

清华大学出版社·大学物理学（第三版）习题解答勘误表

Ye Liang

2020年5月14日

1 力学、热学

2.6

关于刹车有两种假设，一种是车轮被抱死，刹车的加速度来自于轮胎与地面的摩擦力，即题解所示答案。答案中将 $\cos\theta$ 按 1 处理，将 $\sin\theta$ 近似为 $\frac{1}{10}$ ，这样是工科中很常见的数值近似方法，但这里引入了比较显著的近似误差。更精确的数字代入结果为：

$$s' = \frac{25^2}{\frac{25^2}{35} \times \cos \arctan 0.1 - 2 \times 9.8 \times \sin \arctan 0.1} \text{m} = 39.5 \text{m}.$$

另一种假设是车轮被刹车片持续消耗动能，摩擦力与刹车片对车轮施加的压力有关，与轮胎与地面支持力无关（忽略滚动摩擦，因比刹车片动摩擦的效应小很多）。因此最终结果略有区别

$$s' = \frac{25^2}{\frac{25^2}{35} - 2 \times 9.8 \times \sin \arctan 0.1} \text{m} = 39.3 \text{m}.$$

恰好和原答案数值上一致。

原答案采用的数值近似将一种机理的结果近似成了另一种的结果并汇报在了最终计算数字里，是不恰当的。

2.8

(1) 原答案错误在于，实际上 m_1 相对地面向右的加速度 a_1 与 m_2 向下的加速度 a_2

$$a_1 \neq a_2.$$

而是有

$$a_1 - a = a_2 \tag{1}$$

这是因为绳长不变的假设，即

$$\Delta l_{\text{上段}} + \Delta l_{\text{右段}} = 0$$

在任意时刻成立。而当 M 向右移动距离 x ， m_1 相对地面向右移动 x_1 ， m_2 向下移动垂直距离 y ，则有

$$x - x_1 + y = 0.$$

对每项求二阶时间导数就得到式(1)。

以下, 根据相同的分析可以列出其他四个等式:

$$\begin{aligned} T &= m_1 a_1, \\ N &= m_2 a, \\ T - m_2 g &= -m_2 a_2, \\ F - N - T &= M a. \end{aligned}$$

其中 T 是绳子拉力, N 是 M 对 m_2 向右的支持力。五个等式解 T, N, a, a_1, a_2 五个未知量, 可得

$$a = \frac{m_1 + m_2}{2m_1 m_2 + m_2^2 + M(m_1 + m_2)} \left(F - \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g \right).$$

并且

$$a_2 = \frac{-m_1 F + m_2(M + m_1 + m_2)g}{2m_1 m_2 + m_2^2 + M(m_1 + m_2)}$$

可用于解第二问。

2.9

课本后答案答非所问, 题解答案正确。

月球对卫星的引力提供向心力:

$$a = \frac{GM^2}{R} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

其中 $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ 为万有引力常量, $M = 7.35 \times 10^{22} \text{ kg}$ 为月球质量, $R = R_{\text{月}} + h_{\text{轨}} = 1.94 \times 10^6 \text{ m}$ 为卫星圆轨道半径。

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 1.59 \times 10^3 \text{ m/s}.$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{GM}{R^3}}} = 7.67 \times 10^3 \text{ s} = 127.8 \text{ min} = 2.13 \text{ h}.$$

3.8

考虑 t 时刻, 桌上部分长度为 $\frac{1}{2}gt^2$, 设线密度为 ρ_l , 则桌上部分质量为 $m_0 = \frac{1}{2}\rho_l gt^2$, 重力为 $F_0 = \frac{1}{2}\rho_l g^2 t^2$ 。此时未落到桌上的部分速率为 $v = gt$ 。再经过 dt 时间, 落下长度为 $ds = gtdt$, 落到桌上段的质量为 $dm = \rho_l ds = \rho_l gtdt$ 。此时未落到桌上的部分速率为 $v = g(t + dt)$, 落到桌面上的部分则速率为 0。

由动量定理, 对落下的 dm , 有

$$(dm \cdot g - N)dt = dm(0 - v),$$

即桌面对链段的力为

$$N = v \frac{dm}{dt} = \rho_l gtv = \rho_l g^2 t^2.$$

根据牛顿第三定律, 链段对桌面的压力也是 N , 显然是桌上部分质量的 2 倍而非 3 倍。

为了检验, 用动量定理对整个在 t 时刻尚未落到桌面上的链段 $m + dm$ 分析, 有

$$[(m + dm)g - N]dt = mg(t + dt) - (m + dm)gt$$

略去二阶量 $dmdt$, 得到

$$N = gt \frac{dm}{dt} = \rho_l g^2 t^2,$$

与上面分析结果相同, 显然是桌上部分质量的 2 倍而非 3 倍。

题解答案声称对 $m + dm$ 段分析, 对应的动量的改变量却只对 dm 分析, 而在 dt 时间内, m 部分的速度增加了 gdt 却未包括在 $m + dm$ 段动量改变当中, 匪夷所思。

3.14

(3) 积分正确, 代入数值后计算错误。积分可以化简为

$$h = -gT^2 + Tu - \left(\frac{M_i - \alpha T}{\alpha} \right) u \ln \left(\frac{M_i}{M_i - \alpha T} \right)$$

但无论如何, 代入 $g = 9.8 \text{ m/s}^2, T = 155 \text{ s}, M_i = 2.72 \times 10^6 \text{ kg}, \alpha = 1.29 \times 10^3 \text{ kg/s}, u = 5.5 \times 10^4 \text{ m/s}$ 得到

$$h = 2.04 \times 10^5 \text{ m}.$$

4.10

(2) 原解答过程计算有误。从方程

$$mg(l_0 + l') = \frac{1}{2}kl'^2$$

易得

$$l'^2 - \frac{2mg}{k}l' - \frac{2mg}{k}l_0 = 0.$$

代入数值 $m = 72 \text{ kg}, k = 60 \text{ N/m}, g = 9.8 \text{ m/s}^2, l_0 = 20 \text{ m}$, 得到数值方程

$$l'^2 - l' \times 23.52 \text{ m} - 470.4 \text{ m}^2 = 0.$$

原解答代入得到的数值方程是错误的。最终解得

$$l' = 36.4 \text{ m}, \quad l' + l_0 = 56.4 \text{ m}.$$

即最低点在跳台下方 56.4 m 处, 不会触水。

4.19

(1) 最后的计算错误,

$$v_1 = \sqrt{\frac{Gm}{r}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 10^{30}}{10^{10}}} \text{ m/s} = 8.17 \times 10^4 \text{ m/s}.$$

5.6

按照原题面描述，答案计算无误。但是题面中 C_{60} 直径标示错误，经查证应为 0.71 nm ¹。对应的结果为：

$$(1) J = 1.01 \times 10^{-43} \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

(2) 当 C_{60} 自转动能为 $6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$ 时，其自转频率为 $\nu = 5.59 \times 10^{10} \text{ Hz}$ 。（通过分子转动能级公式估算，在室温 298.15 K 下， C_{60} 转动能量为 $6.17 \times 10^{-21} \text{ J}$ 。）

5.25

原题目问“滚动的角速度多大”是笔误，应为“滚动的角加速度是多大”。题解中的题面已经改正。

7.19

原题目问“求海面上水的质点作圆周运动的线速度”，令人迷惑：海面上的水是做上下振荡，而非圆周运动，这是题目第一句话就说明的。更清楚的问题应该是“求海面上水的质点上下振荡的最大速度”，即介质元本身运动的最大速度。答案不变。

7.24

雷达波即电磁波。

8.1

题目缺漏条件 S' 相对 S 向 x 轴正方向以 u 的速度运动。本章习题若必须使用 S' 相对于 S 的运动速率时，都默认为此。

9.11

本书所使用的“标准状态”实际上是指IUPAC规定的**标准状况**，即压力为 100 kPa ，温度为 273.15 K 。IUPAC定义的标准状态只指定了压力为 100 kPa ，水溶液活度为 1 mol/L ，没有规定温度。

10.10

2009版题解题目印刷错误，与10.11题重复。课本题目解答如下：

已知波速 u 与压缩率 κ 有关系

$$u = \sqrt{\frac{1}{\kappa\rho}},$$

而压缩率的定义为

$$\kappa = -\frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial p}.$$

¹Goel, Howard and Sande, Carbon 42 (2004) 1907–1915

气体传声视为绝热过程，则

$$pV^\gamma = C,$$

两边取微分，得

$$V^\gamma dp + p\gamma V^{\gamma-1} dV = 0,$$

化简得

$$\left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_{\text{adiabatic}} = \frac{dV}{dp} = -\frac{V}{\gamma p}.$$

压缩率为

$$\kappa = \frac{1}{\gamma p}.$$

波速为

$$u = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_{\text{O}_2}}}.$$

最终得到比热比

$$\gamma = \frac{u^2 M_{\text{O}_2}}{RT}.$$

氧气摩尔质量 $M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}$ ，标准状况（不是题目说的标准状态，见对 9.11 题的勘误）下 $T = 273.15 \text{ K}$ 。声速在题目中给出为 $u = 3.172 \times 10^2 \text{ m/s}$ 。代入数值得到比热比为

$$\gamma = 1.418.$$

这一数值与理想双原子气体比热比 $\gamma = \frac{7}{5} = 1.4$ 很接近。

10.12

题解中压强的数值 (2.6 atm) 与课本数值 (2.7 atm) 不一致，且数值代入结果也不正确。

火药气体做功的 75% 和大气压力做负功转化为人的动能，即

$$E_k = -\frac{1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_1}{V_1 + \frac{\pi d^2 l}{4}} \right)^\gamma p_1 \left(V_1 + \frac{\pi d^2 l}{4} \right) - p_1 V_1 \right] \times 0.75 - p_0 \frac{\pi d^2 l}{4},$$

其中， $p_0 = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ 为大气压， $\gamma = 1.4$ ， $V_1 = 2.0 \text{ m}^3$ ， $p_1 = 2.7 \text{ atm} = 2.735775 \times 10^5 \text{ Pa}$ ， $d = 0.8 \text{ m}$ ， $l = 4.0 \text{ m}$ 。代入数值得到

$$E_k = 4.5515 \times 10^4 \text{ J}$$

计算速度为 ($m = 70 \text{ kg}$)

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} = 36.1 \text{ m/s}.$$

若按照题解代入 $p_1 = 2.6 \text{ atm} = 2.63445 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，得到

$$E_k = 3.6284 \times 10^4 \text{ J}, \quad v = 33.2 \text{ m/s}.$$

2 电磁学

12.4

题目中描述“用等长的线将四个带电小球相连”，意味着每个电荷受到除了库仑力还有线的拉力。题解中遗漏了对拉力的考虑。正解如下：

每个 $-q$ 电荷受力为：

$$F = 2 \times \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos \alpha - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (r \cos \alpha)^2} + 2T \cos \alpha,$$

其中 T 是线的拉力。由几何对称性可知四段线的拉力相同。每个 Q 电荷受力为：

$$F = 2 \times \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r^2} \sin \alpha - \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 (r \sin \alpha)^2} + 2T \sin \alpha.$$

电荷受力平衡，得到

$$\begin{aligned} 2 \times \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos \alpha - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 (r \cos \alpha)^2} + 2T \cos \alpha &= 0, \\ 2 \times \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r^2} \sin \alpha - \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 (r \sin \alpha)^2} + 2T \sin \alpha &= 0. \end{aligned}$$

消去 T 得

$$\frac{q^2 \sin \alpha}{\cos^2 \alpha} = \frac{Q^2 \cos \alpha}{\sin^2 \alpha}.$$

所以

$$\frac{q^2}{Q^2} = \cot^3 \alpha.$$

题解的错误证明实际上只证明了当拉力 $T = 0$ 时此结论成立。

12.17

题解以及课本的有关例题都没有讨论在均匀带电曲面场强问题中，面上一点场强的问题。因为涉及到场强函数的完整性，面上一点场强问题必须得到解决。对于本题中带电圆柱面上场强问题，解答如下：

首先，我们已经知道了在曲面外侧 δ 处和内侧 δ 处，场强分别为

$$\begin{aligned} E_{\text{out}} &= \frac{\sigma a}{\epsilon_0 (a + \delta)}, \\ E_{\text{in}} &= 0. \end{aligned}$$

对于面上一点，其场强等于圆柱面去掉该点在面上的无穷小邻域后剩余部分对该点的场强，相当于在圆柱面上开了一个“小洞”。而对圆柱内外的点，剩余部分场强 E_{rest} 和小洞场强 E_{hole} 与内外场强的关系为

$$\begin{aligned} E_{\text{out}} &= E_{\text{rest}}^{\text{out}} + E_{\text{hole}}, \\ E_{\text{in}} &= E_{\text{rest}}^{\text{in}} - E_{\text{hole}}. \end{aligned}$$

对于以上两式的解释：对于外侧 δ 处和内侧 δ 处，小洞对场点的场强大小不变，但是方向改变；对于剩余部分的场强，我们不确定，但是当 $\delta \rightarrow 0$ 时，内外场强应该趋于相同的值，即

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} E_{\text{rest}}^{\text{out}} = \lim_{\delta \rightarrow 0} E_{\text{rest}}^{\text{in}} = E_{\text{rest}}.$$

由此，得到当 $\delta \rightarrow 0$ 时

$$E_{\text{rest}} = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{E_{\text{in}} + E_{\text{out}}}{2},$$

即

$$E = E_{\text{rest}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}.$$

所以均匀带电圆柱面的场强的完整表达为

$$E = \begin{cases} \frac{\sigma a}{\varepsilon_0 r}, & r > a, \\ \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}, & r = a, \\ 0, & r < 0. \end{cases}$$

12.32

(3) 题解中力的表达式错误，分母中距离的平方被误写为距离的四次方。更正：

$$\begin{aligned} F &= \frac{q_0 q_1}{4\pi\varepsilon_0(y^2 + r^2)} \frac{y}{(y^2 + r^2)^{1/2}} - \frac{q_0 |q_2|}{4\pi\varepsilon_0(y^2 + 4r^2)} \frac{y}{(y^2 + 4r^2)^{1/2}} \\ &= \frac{q_0 y}{4\pi\varepsilon_0} \left[\frac{q_1}{(y^2 + r^2)^{3/2}} - \frac{|q_2|}{(y^2 + 4r^2)^{3/2}} \right]. \\ \left. \frac{dF}{dy} \right|_{y=0} &= \frac{q_0}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{q_1}{r^3} - \frac{|q_2|}{8r^3} \right). \end{aligned}$$

最后的结论不变。

13.27

题解中给出的静电能是 $\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 R}$ ，但是对于均匀带电球壳，静电能是 $\frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 R}$ ，计算过程见课本例 13.10。所以正确的半径表达式为

$$R = \frac{e^2}{8\pi\varepsilon_0 m_e c^2}.$$

代入数值得

$$R = 1.41 \times 10^{-15} \text{ m}.$$

13.30

课本答案正确。题解中引力势能公式误将 r_{min} 写成 r_{min}^2 ，最后数值漏加符号。因规定无穷远处势能为零，两核靠近引力势能减少，所以引力势能为负值。

14.13

本题估算量级正确，但计算过程中有两处错误。第一处为 1 cm^3 体积水中的电子个数为

$$\frac{1\text{ cm}^3 \times 1\text{ g/cm}^3}{18\text{ g/mol}} \times 8 \times N_A.$$

注意倍数 8 表示一个水分子中有 8 个电子。这个数接近一个数量级，不应该被忽略，虽然一滴水的体积可以有一到两个数量级的不精确，但是此倍数应该出现在公式中。

第二处错误为计算中使用的常数 9×10^9 应该放在分子上。

16.5

应当将水中电流计算出来

$$I_{\text{水}} = 3.1 \times 10^{-4}\text{ A}.$$

17.5

按照原题面图示，由于对称性，两问的答案都是零。题解中将 I_2 的方向变成反向，按照更改后的图示答案是正确的。

18.7

题解中相对论能量动量关系式是错误的，应该为

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}.$$

18.13

题目用词模糊，“此片长度的两端”指面积为宽乘高的两面，“0.2cm 宽度的两侧”指面积为长乘高的两面。

18.27

题目用词模糊，“发射速度为4.2km/s”指出口速度。前面括号里的出口速度只表示大致量级，为多余条件。

18.29

课本题目中提到“设 v_1 和 v_2 均甚小于光速”，而题解题干中没有这句话。题解按相对论性做，没有问题，因为非相对论无非是相对论在慢速下的近似。从题解给出的答案中，我们可以看到在非相对论情况下， $F_{1m} \ll F_{1e}$ ，但不为零。

3 光学、量子力学

22.20

使用题目数据得到“某一明环”对应的 $k = 4.2$ ，离整数比较远。题解的方法绕开求 k 直接求波长，看不到这里 k 不为整数的不合理性。

23.19

课本题目中 $780\mu\text{m}$ 为笔误，应为 780nm 。习题解答题目正确。

23.20

课本题目中图 23.34 是笔误，应为图 23.35。习题解答题目正确。图 23.34 为劳厄实验示意图，图 23.35 为布拉格公式导出图示。

24.10

题解基本正确，此处仅作注解。题目描述的棱镜称为渥拉斯顿棱镜，在棱镜 ABD 中，o 光和 e 光因速度不同已经分开；射入棱镜 BCD 时，原来的 o 光偏振方向与纸面平行，与棱镜 BCD 主平面垂直，成为棱镜 BCD 中的 e 光，而原来的 e 光因同样的原理成为 o 光。因方解石为负晶体， $n_o > n_e$ ，因此原来的 o 光从光密到光疏，原来的 e 光从光疏到光密，两部分被分开。注意，两光路并不关于入射方向对称。

此外，若图中棱镜 ABD 光轴平行于 AD，此棱镜称为洛匈棱镜。左侧入射光线时，最终分出方向不变的光为 e 光，向 BC 边偏折的光为 o 光。同样，分析时注意 oe 光的互换。

25.12

“鱼停在鱼缸的水平半径的中点处”有两个可能的位置，一个离观察点近， $s = 10\text{ cm}$ ，一个离观察点远， $s = 30\text{ cm}$ 。题解只给出前一种情况，后一种情况通过类似计算得到 $s' = -35.9\text{ cm}$ ，放大率为 4.77。

25.17

课本题目笔误， 20.0 m 应作 20.0 cm 。题解题面正确。

计算面积方法倍数时，由于舍入问题产生了一点误差，按照题目给的数据直接代入可得面积放大倍数为 $24^2 = 576$ 。

25.18

题解只给出佛像靠近焦距为 10 cm 的透镜的情况。佛像靠近焦距为 8 cm 的透镜的情况，分析方法基本类似，得到倒立实像，大小为 2.19 cm ，位置在距焦距为 10 cm 的透镜外侧 4.165 cm 。

27.7

这道题真的有意义吗?

30.15

$$E = E_{k\alpha} + E_{kd} = 4.7825 + 0.0862 = 4.8687 \text{ (MeV)} \quad (2)$$

30.21

由课本、维基百科知道,pp 链主分支反应放热 26.71MeV,而非 24.67MeV。最终时间计算为 7.8×10^{10} a。