

高等学校教学参考书

物理学学习题集

第二册

北京大学物理系
中国科学技术大学物理教研室

人民教育出版社

高等学校教学参考书

物 理 学 习 题 集

第 二 册

北 京 大 学 物 理 系
中 国 科 学 技 术 大 学 物 理 教 研 室

人 民 教 育 出 版 社

本习题集是在中国科学技术大学钱临照教授和北京大学沈克琦教授主持下,由两校的有关同志执笔编写的。

本习题集内容丰富,涉猎面较广泛,与当前高等学校物理专业的普通物理学课程配合比较紧密。本习题集共分三册。第二册内容为热学与分子物理学部分和电学部分。热学与分子物理学部分内容包括:温度和宏观热现象、理想气体、气体分子运动论、热力学第一定律、热力学第二定律、分子力和实在气体、液体的表面现象、相变;电学部分内容包括:静电场、静电场中的导体和电介质、静电能量、稳恒直流电、电流的磁场、洛伦兹力、磁介质、电磁感应、磁场能量、正弦形交流电、瞬变过程、麦克斯韦方程。书末还附有本册的习题答案。

本书可作为高等学校物理专业的普通物理学课程的教学参考书,也可供电视大学、业余大学及理工科大学有关专业的教师、学生参考。

高等学校教学参考书

物理学习题集

第二册

北京大学物理系
中国科学技术大学物理教研室

*

人民教育出版社出版

新华书店上海发行所发行
浙江省台州印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 13 字数 310,000

1980年10月第1版 1981年3月第1次印刷

印数 00,001--71,000

书号 13012·0523 定价 0.94元

目 录

热学与分子物理学

第一章 温度和宏观热现象	1
§ 1 平衡态 温度 量热学	1
§ 2 热膨胀	7
§ 3 热传递的三种方式	11
第二章 理想气体	17
§ 1 气体的实验定律	17
§ 2 理想气体的状态方程	21
§ 3 混合理想气体	29
第三章 气体分子运动论	31
§ 1 理想气体的微观模型	31
§ 2 麦克斯韦速率分布律	35
§ 3 能量均分定律	42
§ 4 迁移现象	43
第四章 热力学第一定律	54
§ 1 热量 功 内能	54
§ 2 热力学第一定律	55
§ 3 准静态过程	59
§ 4 热力学第一定律对理想气体的应用	61
§ 5 杂题	68
第五章 热力学第二定律	73
§ 1 循环过程	73

§ 2 实际技术循环	80
§ 3 热力学第二定律	84
§ 4 熵的计算	89
第六章 分子力和实在气体	95
第七章 液体的表面现象	100
第八章 相变	110

电 学

第一章 静电场	121
§ 1 库仑定律	121
§ 2 电场强度	124
§ 3 高斯定理	132
§ 4 电位	138
第二章 静电场中的导体和电介质	153
§ 1 导体	153
§ 2 电介质	161
§ 3 电容	172
第三章 静电能量	190
第四章 稳恒直流电	199
§ 1 电阻	199
§ 2 电路	206
§ 3 电流的微观性质	220
第五章 电流的磁场	225
§ 1 电流的磁场	225
§ 2 安培环路定理	234

第六章 洛伦兹力	239
§ 1 洛伦兹力	239
§ 2 安培力	248
第七章 磁介质	261
第八章 电磁感应	273
§ 1 电磁感应	273
§ 2 自感和互感	285
第九章 磁场能量	292
第十章 正弦形交流电	297
第十一章 瞬变过程	314
第十二章 麦克斯韦方程	320
§ 1 麦克斯韦方程	320
§ 2 电磁波	327
第二册习题答案	332
热学	332
第一章 温度和宏观热现象	332
第二章 理想气体	335
第三章 气体分子运动论	337
第四章 热力学第一定律	340
第五章 热力学第二定律	346
第六章 分子力和实在气体	351
第七章 液体的表面现象	352
第八章 相变	354
电学	356
第一章 静电场	356

第二章 静电场中的导体和电介质	365
第三章 静电能量	377
第四章 稳恒直流电	379
第五章 电流的磁场	384
第六章 洛伦兹力	390
第七章 磁介质	395
第八章 电磁感应	398
第九章 磁场能量	402
第十章 正弦形交流电	403
第十一章 瞬变过程	407
第十二章 麦克斯韦方程	409

热学与分子物理学

第一章 温度和宏观热现象

§ 1 平衡态 温度 量热学

1-1 有一圆柱形密封气缸, 它的两端由外界维持着不同的温度, 但气缸内每处都有一固定的温度, 问缸内的气体是否处于热平衡状态?

1-2 说昨天的温度和今天的一样, 其科学依据是什么?

1-3 热力学系统处在非平衡状态时, 温度的概念是否适用? 为什么我们可以说一根两端温度不同的稳定导热的棒各处有确定的温度?

1-4 把一块用不透水但可传热的纸包起来的冰和一温度计同时放入一绝热容器中, 然后很快地将此系统抽成真空, 这时温度计的示数为 20°C , 问以后温度计的示数会不会下降? 为什么?

1-5 在一个在太空飞行的宇宙飞船的外壁之外安置一个温度计, 温度计与飞船外壁绝热, 问能否由此测得太空中的温度? 温度计的示数代表什么?

1-6 怎样测量下列物体的温度?

- | | |
|-----------|-----------------|
| (1) 太阳; | (2) 大气; |
| (3) 高层大气; | (4) 海底; |
| (5) 液氮; | (6) 粮仓; |
| (7) 土壤; | (8) 树叶的向阳面及背阳面; |
| (9) 昆虫; | (10) 炼钢炉内的钢水。 |

1-7 理想气体温标基于气体的什么共同性质？在实现理想气体温标时，是否有一种气体比其它气体更优越？

1-8 用不同的测温物质(如水银，稀薄气体)制造温度计，与确立一种温标(如理想气体温标或各种经验温标)，这两个问题的本质区别何在？

1-9 水三相点的温度为 273.16K 是不是任意规定的？绝对温标 T 与摄氏温标 t 之间的关系

$$t = T - 273.15$$

是不是任意规定的？它们的实验基础是什么？

1-10 我们知道，必须规定两个定点的温度才能制定一个温标。我们现在只规定水的三相点温度为 273.16K 就定出了绝对热力学温标，这是为什么？

1-11 在确定定容理想气体温标时，令温度 T 与压强 P 的关系为 $T(P) = \beta P$ ，然后定义水的三相点的温度为 $T = 273.16\text{K}$ 。如果在水的三相点温度下气体的压强为 P_{t_r} ，则有

$$\beta = \frac{273.16\text{K}}{P_{t_r}}, \text{ 即:}$$

$$P = P_{t_r} \frac{1}{273.16} T(P) = P_{t_r} \alpha T(P).$$

问这与查理定律 $P = P_0 \alpha_p T$ 中 $\alpha_p = \frac{1}{273.15} \text{K}^{-1}$ 是否矛盾？能不能说因为 α_p 与 α 相差甚微，所以近似地认为相同？

1-12 能不能用水的三相点定义一个“华氏绝对温标” $T_F(P) = \frac{1}{\alpha_F} \frac{P}{P_{t_r}}$ (P_{t_r} 为水三相点温度下气体压强) 如可以，则 $T_{F(\text{三相})} = ?$ $\alpha_F = ?$ “华氏绝对温标” T_F 与华氏温标 F 的关系又是怎样？

1-13 在一个标准大气压下，一支未经校准的温度计在冰水混合物中指示温度为 t_0 ，在沸腾的水蒸汽中指示温度为 t_B 。假定

温度计刻度在 t_0 与 t_B 之间是等分的, 求当温度计的指示温度为 t_p 时实际温度 t 的表示式。设在标准大气压下水的冰点温度为 T_0 、沸点温度为 T_B 。

1-14 有一支温度计, 放在冰水混合物(处于标准大气压下)中, 它的示数为 -0.2°C ; 放在沸腾的水蒸汽(处于标准大气压下)中, 它的示数为 101.5°C 。试问

(1) 放在沸腾的酒精(78.3°C)中, 它的示数将是多少?

(2) 用它测得乙醚的沸点示数为 34.8°C , 问乙醚的沸点实际是多少?

(3) 在一个多大测量范围内, 这个温度计的读数可以认为是准确的(估读到 0.1°C)。

1-15 定容理想气体温度计贮气泡内的气体在水的汽点与三相点时压强之比为 1.36605; 求汽点在理想气体温标中的值。

1-16 对摄氏温标是这样规定的: 假设测温属性 x 随温度 t 作线性变化, 即

$$t = ax + b,$$

并规定冰点为 $t = 0^\circ\text{C}$, 汽点为 $t = 100^\circ\text{C}$; 设 x_i 和 x_s 分别表示冰点和汽点时 x 的值, 求上式中的常量 a 和 b , 并写出摄氏温度的表达式。

1-17 定容气体温度计在水的冰点和汽点时, 其中气体的压强分别为 0.400 标准大气压和 0.546 标准大气压, 试问:

(1) 当气体的压强为 0.100 标准大气压时, 待测温度是多少?

(2) 当温度计在硫点(444.60°C)时, 气体的压强是多少?

1-18 一个铂电阻在冰点的阻值为 11.000 欧姆, 在汽点的阻值为 15.240 欧姆, 在硫点 (444.60°C) 的阻值为 28.387 欧姆,

由此确定下式中的常量 A 和 B ：

$$R = R_0(1 + At + Bt^2),$$

设式中 t 为摄氏温度。

1-19 当温差电偶的一个接点保持在冰点，另一个接点保持在任一摄氏温度 t 时，其温差电动势由下式确定：

$$\varepsilon = \alpha t + \beta t^2,$$

式中 $\alpha = 0.20$ 毫伏/ $^{\circ}\text{C}$ ， $\beta = -5.0 \times 10^{-4}$ 毫伏/ $^{\circ}\text{C}^2$ 。设用 e 为测温属性，用下述线性方程来定义温标 t^* ： $t^* = ae + b$ ；并规定冰点为 $t^* = 0^{\circ}$ ，汽点为 $t^* = 100^{\circ}$ ，求出当 $t = -100^{\circ}\text{C}$ ， 200°C ， 300°C ， 400°C ， 500°C 时对应的 t^* 值。

1-20 用 L 表示液体温度计中液柱的长度，定义温标 t^* 与 L 之间的关系为：

$$t^* = a \ln L + b,$$

式中 a, b 为常数。规定冰点为 $t^* = 0^{\circ}$ ，汽点为 $t^* = 100^{\circ}$ 。设在冰点时液柱的长度为 $L_i = 5.00$ 厘米，在汽点时液柱的长度为 $L_s = 25.00$ 厘米，试求：

- (1) $t^* = 0^{\circ}$ 到 $t^* = 10^{\circ}$ 之间液柱的长度差；
- (2) $t^* = 90^{\circ}$ 到 $t^* = 100^{\circ}$ 之间液柱的长度差。

1-21 假如我们不用 T 而取 $*T = -\frac{1}{T}$ 作温度测量，这个新的测量单位叫 NivleK [Kelvin 的反序字] 度 ($^{\circ}N$)，试讨论 $*T$ 的性质。

1-22 用一个“流动量热器”来测量液体的比热。密度为 0.85 克/厘米³ 的液体以 8.0 厘米³/秒的速率流过这量热器；用在量热器中的 250 瓦的电加热器加热液体，使流体在流入点和流出点之间建立起稳定的 15°C 的温差。若略去与外界的热交换，求液体的比热。

1-23 设某物质的比热 c 与温度 t 的关系为 $c=a+bt^2$ ，式中 a, b 为常量。试求：

- (1) m 克这种物质自 0°C 加热至 $t^\circ\text{C}$ 所需的热量；
- (2) $0^\circ\text{C}-t^\circ\text{C}$ 间的平均比热是多少？
- (3) 比热为中间值时温度是多少？

1-24 把某物体自 0°C 加热至 $t^\circ\text{C}$ 时所需的热量为

$$Q=at+bt^2+ct^3 \text{ 卡/克, } a, b, c \text{ 为常数。试求:}$$

- (1) $t_1^\circ\text{C}-t_2^\circ\text{C}$ 间的平均比热；
- (2) $t_2^\circ\text{C}$ 的比热。

1-25 测量液体比热的一种装置如图所示。量热器内筒和搅拌器都是铝制的，比热为 $0.212 \text{ 卡/克}\cdot^\circ\text{C}$ 。两内筒有一筒装待测液，一筒装水，水的质量为 200.00 克 ，液体的质量为 180.00 克 ，每个内筒与搅拌器共重 35.00 克 ，温度计浸没在液中部分的水当量为 1.0 克 ，两筒中各插入一个完全相同的电阻丝，当开始通电一段时间后，水温由 15.00°C 上升至 20.00°C ，液温由 15.00°C 上升至 21.00°C 。试问：忽略一切散热时，在下述几种情况下液体比热为多少？取水的比热为 $1.000 \text{ 卡/克}\cdot^\circ\text{C}$ 。

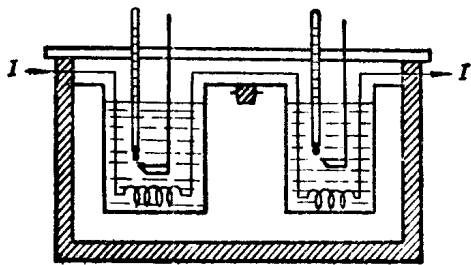


图 1-25

- (1) 设液体的比热为常量；
- (2) 又测得当水温升至 26.00°C 时，液体温度为

28.00°C。设液体比热与温度有线性关系；

(3) 如比热与温度的二次方有线性关系，则又如何？用

(2)中数据；

(4) 由此可以得出什么结论？

1-26 从冰箱中取出 50.0 克温度为 -12.0°C 的冰，立即放进一个内筒质量为 50.0 克的绝热量热器中，量热器内筒用铝制成，内盛有 200.00 克温度为 20.0°C 的水。试问：

(1) 系统最后的状态如何？

(2) 如再通入 10.0 克 100.0°C 的水蒸气，系统的最终状态如何？

(3) 如在上述系统中再通入 90.0 克 100.0°C 的水蒸汽，情况又是如何？

已知冰的比热为 0.50 卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ，铝的比热为 0.212 卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ，冰的溶解热为 80.0 卡/克，水的汽化热为 539 卡/克，水的比热为 1.00 卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

1-27 一个铜量热器，内筒重 53.2 克，盛有 195.0 克水，从 40.0°C 冷却到 30.0°C ，已知散热速率与温差成正比，比例系数为 $k=2.0$ 卡/秒 $\cdot^{\circ}\text{C}$ ，环境温度维持在 10.0°C ，问冷却时间是多少？设铜的比热为 0.094 卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

1-28 上题中，如果量热器的外筒是一个恒温流水冷却器，试问：

(1) 如要维持水温完全不变，水流量应为多少？

(2) 如要维持水温的变化在温度计上看起来（温度计读到 0.1°C ），水流量应为多少？

(3) 如进口水温度为 9.8°C ，出口水温度为 10.2°C ，即维持平均温度 10.0°C ，水流量变化范围是多少？

(4) 如果严格保持进口水温为 9.8°C 与出口水温为

10.2°C, 水流量用程序控制, 问水流量 $\frac{dm}{dt}$ 随时间如何变化?

§ 2 热 膨 胀

解释以下现象或事实:

- 1-29 (1) 北方冬天, 户外的水管冻裂;
(2) 输汽及输油管道不能是笔直的, 每隔一定距离要有一段U形弯管或将管子弯成一个圈形;
(3) 把实验室用的 0°C—100°C 的水银温度计突然放在沸水中时, 水银柱先下降然后上升;
(4) 地面的岩石会风化, 而月面岩石则不发生风化;
(5) 湖面冰场的四周要凿冰窟窿;
(6) 入冬以前, 把挖出的河泥一块块撒放在地里, 第二年春天就变成粉末状;
(7) 在飞机机体上铆接时, 先把铝铆钉用干冰冷却然后再铆入;
(8) 精密天平的两臂和盘都是对称的, 应力也是均衡的, 为什么还要放在恒温室里?
(9) 用玻璃密封的晶体管, 它的引出线为什么不能用普通的铜丝而要用杜美丝?
(10) 为什么在低温下焊缝有时会开裂?
(11) 给出铂电阻温度计的分度表时, 每隔10°C给出一个电阻值, 而不是每隔 50°C 或 100°C 给出一个电阻值。

1-30 一块固体, 质量为 1000 克, 浸在 2.0°C 的水中, 称量为 740 克; 浸在 10.0°C 的水中, 称量为 742 克。求该固体的线膨胀系数(要求一位有效数字)。

1-31 0°C 的水装在一粗细均匀的玻璃管中, 高 305.84 (厘

米)。问加热至 50°C 时，高度为多少？已知在 0°C — 50°C 之间水的体膨胀系数的平均值为 $8 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，玻璃的体膨胀系数的平均值为 $3 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

1-32 有一把在 0°C 时校准好的黄铜卡尺，在室温为 14°C 时，用它测得一钢棒的长度为 49.500(厘米)。黄铜的线胀系数为 $19 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，钢的线胀系数为 $11 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。试求：

- (1) 14°C 时钢棒的真正长度；
- (2) -10°C 时钢棒的长度。

1-33 质量为 1.0 公斤的铁球从 14°C 加热到 600°C 。已知铁的密度为 7800 公斤/米³，铁的线胀系数为 $12 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。试求：

- (1) 铁球的表面积增加量；
- (2) 铁球的体积增加量。

1-34 一铁摆钟在 15°C 时是准的，问它在 20°C 时每天比原来差多少秒钟？已知铁的线胀系数为 $12 \times 10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

1-35 0°C 时，一水银温度计玻璃泡的容积为 V_0 ，毛细管的横截面积为 A_0 ，玻璃的线胀系数为 α_g ，水银的体胀系数为 K_m 。若 0°C 时泡内恰好贮满水银。证明：

- (1) 在 $t^{\circ}\text{C}$ 时，设 A_0 不变，毛细管中水银的高度与 t 成正比；
- (2) 若 A_0 随温度改变，则又如何？

1-36 两根质料相同但体积不同的棒互相紧贴在一起，其起始温度不同，因而它们之间发生热量传递。假定它们与周围环境无热交换，则当它们达到热平衡时总体积是否会发生变化？

1-37 一个定容气体温度计上，读得 0°C 时压强为 546.0 毫米汞柱，在 100°C 时压强为 744.0 毫米汞柱。已知玻璃的体膨胀系数为 $0.000030^{\circ}\text{C}^{-1}$ ，求该气体的定容压强系数。

1-38 航空工业中使用铝铆钉时先在干冰中 (-78°C) 冷却后

铆入。问在 20°C 时, 铝铆钉对铆孔单位面积的压力是多少? 已知铝的线膨胀系数为 $2.4 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$, 杨氏模量为 7.5×10^{11} 达因/厘米²。

1-39 把一根直径为 4.0 毫米的钢丝拉紧之后再 把两头夹住。问当温度降低 10°C 时, 钢丝所受的张力增大了多少? 钢的线膨胀系数为 $12 \times 10^{-6} \text{C}^{-1}$, 杨氏模量为 2.0×10^{11} 牛顿/米²。

1-40 一铜环直径为 3.00000 厘米, 温度为 0°C ; 一铝球直径为 3.00600 厘米, 温度为 100°C 。球放在环上, 如图 1-40 所示。若两物对外绝热, 当达到平衡时球刚好通过环, 问球与环的质量比是多少?

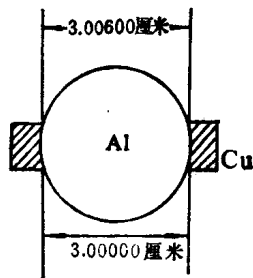


图 1-40

已知铜的线膨胀系数为 $1.7 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$, 比热为 0.094 卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$; 铝的线膨胀系数为 $2.4 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$, 比热为 0.21 卡/克 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。

1-41 水的体膨胀有什么特点? 怎样解释冬天湖面结冰而湖底水保持 4°C 的现象? 要是冰的密度比水大, 会出现什么现象? 会造成什么后果?

1-42 已知水的体积 V 与温度 t 的关系为:

$$V = 1 - 0.00006105t + 0.000007733t^2,$$

式中 t 为摄氏温标, 以 0°C 时的体积 V 为 1。问在 0°C 至 10.0°C 之间的不同温度下, 用水作测温物质的温度计, 其示数将如何变化? 当这温度计的示数为 1.0°C , 2.0°C , 3.0°C 时, 还可能有那些温度与这些温度的示数相同? 不计温度计的装水容器的热膨胀, 设温度计能读出 0.1°C 。

1-43 两金属的线胀系数分别为 α_1 和 α_2 , 今将它们做成厚度 d 相等的两复片重迭在一起, 长度相等。由于温度变化, 变成圆弧

形。证明其曲率半径为:

$$R = \frac{d}{\Delta t(\alpha_2 - \alpha_1)},$$

式中 Δt 为温度变化的值。

1-44 为了保持两金属棒 a_1 和 a_2 (线膨胀系数都是 α_1) 的两端点 A_1 与 A_2 之间的空气隙 d 不随温度而改变, 可采用温度补偿办法, 即把这两棒接在线膨胀系数为 α_2 的另外两根金属棒 b_1 和 b_2 上, 其安装如图 1-44 所示: 将 O 点固定, 取长度 $a_1 = a_2$, $b_1 = b_2$, 再把 b_1 和 b_2 的另一端, 用长为 C 且与 a_1 和 a_2 同类的金属铸成的棒相连接。问 α_1 和 α_2 满足什么关系式时 d 就不随温度变化?

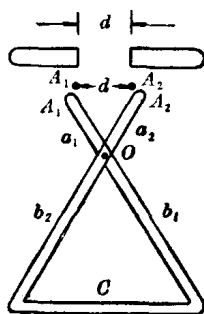


图 1-44

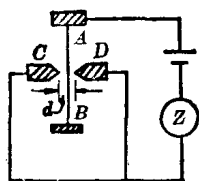


图 1-45

1-45 一温度报警器的示意图如图 1-45 所示: 有一薄铜片在固定点 A 、 B 之间, 当温度为 0°C 时正好自然伸直, 这时铜片长为 4.00 厘米。假定温度升高时, AB 之间的距离不变, 而铜片弯曲成圆弧形。触点 C 、 D 对称地放在 A 、 B 两侧, 相距为 $d = 2.00$ 毫米。 Z 为电铃。当铜片与 C 或 D 接触时即报警。已知铜的线膨胀系数为 $1.7 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。试问

(1) 当温度达到 65°C 时此报警器能否报警?

(2) 如要使其在 65°C 时报警, 则 d 应为多少? 说明理由。