高校核心课程学习指导丛书

中国科学技术大学交叉学科基础物理教程配套辅导书

力学

习题分析与解答

刘　斌　主审

王　毅　王景赟　鄢文标　编著

中国科学技术大学出版社

高校核心课程学习指导丛书

中国科学技术大学交叉学科基础物理教程配套辅导书

力学

习题分析与解答

刘 斌 主审

王 毅 王景赟 鄢文标 编著

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书是中国科学技术大学出版社出版的《交叉学科基础物理教程·力学》一书的配套教学参考书，对《力学》一书中的800多道习题进行了分析与解答。编写本书的目的是给从事力学教学的老师以及学习力学的学生提供一份较为完整的参考资料，帮助他们开拓解题思路，节约时间。

本书中习题分析思路灵活，所用数学工具虽不繁难但却十分注重物理思想和实际应用，其方法和结论往往较为简单和实用，在一定程度上反映了大学普通力学教学的精华，在学生学习力学时有借鉴和启迪作用。本书可作为物理类本科生的学习辅导用书、研究生入学考试参考书和各类高校物理教师的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

力学习题分析与解答/王毅，王景赟，鄢文标编著. —合肥：中国科学技术大学出版社，2015.6

(高校核心课程学习指导丛书)

ISBN 978-7-312-03539-5

Ⅰ. 力…　Ⅱ. ①王…　②王…　③鄢…　Ⅲ. 力学—高等学校—题解　Ⅳ. O3-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第096695号

中国科学技术大学出版社出版发行
安徽省合肥市金寨路96号，230026
http://press.ustc.edu.cn
安徽省瑞隆印务有限公司印刷
全国新华书店经销

开本：710 mm×960 mm　1/16　印张：25.75　字数：491千
2015年6月第1版　2015年6月第1次印刷
定价：56.00元

序

在《交叉学科基础物理教程·力学》书稿的试用过程中，有同学反映书后习题比较多，涉及的范围也比较广，希望能有配套的习题解答。原书作者的本意是不太愿意编写所谓的习题解答。一方面，原书作者在授课时一直采用开卷考试的模式；书后提供比较多的习题，部分也是对课堂讲授内容和教材正文内容的补充和扩展；希望同学们能够改变听课为了完成作业、习题围绕考题的习惯，逐步适应习题是课堂讲授内容的具体应用和扩展，考试涉及的问题又是对平时练习的检验和拓展这种大学的教学方式。另一方面，书后所附的习题，有不少都是比较开放的，同学们可以尝试多种不同的思路、模型和方法，不能强求统一；编写所谓的习题解答可能反而限制住了同学们的思维。

在接到同学们的反映后，原书作者进行了认真的思考，并在《交叉学科基础物理教程》编委会上进行了讨论，认为针对学生的实际情况，需要给他们一个适应过程，采用适当的方式编写习题解答可以帮助同学们更好地理解课堂讲授内容以及物理学的本质。书末附录中对一道习题的详细分析应该可以说明这一点。所以，就有了现在这本《力学习题分析与解答》。既然是“分析与解答”，就不局限于简单地给出答案。根据实际问题不同，大概可以分为三类：一类是直接给出答案；一类是有具体的解题过程；还有一类则强调处理思路和模型的建立。有些可以有多种不同处理思路和模型的，也作了提示。无论如何，希望读者正确看待本书，它只是提供了一个参考，绝对不是“标准答案”！

王毅、王景赟、鄢文标（排名不分先后）因承担原书作者“大班统讲，小班分讲”的小班分讲工作而接受了本书的编写任务。因为原书作者没有“标准答案”，为了节约时间，也为了培养学生，在明确编写任务后，我们就在2012年秋季学期修读“力学”课程的中国科学技术大学2012级“教改试点班(00班)”和“严济慈物理科技英才班”同学中征集志愿者，是他们利用2013年春节前后宝贵的寒假对习题作了很好的初步解答。这些同学是（排名不分先后）：鲁佳鸣、谢方明、胡坤、孙昊、林

麟、张博健、宋政奇、马玉晨、杨卓、陈昌嘉、周云帆、张予曦、姜勇、卢达标、李天麟、马铭远、汪彬、杜鹏、曾一鸣、胡睿梓、赵桐周、余楷亮、曲泺源、余辛炜。特向他们表示感谢！

在收到学生志愿者提供的初步解答后，三位作者花了约一年的时间分工进行了修订、补充和完善等工作，重新求解了部分题目，还做了交叉检查，最终完成了书稿。因为时间有限，部分题目涉及的问题也比较复杂，书中难免有错误和不妥之处，我们热诚希望读者朋友们批评指正，以便改进！

刘 斌

2015 年 2 月

目　　录

第1章　时间、空间与测量

【1-1】 描述你对空间和时间概念的理解。各列举五种可以用来测量时间和空间长度的方法。○[①]

解　时间、空间是描述物理事件之间相互次序的基本概念。时间用以表述事件之间的先后顺序，空间用以表述事物之间的相对位置。测量时间的方法有：钟表、计时器/计数器、日落日出、脉搏、四季变化、原子衰变等。测量空间的方法有：尺、光学测量装置、调光衍射法、激光测距法、天体三角学测量法、GPS等。

【1-2】 有人在分析"芝诺佯谬"时说："芝诺根本就是错的。他把每次阿基里斯到达乌龟前一次的出发点作为重复性事件进行时间的测量，但这一事件并不是真正周期性的，不能作为测量时间的工具，所以不存在佯谬。"就此，请你谈谈自己的理解。☆

解　时间测量是建立在周期性事件基础之上的，先有周期性事件，后有时间的测量。当选取的周期性事件不同时，对应的时间测量结果也是不同的。详细讨论参见刘斌编著的《力学》中"芝诺佯谬"相关章节。

【1-3】 (1) 1 AU有多少秒差距？(2) 1秒差距有多少米？(3) 1光年有多少米？(4) 秒差距有多少光年？○

解　AU(Astronomical Unit)是长度单位，为地球到太阳的平均距离。秒差距也是天文学中使用的距离单位，主要用于量度太阳系外天体的距离。1秒差距定义为天体的周年视差为1″时的距离。以地球公转轨道的平均半径(一个天文单位，AU)为底边所对应的三角形内角称为视差。当这个角的大小为1″(角秒)时，这个三角形(由于1″的角所对应的两条边的长度差异可以忽略，这个三角形可以想象成等腰三角形)的一条边的长度(地球到这个恒星的距离)就称为1秒差距。秒差距记为pc，如图1-1所示，△ABC是以BC为底边的、以2″为顶角的等腰锐角三角形，其中$\alpha=1''$，则在△ADC中：

$$\sin\alpha = \frac{DC}{AC},\quad DC = 1\ \mathrm{AU},\quad AC = 1\ \mathrm{pc}$$

---

① 题目难度大致可分为三级，题后没有标记的为一般，标"○"的为中等，标"☆"的为稍难。

代入可得：

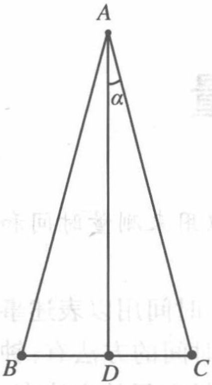


图 1-1

(1) $1\ \text{AU} = 4.848 \times 10^{-6}\ \text{pc}$；

(2) $1\ \text{pc} = \dfrac{0.5\ \text{AU}}{\sin 0.5''} = 3.086 \times 10^{16}\ \text{m}$；

(3) $1\ \text{ly} = 3 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \times 365 \times 24 \times 3\,600\ \text{s}$
$= 9.461 \times 10^{15}\ \text{m}$；

(4) $1\ \text{pc} = \dfrac{3.086 \times 10^{16}}{9.461 \times 10^{15}} = 3.262\ \text{ly}$。

【1-4】 对"在比普朗克时间还要小的范围内，时间的概念可能就不再适用了。在比普朗克长度更小的范围内，长度概念可能已经不存在了"，你是怎么理解的？☆

解 由于自然界的客观规律，在比普朗克长度更小的尺度上不再存在相对位置的概念；在比普朗克时间更短的时间上不再存在先后顺序的概念。所以可以认为在这种情况下，长度和时间的概念不再适用了。

【1-5】 假设你是一位宇航员，在月球上做物理实验。你对从静止下落的物体下落距离 y 与所用时间 t 之间的关系很感兴趣。你对下落的硬币做了一些记录如下：

y/ m	10	20	30	40	50
t/ s	3.5	5.2	6.0	7.3	7.9

你猜想距离 y 和时间 t 满足一般关系式 $y = Bt^n$，其中 B 和 n 是由实验确定的常数。(1) 为了完成这一关系式，作出 $\ln y - \ln t$ 关系图，其中 $\ln y$ 是纵坐标，$\ln t$ 是横坐标。(2) 证明：如果你对一般关系式 $y = Bt^n$ 两边取对数，你能得到 $\ln y = \ln B + n\ln t$。(3) 对比关系图和(2)中的关系式，请估算 B 和 n 的值。(4) 请问在月球上，物体的加速度是多少？

解 (1) 图略。

(2) 对两边取对数，由对数公式：$\ln AB = \ln A + \ln B$，$\ln A^n = n\ln A$，可以得到

$$\ln y = \ln Bt^n = \ln B + n\ln t$$

(3) $B \approx 0.84$，$n \approx 2.0$。

(4) $g_M = 2B \approx 1.7\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$。

【1-6】 下面的表格描述了 4 个卫星围绕一个致密小行星公转的周期和半径。

(1) 这些数据能用公式 $T=Cr^n$ 来拟合，请给出常数 C 和 n 的值。(2) 第五颗卫星的公转周期为6.20年，请利用(1)中的公式给出该卫星的公转半径。○

周期 T/a	0.44	1.61	3.88	7.89
半径 r/Gm	0.088	0.208	0.374	0.600

解 (1) $T=Cr^n$ 可变换为 $\ln T=\ln C+n\ln r$，即周期的对数与半径的对数成线性关系。利用最小二乘法进行线性拟合，可以得到 $C=17.0, n=1.50$。

(2) 0.510 Gm。

【1-7】 数字 0.000 513 0 有（ ）位有效数字。(a) 1；(b) 3；(c) 4；(d) 7；(e) 8。

解 (c)。

【1-8】 估测一张 CD 的厚度，保留合适的有效数字，并给出相对测量精度。○

解 将10张CD叠在一起，用毫米刻度尺测得其厚度约为12.6 mm，因而每张CD的厚度约为1.26 mm；毫米刻度尺的最小刻度是1 mm，从而相对精度为

$$\frac{0.1\ \mathrm{mm}}{1.26\ \mathrm{mm}}\times 100\% = 1\%$$

【1-9】 请将下列质量以 g 为单位用科学计数法表示：(1) 1.00 μg；(2) 0.001 ng；(3) 100.0 mg；(4) 10 000 μg；(5) 10.000 kg。

解 (1) 1.00×10^{-6} g；

(2) 1×10^{-12} g；

(3) 1.000×10^{-1} g；

(4) $1.000\,0\times10^{-2}$ g；

(5) $1.000\,0\times10^{4}$ g。

【1-10】 12.4 m 和 2 m 的乘积应该表达为（ ）：(a) 24.8 m；(b) 24.8 m^2；(c) 25 m^2；(d) 0.2×10^2 m^2。

解 (d)。乘法、除法运算结果的有效数字位数和参与运算的有效数字位数最少的分量相同。

【1-11】 房间恰好被一张长为 12.71 m、宽为 3.46 m 的地毯铺满。请给出该房间的面积。

解 44.0 m^2。

【1-12】 请用合适的有效数字表达出下面计算式的值：1.80 m + 142.5 cm +

5.34×10^5 mm。

解 537 m。

【1-13】 以 s 为单位估算你的年龄，并保留合适的有效数字。

解 以 18 岁为例，18 年约为 5.7×10^8 s，注意年龄的误差小于 1 年，对应的精度约为 0.3×10^8 s。

【1-14】 要在一个薄板上切割出一个半径为 8.470×10^{-1} cm 的圆形小孔。其容差为 1.0×10^{-3} cm，即实际孔径大小不能偏离要求的半径超过该容差。如果实际的孔径比要求的孔径大了这么多，请问圆孔的实际面积比要求面积大多少？

解 由于容差 1.0×10^{-3} cm 远小于孔的半径 8.470×10^{-1} cm，因此可以用一级近似：

$$\begin{aligned}\Delta S &= \pi[(r+\Delta r)^2 - r^2] = 2\pi r\Delta r \\ &= 2\times3.142\times8.470\times10^{-1}\ \mathrm{cm}\times1.0\times10^{-3}\ \mathrm{cm} \\ &= 5.3\times10^{-3}\ \mathrm{cm}^2\end{aligned}$$

【1-15】 试估算人类平均一生呼吸的次数。

解 成人平均呼吸频率为 12～20 次·min^{-1}，取平均值为 16 次·min^{-1}，正常人寿命按 75 岁计算，则平均人的一生呼吸次数为 6.3×10^8 次。

【1-16】 一个汽车公司用 12.25 kg 的铁做了一个汽车模型。现在为了庆祝公司成立 100 周年，计划用黄金制作一个完全相同的模型，请问需要多少黄金？

解 29.87 kg。注：铁的密度为 7 900 kg·m^{-3}，金的密度为 19 260 kg·m^{-3}。

题目要求模型完全相同，故体积相同，即

$$\frac{m_1}{\rho_1} = \frac{m_2}{\rho_2}$$

其中 m_1 为铁的质量，等于 12.25 kg，ρ_1 为铁的密度，m_2 为金的质量，ρ_2 为金的密度。代入可得 $m_2 = 29.87$ kg。

【1-17】 在你的婚礼上，你的结婚戒指重 3.80 g。50 年之后，这个戒指只剩 3.35 g，请问在这 50 年中平均每秒损耗多少金原子？（金的原子量为 197 u，1 u≈$1.660\,538\,86\times10^{-27}$ kg。）

解 50 年中，戒指共耗损 3.80 g－3.35 g＝0.45 g（精确到 1%），单个金原子质量为 $197\times1.66\times10^{-27}$ kg，平均每秒损耗的金原子个数为

$$\frac{0.45\ \mathrm{g}}{197\times1.66\times10^{-27}\times10^3\ \mathrm{g}\times50\times365\times24\times3\,600\ \mathrm{s}} \approx 8.7\times10^{11}\ \mathrm{s}^{-1}$$

【1-18】 月球的直径为 3 480 km，请计算月球的表面积，并估算地球表面积为月球表面积的多少倍。

解 月球近似球体，有表面积公式 $S=4\pi R^2$，计算得

$$S_M = 3.80\times10^{13}\ \mathrm{m}^2$$

地球半径约为 6 371 km，计算得地球表面积为 $5.10\times10^{14}\ \mathrm{m}^2$，所以地球表面积为月球的 13.4 倍。

【1-19】 试估算汽车行驶 1 km 轮胎上的橡胶胎面会磨损掉多厚。☆

解 估算汽车轮胎一般在其表面磨损 10 mm 时需要更换，这个估算可能会偏差几倍，但是 1 mm 太小而 100 mm 又太大，都不合适。而普通汽车轮胎的最长行驶路程约为 10^4 km，所以不难得出汽车行驶 1 km，轮胎上的橡胶胎面磨损约为 1.0×10^{-3} mm。

【1-20】 假设你因为在上课时睡觉而受到惩罚。你的老师说，如果你能估算出附近某海水浴场沙滩上有多少粒沙子，就可以免除惩罚。请你尽力试一下。○

解 首先需要估算一下海滩的大小和沙粒的大小。假设一个海滩长 500 m，宽 100 m，深 1 m(10 m 太深，0.1 m 又太浅)。在网络上可以查阅到沙粒的直径大小为 0.04～2 mm。可以假设沙粒是直径为 1 mm 的球体，并且紧紧堆积在一起，沙粒间的空隙与沙粒大小相比可以忽略不计。从而可以估算到一个海滩上沙粒的大致数量为

$$N=\frac{1\ \mathrm{m}\times500\ \mathrm{m}\times100\ \mathrm{m}}{\frac{4}{3}\pi(0.5\times10^{-3})^3}\approx10^{14}(\text{个})$$

【1-21】 试说出一个普通鸡蛋的体积大约为多少，并给出具体方法。○

解 可以将鸡蛋放入一个装满水的杯子，记录从杯子中溢出的水的体积；但这一方法需要有测量液体体积的工具，而且实际操作起来并不容易。如果只是估计的话，一斤(500 g)鸡蛋大约有 10 个(视鸡蛋大小决定)，一个鸡蛋就是 50 g 左右。鸡蛋的密度与水相似，所以一个正常大小的鸡蛋体积约为 50 cm^3。

【1-22】 大约公元前 235 年，亚历山大图书馆馆长埃拉托色尼(Eratosthenes，公元前 275－前 193)估算出了地球的大小。他是如何做的？○

解 公元前 3 世纪，埃拉托色尼首先应用几何学中圆周上一段弧长 S、对应的圆周角 $\Delta\phi$ 同圆半径 R 的关系，估算了地球半径。他发现在埃及色尼城夏至正午时，阳光直射井底，而同一时刻在亚历山大城太阳向南偏 7.2°。由此得出亚历山大与色尼纬度相差 $\Delta\phi=7.2°$。利用当时经商驼队行走的时间估计两地的距离 S 约 5 000 斯塔第(1 斯塔第相当于 157.5 m)，按式 $R=S/\Delta\phi$，计算得地球半径 $R\approx$ 6 300 km。在当时条件下算得这个数是相当不简单的，这和后来用先进仪器设备测量出的数据相差不是很大。埃拉托色尼的功绩在于首创子午圈弧度测量方法，

并且最早以估测结果证实“地圆说”。(来源于国家测绘地理信息局。)

【1-23】 假设你生活在海边,非常熟悉船的各种特征尺度以及船所在位置到岸边的距离,你能否估计出地球的大小?试作说明。○

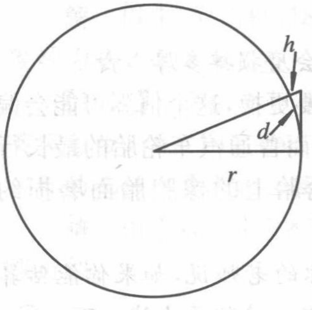


图 1-2

解 如图 1-2 所示,测出船杆顶端的高度 h,使船驶离岸边,在刚好看到船杆顶端的时候,测量出船离岸边的距离 d。由三角形相似,可以得到 $h/d \approx d/r$,从而求得地球半径 $r \approx d^2/h$。

【1-24】 请给出一种估算月球大小及其与地球间距离的方法。○

解 (1) 比埃拉托色尼年长 30 岁的希腊学者阿里斯塔克斯利用月食、日食来估算月球大小。如图 1-3 所示,月球大约每 30 天绕地球一圈,所以每小时它在星空中移动 0.5°,恰好等于月球在天上的张角,也就是视直径。测量在持续时间很长的月食中,月球从地球本影的正中间经过,观察需要的时间,从而得到地球阴影锥是月球大小的 2.5 倍。日食时,月球在地球上的投影缩为一点,月球阴影锥与地球阴影锥近似,日食时地月间距与月食时地月间距可以看成是等值的,所以地球本影落在月球轨道上缩小了 1 个月球大小,从而地球半径大小为月球半径大小的 3.5 倍。

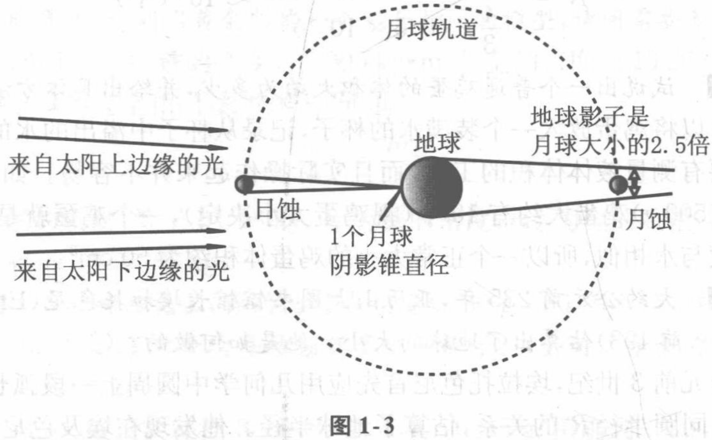


图 1-3

我们也可以严格推导一下计算过程。如图 1-4 所示,设 A 为地球本影落在月球轨道上的弧度的一半,B 是太阳角大小的一半。由于 $A+B+C=\pi$,而 E,C,D 同属一个三角形的三个角,所以 $E+C+D=\pi$,因此 $A+B=D+E$。因为这些弧度都比较小,所以可得到如下的近似表达式:

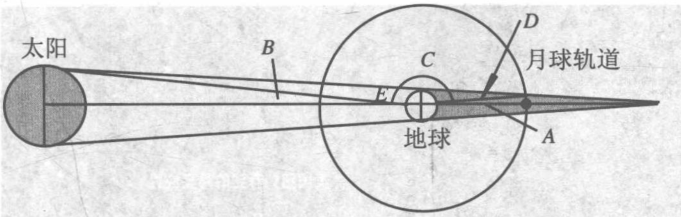


图 1-4

A = 地球本影在月亮轨道上的半径(R_{EM})/ 地月距离(D_{EM})

B = 太阳半径(R_S)/ 日地距离(D_{ES})

D = 地球半径(R_E)/ 地月距离(D_{EM})

E = 地球半径(R_E)/ 日地距离(D_{ES})

这里 R 是半径,D 是距离,下标中的 E 表示地球,M 表示月亮,S 表示太阳。变换得到

$$R_{EM}/D_{EM} = R_E/D_{EM} + R_E/D_{ES} - R_S/D_{ES}$$

在日食时,月球正好遮住太阳,所以它们的张角大小几乎相等,即

$$R_S/D_{ES} = R_M/D_{EM}$$

代入上式,化简得到

$$R_{EM} = R_E - R_M + R_E \cdot (D_{EM}/D_{ES})$$

由于地月距离远小于地日距离,$D_{EM}/D_{ES} \approx 0$,所以上式可以简化为

$$R_{EM} = R_E - R_M$$

从而可以得到地球直径大小是月球直径大小的 3.5 倍。当时阿里斯塔克斯估算月球大小是地球的 1/3,误差主要来源于对月食各个阶段时间的观察不准确。

(2) 有了月球大小,阿里斯塔克斯进一步估算了地月距离:他举起一个大拇指对着月亮,当拇指完全能够遮住月亮的时候,它和眼睛之间的距离与拇指尖宽度的比值大约为 110。根据三角形相似原理,这个值等于地月之间距离与月亮直径的比值,从而求出了地月之间的距离。

测量地月间距离还可以利用视差法。在地球上两个不同的地点,在完全相同的时间很精确地选取两张月球位置的影像,比较相对于背景恒星的位置。测量这两个点在地球上的距离,可以用三角方法测量到月球到地球的距离(图 1-5):

$$d_{ME} = \frac{d_{EB}}{\tan\theta}$$

现代科学技术利用电磁波来测量:设地月间距离为 L,从地面向月球发射一电磁波信号,经月球反射后,再在地球上接受反射的电磁波。设从发射电磁波到接收

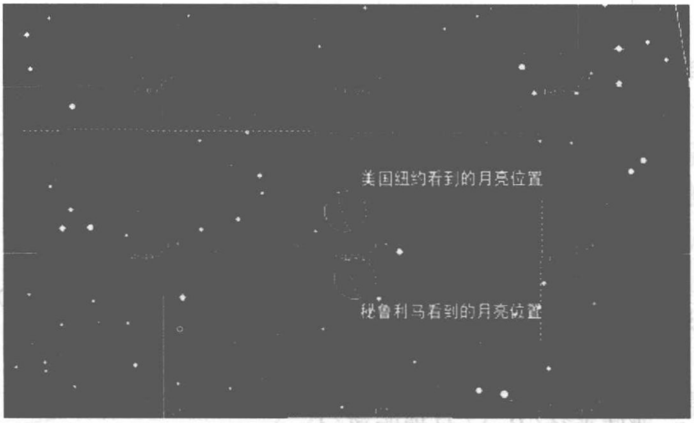
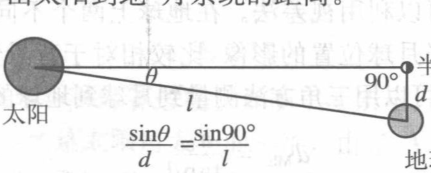


图 1-5

电磁波所经历的时间间隔为 Δt，则地月距离为 $L=c\Delta t/2$。

【1-25】 请给出一种估算地球与太阳间距离及太阳大小的方法。○

解 在得到地月距离后，当在地球上看到月球正好有一半被太阳照亮时测量地日、地月连线的夹角。这时认为日、地、月构成的三角形中月球所在的角为直角，地月连线为一直角边，日地连线为斜边(图 1-6)；知道地月之间距离和地日、地月连线的夹角，就可以得出太阳到地-月系统的距离。



$$\frac{\sin\theta}{d}=\frac{\sin 90^\circ}{l}$$

图 1-6

仿照题1-24(2)阿里斯塔克斯的做法就可得到太阳的大小(注意使用墨镜防护眼睛)。其实，在知道日地距离后，利用小孔成像法(图1-7)或测量太阳直射时树下光斑的大小和树叶大概的高度，也可以估算出太阳的大小。

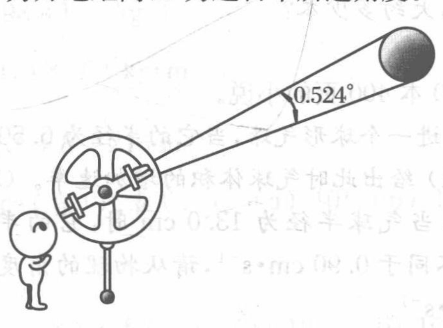
图1-7

【1-26】 如图所示，从地球上某一点看，月球的直径所对应的角度为0.524°。试估算月球的半径，已知月球离地球大约3.84×10^8 m。

解　由于$0.524°=9.15\times10^{-3}$ rad比较小，所以可以将半径近似视为月球所对视角的弧长的一半，即

$$R=\frac{1}{2}d\theta=\frac{1}{2}\times384\times10^6\ \text{m}\times9.15\times10^{-3}\ \text{rad}$$
$$=1.76\times10^6\ \text{m}$$

其中R为月球半径，d为月地距离，θ为题目中所述角度。



(题1-26图)

【1-27】 假设人体主要是由水组成的，水分子的质量为29.9×10^{-27} kg。如果一个人的质量为60 kg，请估算这个人体内大约有多少水分子。

解　2.0×10^{27}个。

【1-28】 环保方面有一个关于使用传统尿布还是使用可降解尿片的争议。(1) 若假设一个婴幼儿从出生到2.5岁，每天用3个尿片，请估算每年在中国需要使用多少尿片。(2) 请估算这些尿片所需的垃圾填埋场体积，假设每1 000 kg废尿片大约1 m^3。(3) 如果用平均深度为10 m的垃圾填埋场来处理这些尿片，那么每年需多大的这种垃圾填埋场？

解　(1) 根据中国国家统计局发布的近几年《国民经济和社会发展统计公报》数据统计，2012年全年出生人口1635万，2011年1 604万，可以估算全国0~2.5岁的婴幼儿约4 000万，每年需要约438亿个尿片。

(2) 每个干尿片约 25 g,估算废尿片约 50 g,那么 1 000 kg 废尿片约有 20 000 个尿片,所以 438 亿个尿片占地约 219 万 m^3。

(3) 每年需要 21.9 万 m^2 的 10 m 深的垃圾场。

【1-29】 2010 年全国汽车汽油消耗大约 7 118 万吨(1 吨 = 7.35 桶,1 桶 = 159 升)。(1) 请估算 2010 年在中国汽车消耗多少升的汽油及其总价值(1 升汽油的价值约为 6.9 元)。(2) 如果 1 桶原油能提炼 1 升汽油,请估算每年中国需要多少桶原油来满足汽车的需求,每天需要多少?

解 (1) 8.3×10^{10}升,5.7×10^{11}元;

(2) 8.3×10^{10}桶,2.3×10^{8}桶。

【1-30】 兆字节(MB)是计算机的存储单位。一个 CD 的存储空间为 700 MB,能存储大约 70 min 高质量音乐。(1) 如果一支歌曲长约 5 min,请问平均每支歌需要多少兆字节的存储空间?(2) 如果一页印刷文本占 5 KB,请估算一张 CD 能存多少页的小说,大约多少本?

解 (1) 50 MB;

(2) 143 360 页,360 本 400 页的小说。

【1-31】 将空气吹进一个球形气球,当它的半径为 6.50 cm 时,其半径增加速率为 $0.900\ \mathrm{cm\cdot s^{-1}}$。(1) 给出此时气球体积的增加速率。(2) 如果空气流入的体积速率是恒定的,那么当气球半径为 13.0 cm 时,它的半径增加速率为多大?(3) 如果(2)中的答案不同于 $0.90\ \mathrm{cm\cdot s^{-1}}$,请从物理的角度解释为什么这个速率会大于或小于 $0.90\ \mathrm{cm\cdot s^{-1}}$。

解 气球的体积公式为

$$V=\frac{4}{3}\pi r^3$$

微分后得

$$\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t}=4\pi r^2\frac{\mathrm{d}r}{\mathrm{d}t}$$

(1) 代入数据,得

$$\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t}=478\ \mathrm{cm^3\cdot s^{-1}}$$

(2) 当 $\mathrm{d}V/\mathrm{d}t$ 不变时,$\mathrm{d}r/\mathrm{d}t\propto 1/r^2$,所以半径增加速率为半径为 6.5 cm 时的 1/4,为 $0.225\ \mathrm{cm\cdot s^{-1}}$。

(3) 对于半径不同的两个球,分别增加相同的半径,两个球增加的体积不同。

【1-32】 如果宇宙的平均密度大于 $6\times10^{-27}\ \mathrm{kg\cdot m^{-3}}$,那么最终宇宙会停止扩

张开始收缩。(1) 每立方米有多少电子时能产生这一临界密度?(2) 每立方米有多少质子时能产生这一临界密度?($m_e = 9.11\times10^{-31}$ kg, $m_p = 1.67\times10^{-27}$ kg。)

解 (1) 计算得

$$n_e = \frac{\rho}{m_e} = \frac{6\times10^{-27}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}}{9.11\times10^{-31}\ \text{kg}} \approx 7\times10^{3}\ \text{m}^{-3}$$

即每立方米有 7×10^3 个电子。

(2) 计算得

$$n_p = \frac{\rho}{m_p} = \frac{6\times10^{-27}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}}{1.67\times10^{-27}\ \text{kg}} \approx 4\ \text{m}^{-3}$$

即每立方米有4个质子。

【1-33】 一个铁原子核半径为 5.4×10^{-15} m,质量为 9.3×10^{-26} kg。(1) 求它的密度(单位为 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)。(2) 如果地球有相同的密度,那么地球的半径为多大?(地球的质量为 5.98×10^{24} kg。)

解 (1) $\rho = \dfrac{m}{V} = 1.4\times10^{17}\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;

(2) $V = \dfrac{m}{\rho} = \dfrac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow R = 216$ m。

【1-34】 词冠 giga(吉)代表( )。(a) 10^3;(b) 10^6;(c) 10^9;(d) 10^{12};(e) 10^{15}。

解 (c)。

【1-35】 词冠 mega(兆)代表( )。(a) 10^{-9};(b) 10^{-6};(c) 10^{-3};(d) 10^6;(e) 10^9。

解 (d)。

【1-36】 请用搜索引擎找出尽可能多的时间和长度的单位,并列出其中三个和SI单位之间的换算。

解 时间单位:世纪,年代,年,季度,月,旬,周,天(d),小时(h),刻,分(min),秒(s),毫秒(ms),微秒(μs),纳秒(ns),皮秒(ps),飞秒(fs, 10^{-15} s),阿秒(10^{-18} s)。

长度单位:里,丈,尺,寸,英里(mile, 1 609 m),码(yd, 0.914 4 m),英尺(ft, 0.304 8 m),英寸(in, 0.025 4 m),光年(ly, 9.4653×10^{15} m),秒差距(pc, 3.261 64 ly),天文单位(AU, 1.496×10^{11} m),千米(km),米(m),分米(dm),厘米(cm),毫米(mm),微米(μm),纳米(nm),皮米(pm),飞米(fm),阿米(am)。

【1-37】 假设SI中的三个基本单位是长度、密度和时间,而不是长度、质量和时间。在这一系统中,用水的密度来定义标准密度,那么需要考虑水的什么条件来