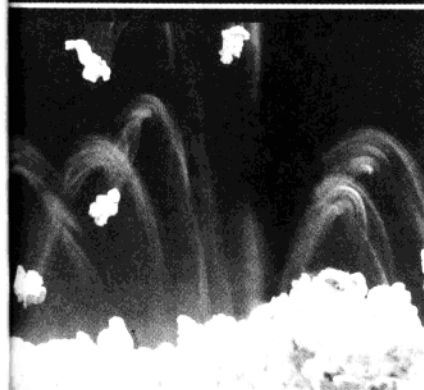
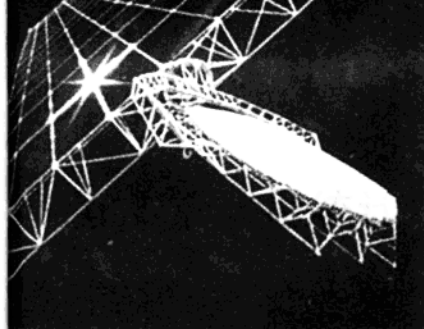
第 4 章 热力学定律与能量守恒 / 72

- 4.1 热力学第一定律 / 72
- 4.2 能量守恒定律发现的历程 / 77
- 4.3 热力学第二定律 / 83
- 4.4 描述无序程度的物理量 / 86
- 4.5 全章回顾与评价 / 89

第 5 章 能源与可持续发展 / 91

- 5.1 能源利用与环境污染 / 91
- 5.2 能源开发与环境保护 / 96
- 5.3 节约能源、保护资源与可持续发展 / 101
- 5.4 全章回顾与评价 / 106

参考答案与提示 / 111



第1章 用统计思想研究分子运动

本章以统计思想为主线,通过列举生活、生产和科学研究等方面的一些事例,阐述统计规律的普遍性。教材带领我们走进分子世界,通过建立分子的简化模型,了解分子之小、分子之多;通过对分子运动特点的研究,认识无序中蕴含的有序规律。然

后,运用统计思想认识温度、气体压强的微观意义,了解布朗运动。最后,从分子间的相互作用了解分子势能,建立内能的概念,认识内能的物理意义及其决定因素,为后续各章的学习奠定基础。

1.1 一种新的研究方法

学习目标

- ① 知道概率所表示的含义及其应用价值。
- ② 了解统计规律的特点,发展对科学的好奇心,体验统计规律在自然现象、社会现象等方面的应用。

点拨指导

① 认识概率的含义及其数学定义

概率是对发生某一随机事件的可能性的定量描述。通常,在 N 次事件中,如果出现事件 A 的次数为 n ,就把 $\frac{n}{N}$ 叫做出现事件 A 的概率。当 N 极大时,比值 $\frac{n}{N}$ 会趋于某个定值,这个定值就是严格意义上事件 A 出现的概率。

所以,通常说的“概率”跟数学上的定义稍有不同,它不追求那么严格,侧重于对某种“可能程度”的描述。

② 从游戏中学习概率的简单计算

投币游戏是帮助理解概率的含义,学习简单的概率计算的一个很好的实例。

请你将 2 枚同样的硬币连续扔出,或由两人各扔 1 枚,显然会出现 4 种可能的结果,如图 1-1 所示。



图 1-1

由上述分布可知,出现 2 个正面或 2 个反面的机会各是 $\frac{1}{4}$, 出现一正一反的机会是 $\frac{1}{2}$, 出现的各种机会满足条件:

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = 1$$

如果用 1 枚硬币连扔 3 次或 3 枚同样的

硬币分别扔 1 次,将有 8 种可能,归纳如下:

第 1 次	正	正	正	正	反	反	反	反
第 2 次	正	正	反	反	正	正	反	反
第 3 次	正	反	正	反	正	反	正	反

同样可知,出现 3 次正面或 3 次反面的机会都是 $\frac{1}{8}$, 出现两正一反或一正两反情况的机会均为 $\frac{3}{8}$ 。

由此可以推知:投扔硬币时,出现 2 次正面的概率就等于每次得正面的概率之积,即

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

扔 3 次或 4 次时,出现 3 次或 4 次正面的概率分别等于得 1 次正面的概率之积,即 3 次正面的概率为

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$$

4 次正面的概率为

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{16}$$

如果投扔 10 次,连续得 10 次正面的概率为

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \cdots \times \frac{1}{2} = \left(\frac{1}{2}\right)^{10} = 0.00098$$

即大约在 1000 次中才有 1 次。

这个法则称为“概率相乘”法则,它说明:几种不同事件都出现的概率,等于其中每一事件出现的概率相乘。

案例分析

案例

试用概率知识说明,教室里的空气分子均匀地充满在整个空间,不会出现都聚集在某一角落的现象。

分析与解答

设想教室里有一堵假想的竖直的墙把教室分隔成相等的两部分,由于通常情况下,空气分子间的距离较大,可以认为每个空气分子都可以机会均等地向各个方向运动。因此,空气分子出现在教室的某一部分,就相当于投扔硬币时出现正面或反面,所有分子同时聚集在某一角落就相当于投扔的硬币全部呈现正面或反面。算出它们出现的概率,就可以作出说明。

每一个分子处在教室某一部分的概率是 $\frac{1}{2}$, 中等大小的教室约有 10^{27} 个空气分子,它们同时聚集在教室的某一部分的概率是

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{10^{27}} \approx 10^{-3 \times 10^{26}}$$

即 $\frac{1}{10^{3 \times 10^{26}}}$ 。这个概率是如此之小,它们不可能聚集在某一部分,你用不着担心呆在某个角落时会突然感到窒息。反过来说,所有空气分子一定均匀分布于整个教室。

请讨论:在没有研究概率时,你是怎样考虑这个问题的?

自我评价

1. 一位同学听到当地的天气预报报道:“明天的降水概率是 70%。”他认为明天 70% 的时间内下雨,其余 30% 的时间内不下雨。你认为他理解得对不对?
2. 一位同学根据班上 50 位同学各投掷 10 次硬币,出现正、反面的概率各占 50% 的

事实作出结论:一个人独立投 500 次,出现正面或反面的次数一定都是 250 次。你认为对不对?

3. 一位同学说,既然概率只是描述某种可能性,而事情出现与否、成与败最后都只能是确定的一种选择,因此学习概率的意义不大。你的看法怎样?

多学一点

· 一个概率计算的趣例 ·

一副扑克牌共有 54 张, 4 种花色各 13 张。现为方便计数, 去掉大、小王, 剩 52 张。如果连续拿到 5 张花色一样的牌, 这 5 张牌就叫做“同花”(如图 1-2 所示)。如果在玩



图 1-2

牌时想得到一手同花, 头一张牌是什么花色是无关紧要的, 只需考虑其他 4 张牌是同花的机会。显然,

第二张牌同花的机会是

$$\frac{12}{51}$$

第三张、第四张、第五张也是同花的机会依次是

$$\frac{11}{50}, \frac{10}{49}, \frac{9}{48}$$

所以, 玩牌时拿到一手同花的概率是

$$\frac{12}{51} \times \frac{11}{50} \times \frac{10}{49} \times \frac{9}{48} = \frac{13068}{5997600} \approx \frac{1}{500}$$

不过, 应该注意, 并不是说你玩牌 500 次就一定得到一次同花, 也许一次也没有拿到, 也许你能拿到 2 次或更多次。只是从统计平均的意义上说, 有可能在 500 次中碰到一次。

1.2 走进分子世界

学习目标

① 认识模型的科学方法,经历用油膜法估测分子直径的探究过程,知道分子直径的数量级。

② 知道阿伏加德罗常数的意义,会根据分子模型和阿伏加德罗常数进行某些估算,体会宏观世界与微观世界的联系。

点拨指导

① 认识模型的科学方法

模型是一个广义的概念,通常可分为两类。一类称为物质模型,它采用缩小与放大几何尺寸的办法,制作跟原型相似的一种实体模型,如飞机模型、大桥模型等。这类模型多用于工程技术,以研究原型的功能、结构性能为目的。另一类称为理想模型,它是人们运用抽象思维和想像力,采用理想化和纯粹化的办法,所创造的能再现原型的本质联系和内在特性的一种简化模型,如质点、点电荷、原子结构、匀速直线运动、简谐运动等。这类模型多用于物理学研究中。可以说,物理学中的规律就是在对理想化的物理模型的研究中得出来的。

② 体会探究分子直径的思路

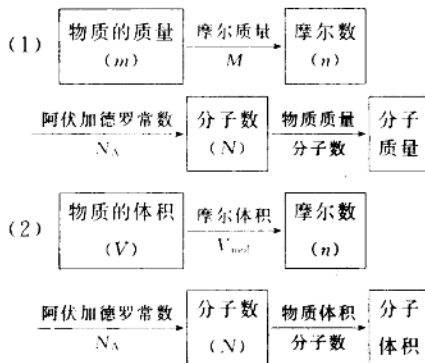


注意:用数小方格的方法计算油膜面积时,采用数学中“四舍五入”的方法,即不足半格的舍去,超过半格的算一格。

③ 掌握沟通宏观量与微观量的基本线索

阿伏加德罗常数沟通了宏观量(物质的质量、体积、密度)与微观量(分子质量、分子体积)之间的联系。根据一定量固态或液态

物质的质量或体积推算分子质量与体积的基本思路是:



对于气态物质,按上述思路算出的不是分子体积,而是每个分子的活动空间。

案例分析

案例 1

用油膜法估测分子大小的实验中,已知配制的油酸酒精溶液的浓度是每 1000mL 溶液中有纯油酸 1mL。实验前,用注射器吸取 1mL 上述溶液,发现能均匀滴出 50 滴。现把 1 滴该溶液滴入盛水的浅盘里(水面原撒有痼子粉),稳定后画出如图 1-3 所示的油膜形状。已知图中正方形小方格的边长为 1cm,由此可推算出油酸分子的直径为多少?

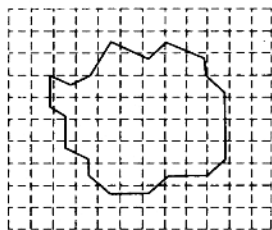


图 1-3

分析与解答

根据配制的油酸酒精溶液的浓度和 1mL 溶液的滴数,可算出每滴溶液中油酸的

体积。溶液滴入水盘后形成稳定的单分子层油膜,数出它所占的小方格数,可算出油膜的面积。这层油膜的厚度可以认为就等于油酸分子的直径。

每滴油酸酒精溶液中含有纯油酸的体积为

$$V = \frac{1}{1000} \times \frac{1}{5} \text{ cm}^3 = 2 \times 10^{-7} \text{ cm}^3$$

数出油膜所占的小方格为 40 格(占半格和半格以上的算 1 格,不足 1 格的舍去),因此油膜面积为

$$S = 40 \times 1 \text{ cm}^2 = 40 \text{ cm}^2$$

油膜的厚度等于油酸分子的直径,其大小为

$$\begin{aligned} d &= \frac{V}{S} = \frac{2 \times 10^{-7}}{40} \text{ cm} = 5 \times 10^{-9} \text{ cm} \\ &= 5 \times 10^{-9} \text{ m} \end{aligned}$$

请讨论:对上述实验结果是否满意?实验中不能得到理论上的数量级 10^{-10} m 的原因是什么?

案例 2

我们生活在大气海洋中,那么包围地球大气层的空气分子数有多少呢?请设计一个估测方案,指出需要的实验器材和需要测定或查找的物理量,推导分子数的表达式。

分析与解答

包围地球的大气层会产生大气压,大气压对地球表面作用力的大小,可以认为等于整个大气的重力,由此可算出大气的质量。根据空气的平均摩尔质量和阿伏加德罗常数,就可以估算出大气层的空气分子数。

需要的实验器材是气压计。需要测定和查找的物理量是大气压 p_0 、空气的平均摩尔质量 M 、地球半径 R 和重力加速度 g 。

分子数的推导如下:

(1) 设大气层的空气质量为 m ,由于大气高度远小于地球半径 R ,可以认为大气层各处重力加速度大小相等,由

$$mg = p_0 S = 4\pi R^2 p_0$$

$$\text{得 } m = \frac{4\pi R^2 p_0}{g}$$

(2) 大气层中空气的摩尔数为

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4\pi R^2 p_0}{Mg}$$

(3) 由阿伏加德罗常数得空气分子数为

$$N = nN_A = \frac{4\pi R^2 p_0}{Mg} N_A$$

请讨论:如果要进一步算出大气层中空气分子的平均间距,还要知道什么物理量?你能列出它的表达式吗?

自我评价

- 对分子的下列认识中,错误的是()。
 - 通常的物体都是由大量分子组成的
 - 组成物体的分子都是互相紧靠在一起的
 - 物质分子都像一个个表面光溜溜的小球
 - 物质分子表面也有复杂的形状
- 一位同学认为,用油膜法估测油酸分子直径时,产生误差有下列原因,其中合理的

是()。

- 配制油酸酒精溶液时的体积比例有误差
 - 对每滴溶液的体积测量有误差
 - 用数小方格的办法计算油膜面积时有误差
 - 计算过程中有误差
- 在标准状况下,水蒸气分子的间距跟水分子的间距之比为()。
 - 1:1
 - 10:1
 - 100:1
 - 1000:1

4. 根据你用油膜法探究分子的体会,写出这个实验的理论依据:_____
- _____。
5. 请你设计一个实验,估测阿伏加德罗常数。要求写出实验主要步骤,列出测量表达式。

1.3 无序中的有序

学习目标

① 了解气体分子运动的特点,发展探究自然奥妙的好奇心和求知欲。

② 通过模拟方法,认识气体分子运动的速率总体上呈现“中间多,两边少”的统计规律。知道麦克斯韦统计方法的意义,领略自然界的奇妙与和谐。

点拨指导

① 气体分子运动的特点

分子间碰撞频繁,每个分子都在做杂乱无章的运动。由于通常状况下容器中分子数量极多,相互间的碰撞达到每秒 65 亿次之多,每个分子能够自由运动的平均行程极短(仅为 $5.7 \times 10^{-8} \text{ m}$ 左右)。因此,每个分子都在不断地改变着运动方向,它们向着各个方向运动的机会相等,总体上必然显得杂乱无章,毫无规律,好似一片混沌世界。

② 气体分子运动的速率分布

(1) 气体分子速率总体上呈现“中间多,两边少”的钟形分布特征。

(2) 在一定状态下,大多数气体分子的速率在某个平均值附近。温度升高,这个平均值也增大。

(3) 在任何温度下,一定量气体中总有少数分子的速率很小,有少数分子的速率很大。

案例分析

案例 1

根据教材图 1-14 的原理,可以设计一个测量子弹速度的装置。

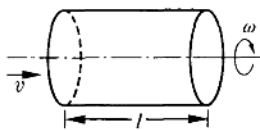


图 1-4

如图 1-4 所示,用厚纸板做成一个长 l 的圆筒,它可以绕中心轴匀速转动,汽枪平行转轴对着圆筒面射击。设调节转速为 n 时,子弹在圆筒旋转不足半周的时间内连续穿越两侧圆筒面,测得留在筒面上的两个弹孔所在半径间夹角为 φ ,则子弹的速度为()。

- A. $\frac{2\pi nl}{\varphi}$ B. $\frac{\varphi l}{2\pi n}$ C. $\frac{n\pi l}{\varphi}$ D. $\frac{\varphi l}{n\pi}$

分析与解答

设子弹速度为 v ,穿越圆筒的时间

$$t = \frac{l}{v} \quad (1)$$

在这段时间内,圆筒转过的角度为 φ 。

当转速为 n 时,角速度 $\omega = 2\pi n$,则

$$\varphi = \omega t = 2\pi n t \quad (2)$$

联立①②两式,得子弹速度

$$v = \frac{2\pi n l}{\varphi}$$

答案为 A。

案例 2

一个班级有 20 个实验小组,在基本相同的条件下,用同样的方法共同测量某种未知溶液的密度,得到如下数据(单位 10^3 kg/m^3):

序号	测量值	序号	测量值	序号	测量值	序号	测量值
1	1.69	6	1.71	11	1.74	16	1.75
2	1.72	7	1.73	12	1.71	17	1.73
3	1.70	8	1.75	13	1.74	18	1.72
4	1.76	9	1.79	14	1.73	19	1.73
5	1.78	10	1.84	15	1.73	20	1.72

试以 0.01 的差值为区间宽度,画出直方图,并作出评价。

分析与解答

为便于绘图,先以 0.01 的差值为依据,将上述测量数据按由小到大的顺序排列,如下表所示:

测量值	1.69	1.70	1.71	1.72	1.73	1.74	1.75	1.76
次数	1	1	2	3	5	2	2	1
测量值	1.77	1.78	1.79	1.80	1.81	1.82	1.83	1.84
次数	0	1	1	0	0	0	0	1

取横轴表示密度,每一等分大小为 0.01,并把各次测量值标在区间的中部,纵轴表示出现次数,根据上述数据画出直方图,如

图 1-5 所示。

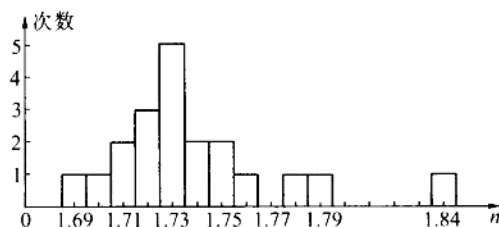


图 1-5

由直方图可知,该溶液的密度估计在 1.73 左右。右边孤立出现的“小岛”(1.84),意味着该组实验中可能存在较大的差错,应该重新予以测定。

自我评价

1. 在日常生活中,你是否发现过呈现正态分布特征的现象? 请列举 1~2 个事例加以说明。
2. 研究一下,根据教材中氧分子的速率分布,怎样估算出 0°C (或 100°C) 时氧分子的平均速率? 请相互交流。

多学一点

· 气体分子速率的测定——斯特恩实验 ·

图 1-6 是斯特恩在 1920 年设计的测定气体分子速率的实验示意图。A、B 是两个同轴的圆筒,以相同的角速度旋转。A 筒壁开有与筒的轴线平行的狭缝 O,沿轴向放置一根涂有银层的细铂丝,抽去两筒间的空气,当铂丝通电后,银层被蒸发,圆筒内充满了银原子的气体,一些银原子会通过狭缝 O 到达圆筒 B 的内表面沉积起来。

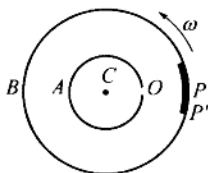


图 1-6

假定一些银原子的速率非常大,它们飞出 A 筒的狭缝 O 抵达 B 筒内壁的时间可不计,则这些银原子将打在 B 筒内壁正对着狭缝且与狭缝平行的一条直线 P 上。当银原子的速率并不很大时,它们离开狭缝 O 在两筒之间飞行的时间内,由于 B 筒已转过一定角度(注意 A 筒也同步旋转),因此速率相同的银原子将打在 B 筒内壁平行于直线 P 的直线 P' 上, P、P' 之间的弧长 s 正好等于具有此速率的银原子通过两筒之间的同一时间内 B 筒转过的弧长。

设银原子的速率为 v,则由上面的分析得

$$\frac{R_B - R_A}{v} = \frac{s}{\omega R_B}$$

所以

$$v = \frac{\omega R_B (R_B - R_A)}{s}$$

实验中只需测出两个圆筒的半径、旋转的角速度、P 和 P' 之间的弧长,就可以算出银原子的速率。银是单原子分子,因此它也是银分子的速率。由于 A 筒随 B 筒一起旋转,所以无论何时,具有某一速率的银原子飞出狭缝后都将打在相应的平行于 P 的直线上,不同速率的银原子将打在不同的直线上,这些直线并不是彼此分离的,而是构成一条弧带。银原子在这条弧带上的沉积密度实际

上反映了银原子速率的分布。

课程资源

· 分子速率分布的葛正权实验 ·

我国物理学家葛正权于1934年测定过铯蒸气分子的速率分布。实验装置如图1-7所示, O 为铯蒸气源, 蒸气压 $\approx 100\text{Pa}$, 温度 T 可测。 R 是一个可以绕轴转动的空心圆筒, 半径 $r=9.4\text{cm}$, 转速为 30000r/min , 全部装置放在真空容器中, 气压 $\approx 10^{-4}\text{Pa}$ 。 S_1 、 S_2

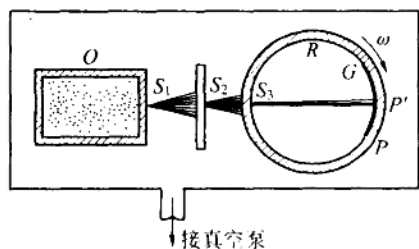


图 1-7

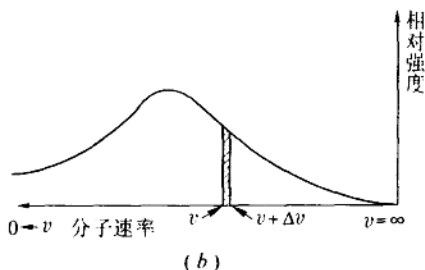
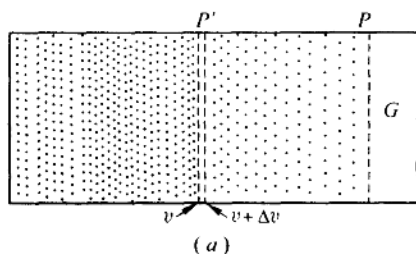


图 1-8

和 S_3 分别是狭缝位置。进行这类实验都使用重金属, 如斯特恩用银, 葛正权用铯等, 原因之一是分子质量愈大, 在相同温度下, 分子平均速率愈小, 这样图 1-7 中容器可以不至过大, 圆筒转速也不需过快; 原因之二是分子易被检测。

如果圆筒 R 不转动, 分子将沉积在玻璃板 G 上的 P 处。当 R 以角速度 ω 转动时, 由于铯分子由 S_3 到达 G 需要一定时间 t , 此时 P 点已转过去, 分子将沉积在 P 点后面的某点, 例如 P' 点上。因速率 v 不同的分子到达 G 的时间有先后; 穿过 S_3 的分子射线中的分子在到达 G 时将展开一个沉积层, 由 P 到玻璃板 G 的边缘, 如图 1-8(a) 所示。用光学方法或化学方法可测定在 P' 点附近一狭条[图中相当于分子速率在 $v-(v+\Delta v)$ 之间]的相对强度(正比于沉积分子数)。图 1-8(b) 表示相对强度随分子速率大小而变化, 这说明分子数按速率大小呈一定分布。

1.4 用统计思想解释分子运动的宏观表现

学习目标

① 从统计意义上认识温度是物体内分子平均动能的标志。

② 从统计意义上理解气体压强的微观意义及其大小的决定因素。

③ 经历布朗运动的实验研究过程,能用统计思想解释其产生的原因。

点拨指导

① 认识温度的微观意义

温度的高低由物体内分子无规则运动的剧烈程度所决定:物体内分子运动得越剧烈,表现为宏观的温度越高。所以物理学上把温度定义为物体内分子平均动能的量度。

根据这个定义可以知道:

(1) 温度是物体内部大量分子热运动的集体表现,它具有统计的意义。对于由 n 个分子组成的热力学系统(n 是一个很大的量),温度的高低决定于 $\frac{1}{n}(E_{k1} + E_{k2} + E_{k3} + \dots + E_{kn})$,而不是个别分子的动能。温度升高时,物体内所有分子的平均动能增大,并不表示每个分子的动能一定都增大。对于单个分子,温度是没有意义的。

(2) 对于不同物质分子组成的热力学系统,温度相同时,不同系统内所有分子的平均动能相同,但不同物质分子的平均速率不一定相同。

② 理解压强的微观意义

压强的大小等于物体表面上受到的压力跟受力面积之比,即

$$p = \frac{F}{S}$$

对于气体来说,物体(或容器)表面的压力是由于大量气体分子碰撞所产生的。从这个意义上可以知道,气体压强有着跟固体、液体不同的地方:

(1) 由于大量气体分子的无规则运动,任何一个密封容器各处的压强大小一定处处相等,并且都垂直于器壁各处(图 1-9)。由此可见,压强同样具有统计意义,它不是单个分子的作用,是大量分子集体行为的反映。

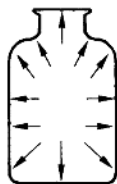


图 1-9

(2) 压强的大小决定于分子的平均速率和单位体积中的分子数(分子密度)。分子的平均速率越大,分子对器壁每次碰撞产生的作用力越大;分子密度越大,单位时间内对器壁单位面积上碰撞的次数越多(分子平均速率越大时,也会使得碰撞次数增多)。

③ 有关布朗运动的几个问题

名称——布朗运动是指悬浮在液体(或气体)中的固体微粒的无规则运动,不是分子的运动(分子的尺寸比肉眼能看到的固体微粒小得多);

产生原因——布朗运动是由于液体(或气体)分子的无规则运动,碰撞悬浮的固体微粒所产生的(不是固体微粒内部分子的无规则运动产生的),所以它能间接地反映液体(或气体)分子的无规则运动。

影响运动的因素——布朗运动的产生跟温度和固体微粒的性质无关。只要固体微粒足够小,它们悬浮在液体或气体中都会产生布朗运动,运动的激烈程度跟液体(或气体)的温度和固体微粒有关。液体(或气体)的温度越高,分子运动越快,布朗运动越激烈;固体微粒越小,它的不同侧面

受到碰撞的不均匀性越明显,再加上质量小,所以容易改变运动状态,宏观上表现出来布朗运动越激烈。

折线的含义——反映布朗运动的无规则的折线,是某个布朗粒子在不同时间所处位置的依次连线,不是它的运动轨迹。在折线上的每一小段内,布朗粒子的运动也是无规则的,并不沿着这一小段折线运动。

案例分析

案例 1

实验中测得某种气体的温度是 0°C ,一位同学据此提出了以下几个说法,其中正确的是()。

- A. 该气体中分子的温度是 0°C
- B. 该气体中,运动速率大的分子的温度一定高于 0°C ,运动速率小的分子的温度一定低于 0°C
- C. 温度不变时,该气体中分子的平均速率不变
- D. 温度升高时,速率大的分子所占的比例会增大

分析与解答

温度是物体内分子平均动能的标志,它具有统计的意义,是针对大量分子而言的。对单个分子没有实际意义,说法 A、B 都把温度看成单个分子所具有的量,都不正确。

根据温度的微观定义,温度不变时,物体内所有分子的平均动能也不变。对于确定的气体,分子质量一定,因此分子的平均速率也不变。

温度升高时,分子的平均动能增大,这是由于动能大的分子所占的比例增大造成的,对于确定的气体,意味着速率大的分子所占的比例增大。

正确选项是 C、D。

案例 2

两个密封容器中分别盛有质量不同的

同种气体,一位同学提出以下一些观点:

- A. 盛有气体质量多的容器,器壁受到的压强一定较大
- B. 容器底部受到的压强应该比上部的压强稍大一些
- C. 温度升高时,如果使容器适当膨胀,由于单位时间内气体分子对器壁单位面积的碰撞次数不变,可以保持压强不变

请作出你的评价。

分析与解答

密闭容器中气体的压强不是由气体的重力产生的,而是由分子无规则运动碰撞器壁所产生的,因此,不能以气体质量的多少作为判定其压强大小的依据。同时,气体的压强也不会像静止液体那样会随深度而变化。由于气体分子的无规则运动,容器内部各处的压强大小都相等。

气体压强的大小由分子的平均速率和分子密度两个因素决定。温度升高时,分子的平均动能增大,分子每次对器壁的碰撞作用力会增大;如果适当增大气体的体积,使分子密度变小,则单位面积器壁在单位时间内受到碰撞的次数变少。两种因素相抵消,可以使气体的压强保持不变。

A、B 两种观点都不正确,混淆了气体压强与液体压强的产生机理;观点 C 的结论是正确的,但理由不充分,原因是气体压强大小的决定因素缺乏全面的认识。

案例 3

图 1-10 是关于布朗运动的实验,下列说法中正确的是()。

- A. 图中记录的是分子无规则运动的情况
- B. 图中记录的是微粒做布朗运动的轨迹
- C. 实验中可以看到,微粒越大,布朗运动越明显
- D. 实验中可以看到,温度越高,布朗运动越激烈



图 1-10