[美]R. B. 莱登　R. E. 沃格特　等编著

费曼物理学讲义习题集

Exercises in Introductory Physics

上海科学技术出版社

费曼物理学讲义习题集

〔美〕 R. B. 莱　顿
R. E. 沃格特　等编著

周勇志　薛洪福　吴殿宏　文广珣　等译

上海科学技术出版社

Exercises in Introductory Physics

R. B. Leighton

R. E. Vogt

Addison-Wesley Publishing Company, 1969

费曼物理学讲义习题集

〔美〕R. B. 莱 顿
R. E. 沃格特 篇编著

周勇志 薛洪福 吴殿宏 文广珣 等译

上海科学技术出版社出版
（上海瑞金二路 450 号）

新华书店上海发行所发行 江苏溧水印刷厂印刷

开本 787×1692 1/16 印张 11 字数 258,000
1988 年 9月第 1 版 1988 年 3 月第 1 次印刷
印数 1—6,400

ISBN 7-5323-0134-6/O·6
定价：2.90 元

译者的话

这本习题集与《费曼物理学讲义》密切配合，是它的附属教材。书中大部分习题选自1962～1964年美国加州理工学院大学一、二年级学生的家庭作业和考试试题。

原著与《费曼物理学讲义》相对应，分为三卷。译本将三卷合编统称为《费曼物理学讲义习题集》。原著三卷编写风格不尽一致，例如第一卷的习题分为 A、B、C 三类，A 类为证明、推广或容易的习题；B 类表示中等程度的习题；C 类为比较复杂或费思考的习题，而后两卷则没有这种标志。后两卷的章次与《费曼物理学讲义》一一对应，而第一卷则在每章开头标明对应的章节。这些均在译文中予以保留。

原书根据打印稿影印出版，不太正规。书中的错误和遗漏，凡我们发现的均加以改正和补充，并在重要改动处加注说明。译文对于原书所用符号只做了极个别的改动，以便于读者与《费曼物理学讲义》一起使用。译文力求忠于原著，但限于水平，译文本身的错误和缺点一定在所难免，恳请读者批评指正。

本书的翻译工作由洪晶教授主持。第一卷第1～13章译者为薛洪福；第一卷第31～36章及第二卷译者为周勇志；这两部分译稿由欧发初校；第一卷第14～18章、26～30章，第三卷第8章以后的译者为吴殿宏；第一卷第19～25章、第三卷第7章以前的译者为文广珣；后两人的部分译稿由皮名嘉初校。洪晶教授担任全书的总校；欧发同志做了译文的规格和文字的统一工作。

译　者

1981.6

PAGE 31/63

目　录

第　一　卷

第　二　卷

第　三　卷

第一卷

第一章 运动中的原子

参阅《费曼物理学讲义》第一卷中的第一至第三章，运用这几章中叙述的概念及你自己的经验和想象分析下列习题。在大部分情况下，不要求精确的数字结果。

A-1 如果热仅只是分子的运动，那么一个热的、静止的棒球和一个冷的、快速运动的棒球之间的区别是什么？

A-2 如果所有物体的原子都处于不停的运动中，为何会存在象化石印痕这样的永恒物体？

A-3 定性地解释在一个运动的机器中，摩擦为什么会产生热？又是如何产生的？并尽量解释为什么热不能通过相反的过程产生有用的运动？

A-4 化学家发现橡胶分子是由原子的十字形长链组成的，请解释为什么当一条橡皮带被拉伸时会变热。

A-5 当加热一条悬挂重物的橡皮带时，橡皮带会有什么变化？（解答并试验之。）

A-6 你能否解释为什么不存在正五边形的晶体？（三角形、正方形和六边形是晶体的常有的形状。）

B-1 有一体积为 V 的容器和许多个直径均为 d 的钢球，容器的每个线度均比一个球的直径大得多，试求能够放入容器的最大球数是多少？

B-2 气体的压强 p 如何随每单位体积的原子数 n 和原子的平均速率 v 而变化？（p 应该正比于 n 及(或) v，还是比线性变化快些或慢些？）

B-3 一般空气的密度约为 $0.001\,g\cdot cm^{-3}$，而液态的空气密度约为 $1.0\,g\cdot cm^{-3}$。

a) 计算每立方厘米的一般空气和每立方厘米的液态空气中，各有多少个空气分子。

b) 计算一个空气分子的质量。

c) 计算在标准温度和压强下，一个空气分子在相继碰撞之间通过的平均距离。这个距离称为平均自由程。

d) 计算真空系统应该在什么压强(用标准大气压表示)下工作，平均自由程约为一米。

B-4 一准直平行钾(K)原子束的强度被一层 $1.0\,mm$ 厚、压强为 $6.0\times10^{-4}\,mm\,Hg$ ($0.08\,Pa$) 的氩(Ar)原子气体减弱 30%。计算每个氩原子的有效靶面积。

B-5 X-射线衍射的研究指出，NaCl 晶体呈立方晶格，相邻原子间距为 $2.820\,\text{Å}$ ($0.2820\,nm$)。查阅 NaCl 的密度和分子量，计算阿伏伽德罗数 N_0。(这是测量 N_0 的最精确的实验方法之一。)

B-6 玻特伍德(Boltwood)和卢瑟福(Rutherford)发现，当镭和它的蜕变产物相平衡

时，每克镭每秒内产生 1.36×10^{10} 个氦原子，他们还测得在标准温度、压强下，192 mg 镭的蜕变每天产生 0.0824 mm³ 的氦。用这些数据计算：

a）在标准温度、压强下，每立方厘米氦气的原子数。

b）阿伏伽德罗常数。

C-1 瑞利(Rayleigh)发现 0.81 mg 的橄榄油在水面上产生一直径为 84 cm 的单分子层。由此得出阿伏伽德罗数是多少？

* 近似的成分 $H(CH_2)_{16}COOH$ 形成线链，密度为 $0.8\,g\cdot cm^{-3}$ 参考：Rayleigh, Proc. Roy. Soc., **47**, 364(1890).

C-2 约在 1860 年，麦克斯韦(Maxwell)指出，气体的粘滞系数可写成：

$$\eta=\frac{1}{3}\rho v l$$

式中 ρ 为密度，v 为平均速率，l 为平均自由程。在更早些时，他曾得出 $l=1/(\sqrt{2}\,\pi N_g\sigma^2)$，其中 σ 为分子的直径。洛希密脱(Loschmidt)用测得的 η、ρ(气体)和 ρ(固体)连同焦耳(Joule)计算得的 v 来求在标准温度、压强下，每立方厘米气体中的分子数 N_g。他把分子看成是紧密堆在固体中的许多硬球。已知标准温度、压强下空气的 $\eta=2.0\times10^{-4}\,g\cdot cm^{-1}s^{-1}$、$\rho$(液体)$\approx1\,g\cdot cm^{-3}$、$\rho$(气体)$\approx1\times10^{-3}\,g\cdot cm^{-3}$、$v\approx500\,m\cdot s^{-1}$，试计算 N_g。

C-3 一满杯水放在加里福尼亚州某个户外窗台上。

a）试想水全部蒸发完要用多长时间？

b）在这种蒸发速率下，每秒每平方厘米有多少水分子离开水杯？

c）如果 a）中的答案和地球上的平均降雨量有联系，试简要加以讨论。

C-4 午后雷阵雨的一个雨滴落在一块古生代泥地上，它留下了一个印痕。后来这雨滴被一个又热又渴的地质学大学生当作化石拾起。当他喝干他水壶里的水后，便想知道那滴古老的雨滴有多少水分子，用你已知的数据计算这个数。（可对必要的未知情况做合理的假设。）

第二章 能量守恒 静力学

参阅《费曼物理学讲义》第一卷，第四章。

1．应用虚功原理建立不等臂平衡秤的公式：

$$W_1l_1=W_2l_2$$

（见图 1·2·1，忽略横梁的重量。）

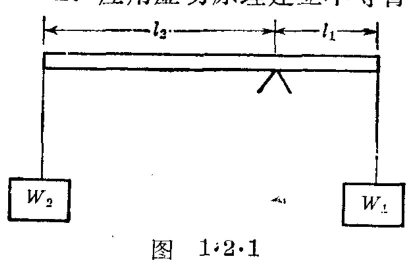


图 1·2·1

2．把前题的公式推广为包含许多重物的情况，这些重物悬在距支点不同的距离上：

$$\sum_i W_il_i=0$$

（在支点一边的距离为正，而另一边则为负。）

3．一个物体受到 n 个力的作用，而且处于静平衡状态，用虚功原理证明：

a）当 $n=1$ 时，力的大小应当为零。（无意义的情况。）

b）当 $n=2$ 时，两个力的大小相等，方向相反并且作用在一条直线上。

c）当 $n=3$ 时，这些力应当是共平面的，而且它们的作用线相交于一点。

d）对于任意数 n，某一力 F_i 的大小乘以该力与任意确定直线之间的夹角 Δ_i 的余弦，其积的 n 项和必为零：

$$\sum_{i}^{n} F_i \cos \Delta_i = 0$$

4．在无摩擦的情况下，运用虚功原理，有关静平衡问题可以化为纯几何问题：当一点移动某一距离时，另一点向何处移动？如果运用三角形的以下特性，这个问题在很多情况下是容易回答的。

a）如图 1·2·2 所示，如果三角形的两个边长 d_1、d_2 保持不变，而角 α 有一个小的改变量 $\Delta\alpha$，则对边 L 有一个改变量

$$\Delta L = \frac{d_1 d_2}{L} \sin\alpha\, \Delta\alpha$$

b）假如直角三角形的三边 a、b、c 长度的改变微量为 Δa、Δb 和 Δc，则 $a\Delta a + b\,\Delta b = c\,\Delta c$（$c$ 是斜边）。证明这些公式。

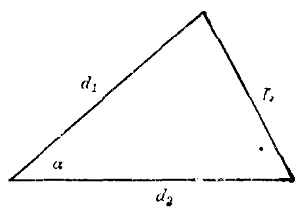


图 1·2·2

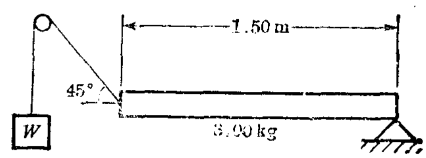


图 1·2·3

A-1 一均匀平板长为 1.50 m，重量为 3.00 kg，其一端安放在支撑轴上。此板用重物和滑轮装置悬挂，平衡在水平位置上，如图 1·2·3 所示。求为使木板平衡所必需的重量 W，忽略摩擦。

A-2 一个半径为 3.00 cm，重量为 1.00 kg 的球，放在和水平方向成 α 角的平板上，同时也和竖直墙相切，如图 1·2·4。忽略两个面的摩擦，试求此球压在每个板上的力。

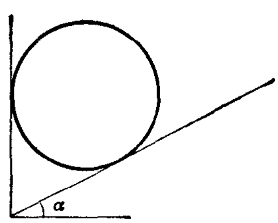


图 1·2·4

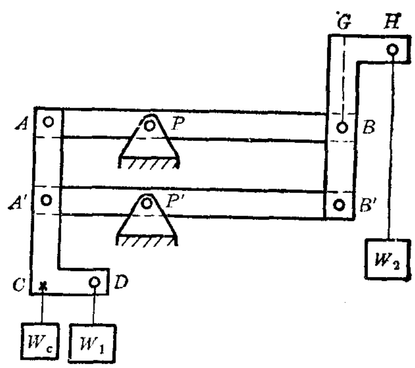


图 1·2·5

A-3 具有活动连接点的平行四边形框架 $AA'BB'$ 安装在枢轴 P 及 P' 上（在竖直平面内）。枢轴 A、A'、B、B'、P 和 P' 处的栓钉上的摩擦可以忽略。构件 $AA'CD$ 和 $B'BGH$ 是刚性的，而且尺寸相同，$AP = A'P' = \frac{1}{2} PB = \frac{1}{2} P'B'$，当不加负载 W_1 和 W_2 时，砝码 W_c 使框架处于平衡状态。如果一个重 0.5 kg 的重物 W_1 悬挂在 D 点，为了取得平衡，悬挂在 H 点的重物 W_2 应为多重？

A-4 图 1·2·6 所示装置处于静平衡状态，用虚功原理求 A 和 B 的重量。忽略绳子重量和滑轮上的摩擦。

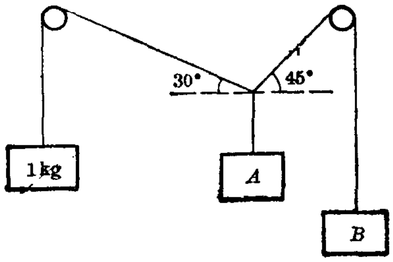


图 1·2·6

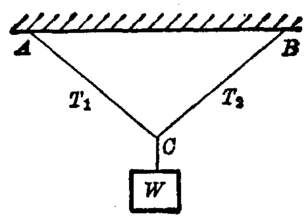


图 1·2·7

A-5 重物 $W=22.68\,kg$，如图 1·2·7 所示，悬挂在金属丝 ACB 的中点。$AC=CB=1.52\,m$，$AB=2.16\,m$。求金属丝中的张力。

A-6 图 1·2·8 中的桁架用轻铝杆在各端点铰接制成，于 C 处有一个可在光滑平面上滑动的滚轮。当一个工人在杆 AB 上用汽焊加热时，观察到一长度增量 x，因而负载 W 在竖直方向有一移动量 y。

a) W 的移动向上还是向下？

b) 试求作用在杆 AB 上的力(包括取向，即：是张力还是压力)。

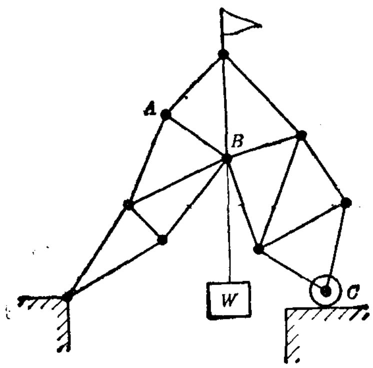


图 1·2·8

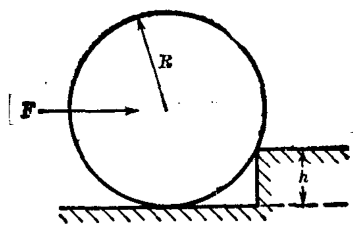


图 1·2·9

A-7 为了把图 1·2·9 所示重量为 W，半径为 R 的轮子推到高为 h 的障碍物上，需要多大的水平力 F？

A-8 一个直径为 D 的水平转台，安装在摩擦可以忽略的轴承上(见图 1·2·10)。在转台平面内，有二大小相等、彼此平行、而方向相反的水平力作用在转台直径两端的边缘上。问：

a) 什么力作用在轴承上？

b) 对于通过中点 O 的竖直轴，转矩(等于力偶矩)是多少？

c) 对于通过同一平面上任意一点 O' 的竖直轴，力矩应该是多少？

d) 下面的讲法是否正确，说明之。"作用在物体上的任意两个力，能够合成一个具有相同效应的单一合力"。

在拟定你的答案时，考虑两个力方向相反但是大小不相等的情况。

A-9 如图 1·2·11 所示，浮在水银上的一块钢板受到三个力的作用，作用点在边长为

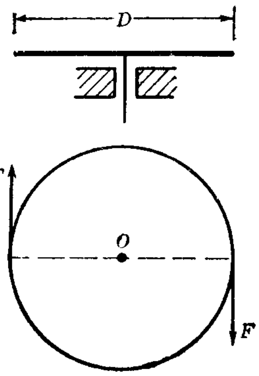


图 1·2·10

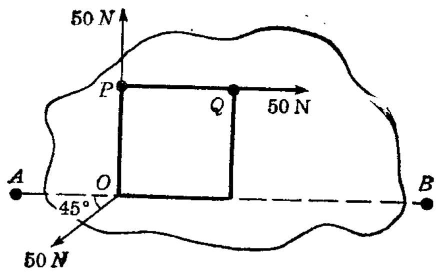


图 1·2·11

0.100 m 的正方形的三个角上。求能使钢板保持平衡的第四个力。给出其大小、方向及在 AB 线上作用点的位置。

A-10 在无摩擦的情况下，当重物 W_1、W_2 从静止开始移过某一距离 D 时，它们的移动速度是多少($W_1>W_2$)？(见图 1·2·12)

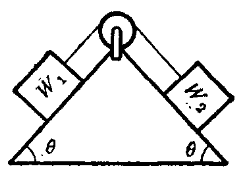


图 1·2·12

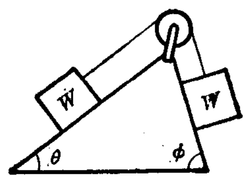


图 1·2·13

A-11 图 1·2·13 中两物体重量相等，摩擦不计。如果该系统从静止状态被释放，当它们移过某一距离 D 时，它们的速度大小如何？

B-1 如图 1·2·14，物体 M_1 在高为 H 的斜面上滑动。一条柔软的绳子跨过一个小滑轮(不计绳子和滑轮质量)把物体 M_1 和另一竖直悬挂的质量与之相等的物体 M_2 连接起来。绳子的长度可以使二物体都处于高度为 $H/2$ 的位置。与 H 相比，物体及滑轮的尺寸可以忽略不计。在 $t=0$ 时，释放两物体。

a) 当 $t>0$ 时，计算 M_2 的竖直加速度。

b) 哪个物体向下运动？它碰到地面的时间 t_1 为多少？

c) 在问题(b)中，一物体因碰地面停止时，另一物体还保持运动，说明它能否碰到滑轮？

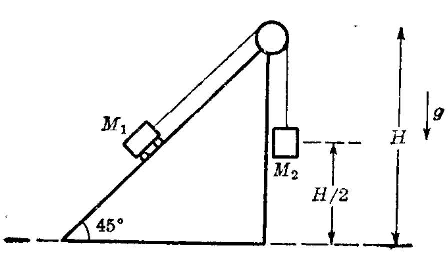


图 1·2·14

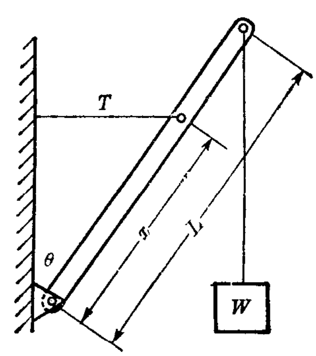


图 1·2·15

B-2　见图 1·2·15，起重机由长为 L、重为 W 的均匀支杆构成，杆的下端装在轴上；用一条水平绳系在支杆上（系点距轴为 x），把支杆撑在和竖直线成 θ 角的方向，重物 W 从支杆上端起吊。求水平绳索上的张力。

B-3　一个顶端带有滚轮的均匀梯子靠在光滑的竖直墙壁上。梯长 3.05 m，梯重为 13.61 kg。一重为 27.22 kg 的物体，挂在距梯顶端 0.76 m 的横木上，见图 1·2·16。试求：

a）滚轮对墙壁的压力。

b）梯子作用在地面上的水平力和竖直力。

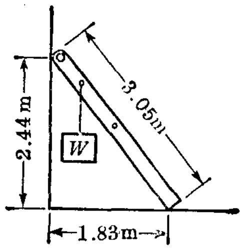


图　1·2·16

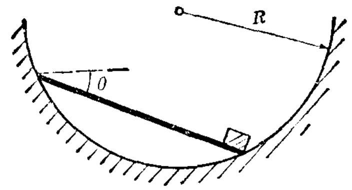


图　1·2·17

B-4　重为 W、长为 $\sqrt{3}R$ 的平板，放在半径为 R 的光滑圆形槽内，板的一端有一物体重为 $\frac{W}{2}$。计算板在平衡位置时的角 θ（见图 1·2·17）。

B-5　长为 L 重为 W 的均匀棒，其端部由二斜面支撑（见图 1·2·18）。用虚功原理（忽略摩擦）求棒处于平衡状态下的 α。

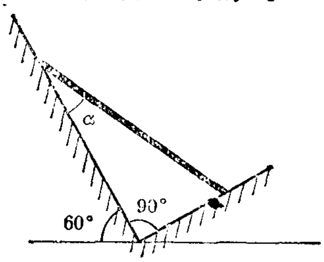


图　1·2·18

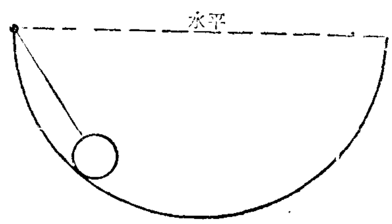
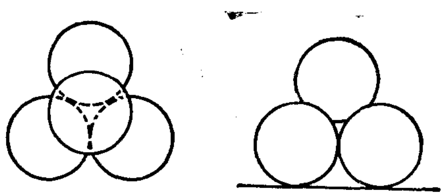


图　1·2·19

B-6　半径 4.5 cm，重 W 的刚性小球挂在半径为 49 cm 光滑的半球形的钵沿上（见图 1·2·19）。发现绳子一旦短于 40 cm 就会断裂。用虚功原理求绳子的抗断强度。

B-7　国际展览会会场的装饰物是由四个相同的无摩擦的金属球制成，每个球重 $2\sqrt{6}\times10^3$ kg。球的排列如图 1·2·20 所示：三个球放在水平面上，彼此相切，第四个球自由地放在这三个球上。为使下面的三个球不分开，在它们的接触点上加以点焊。如果安全系数取 3，焊点应能承受多大张力？



俯视图　　主视图

图　1·2·20

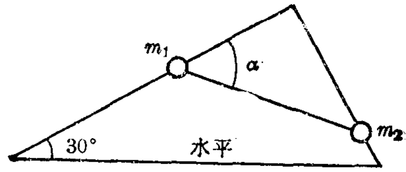


图　1·2·21

B-8 在竖直平面内，一硬金属线框架构成直角三角形(见图 1·2·21)，两个质量分别为 $m_1=100\text{g}$, $m_2=300\text{g}$ 的珠子，在框架上无摩擦地滑动，它们之间由绳子连接。当系统处于静平衡时，绳子的张力是多少？绳子和第一条框架线形成的角 α 有多大？

B-9 如果没有摩擦，为保持小车平衡，张力 T 应多大(见图 1·2·22)？

a) 用虚功原理求解。 b) 用相应的分力求解。

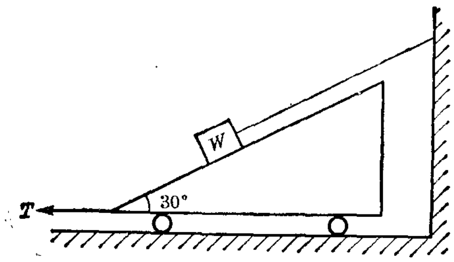


图 1·2·22

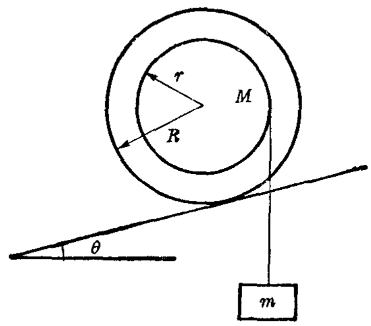


图 1·2·23

B-10 一个质量 $M=3\text{kg}$ 的线轴由一半径 $r=5\text{cm}$ 的中枢圆柱体及半径 $R=6\text{cm}$ 二端板构成，见图 1·2·23。把线轴放在一个带沟槽的斜面上，它将在斜面上滚动而不是滑动。一个质量 $m=4.5\text{kg}$ 的物体用绕在线轴上的绳子悬挂，使该系统处于平衡状态。求斜面的倾角 θ。

B-11 整个重量为 W 的柔软链环，放在一个光滑的正圆锥的一水平圆周上，圆锥底半径为 r，高为 h，轴在竖直方向(见图 1·2·24)。求链环的张力(忽略摩擦)。

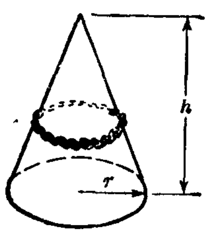


图 1·2·24

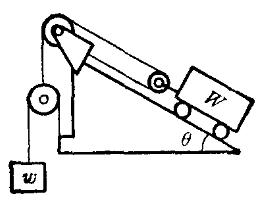


图 1·2·25

B-12 斜面上的车子被重物 w 平衡，如图 1·2·25。忽略各部分的摩擦，求车的重量。

B-13 桥梁的桁架结构如图 1·2·26 所示。所有的连接点可以看成是无摩擦的枢轴，而且全部构件可看成是刚性、无重和等长的，求反作用力 F_1、F_2 及构件 DF 所受的力。

B-14 在图 1·2·27 所示的桁架中，所有斜向支杆长均为五个单位，而水平支杆长均为六个单位。全部接点都是自由交连的，桁架的重量可以忽略。

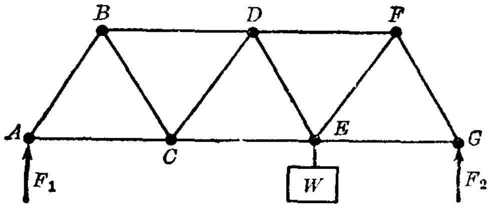


图 1·2·26

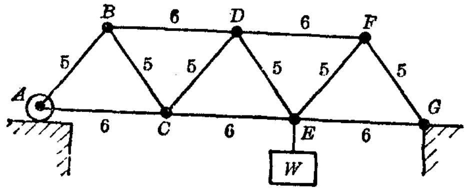


图 1·2·27

a) 对于图示的负载位置，哪一个零件能用柔软的绳索代替。

b) 求支杆 BD 和 DE 的受力。

B-15 在图 1·2·28 所示系统中，重为 w 的摆锤起初由线 A 保持竖直位置。烧断线 A 后，摆锤被释放向左摆动，它的最大摆幅刚够达到天棚。求物体 W 的重量(忽略摩擦、滑轮半径及重物的有限尺寸)。

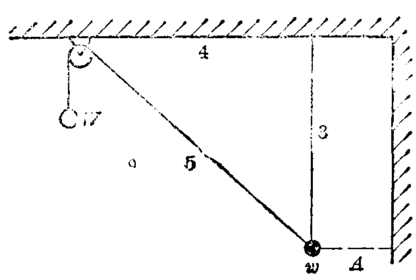


图 1·2·28

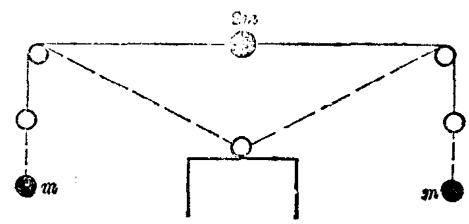


图 1·2·29

B-16 图 1·2·29 所示，两条等长的细线把两个质量为 m 的物体系到第三个质量为 $2m$ 的物体上，细线通过两个相距为 100 cm 不计摩擦的小滑轮。起初，$2m$ 物体置于连接两滑轮的水平线上，并处于两者正中间，然后从静止开始释放，当它降下 50 cm 时碰上台顶，求此时它的运动速度。

B-17 一个截面积为 A 的大桶装着密度为 ρ 的液体。液体从一小孔中自由地射出来，小孔的截面面积为 a，位于液面下 H 处(见图 1·2·30)。若液体无内摩擦(粘滞性)，将以多大速度流出？

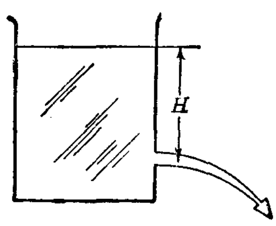


图 1·2·30

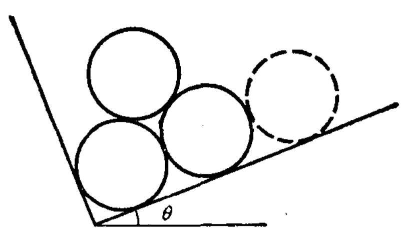


图 1·2·31

C-1 载重汽车上装着光滑的相同的圆木，车驶离公路并平稳地停在与水平面成 θ 角的路基上。卸车时，移去图 1·2·31 中虚线所示圆木，恰使剩下的三棵圆木处在即将滑动的状态，即：若 θ 角再小一点，圆木就要塌落。求角 θ。

C-2 绕线轴重为 w，半径为 r 和 R(见图 1·2·32)。绕在小径轴上的两条线挂在固定的支柱下。另有两条线绕在半径较大的轴上，此二线下悬一重物 W，W 的选择恰好使绕线轴平衡，求 W。

C-3 一吊桥跨过 54 m 宽的深谷，见图 1·2·33。间距为 9.00 m 的六对竖直缆绳悬挂着钢构架的桥身。每条缆绳承受的重量相等，均为 4.80×10^3 kg。位于中间的两对缆绳长为 2.00 m，求其余竖直缆绳的合适长度。如果跨河谷的两条纵向缆绳的端部和水平方向成 45° 角，求这两条纵向缆绳所受的最大张力？

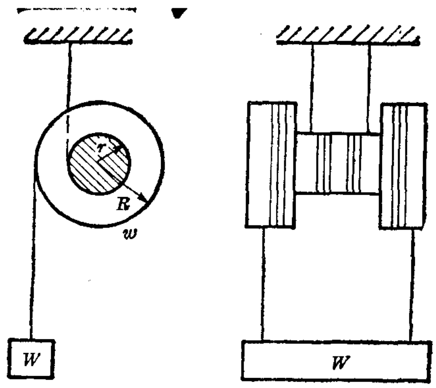


图 1·2·32

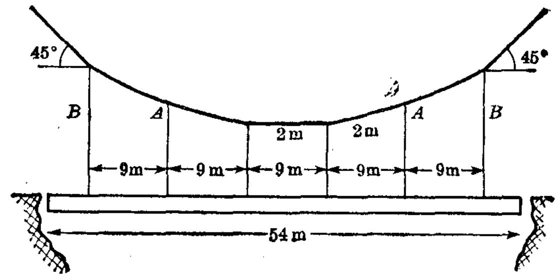


图 1·2·33

C–4 坦德姆范德格拉夫(Tandem Van de Gruaff)孤立支撑结构可以表示为密度大致均匀，长为 L、高为 h、重为 W 的两个组件，它们被球形枢轴颈(A 和 B)支撑在竖直壁上，中心用起重螺旋施力 F，把两者隔开(见图1·2·34)。因为这两个组件不能承受张力，所以必须对起重螺旋加以适当控制，使得位于上面的枢轴颈受力为零。

a) 需要多大的施力 F?

b) 加在下面一个枢轴颈 A 上的合力是多少?

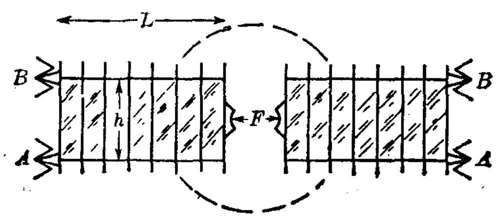


图 1·2·34

第三章　开普勒定律及万有引力

参阅《费曼物理学讲义》第一卷，第七章。

1．椭圆的某些性质

椭圆的大小和形状取决于以下任意两个量的数值(见图 1·3·1)：

a：长半轴；b：短半轴；

c：椭圆中心到某一焦点的距离；e：偏心率；

r_p：近日距(从焦点到椭圆的最近距离)；r_a：远日距(从焦点到椭圆的最远距离)

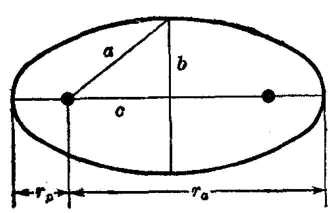


图 1·3·1

2．各量关系如下：

$$a^2=b^2+c^2;\ e=c/a(e\text{ 的定义});$$

$$r_p=a-c=a(1-e);\ r_a=a+c=a(1+e)$$

3．试证：椭圆面积 $A=\pi ab$

A–1 月球到地球中心的距离由在近地点时的 363,300 km 改变到在远地点时的 405,500 km，变化周期为 27.322 天。某人造地球卫星轨道的近地面高度 225 km，而远地

面高度为 710 km。地球的平均直径为 12,756 km，求此卫星的周期。

A-2 地球轨道的偏心率为 0.0167，求地球在其轨道上的最大速率与最小速率之比。

A-3 地球和月球的半径分别是 6378 km 和 1738 km，它们的质量比是 81.3:1.000。计算月球表面的重力加速度，$g_e=9.80\,\mathrm{m\cdot s^{-2}}$。

A-4 自从 1456 年发现哈雷(Halley)彗星以来，预计 1986 年它将第七次重返近日旅程。它最近一次通过近日点的时间是 1910 年 4 月 19 日，当时观测到的近日距是 0.60A.(天文单位)，求：

a) 其轨道离太阳的最远点距太阳多远？

b) 最大轨道速率与最小轨道速率之比。

A-5 以圆形轨道近地面运行的地球卫星，周期约为 100 min。试求当其周期为 24 h 的情况下，其轨道半径应为多少(以地球半径为单位)？

A-6 考虑两个轨道半径相同的地球人造卫星，其中一个轨道通过两极，另一个在赤道平面内。问哪个卫星需要较大的火箭发射器？为什么？

B-1 与地球同步转动的理想的"同步"卫星，相对地球表面上某点 P 恒保持固定位置。

a) 考虑地心和卫星的连线，如果 P 点为连线和地球表面的交点，P 点能位于任意地理纬度吗？或者说，交点存在的限制条件是什么？试解释之。

b) 质量为 m 的同步卫星到地心的距离 r_s 是多少？用地球到月球的距离 r_{me} 为单位来表示 r_s。

注：把地球看作均匀球体，可以取月球的周期 $T_m=27$ 天。

B-2 a) 比较地球绕日运动和月球绕地运动的轨道参数，决定太阳质量与地球质量之比。

b) 木星的一个卫星运转的轨道周期为 1.79 天，轨道半径为 421800 km，试确定木星的质量，以地球的质量为单位。

B-3 两个星体 a、b 受彼此的万有引力作用，相互环绕运动，若观测到它们的相对轨道长半轴为 R(A.)，它们的运转周期为 T 年，求两者质量之和 m_a+m_b 的表达式。(以太阳质量为单位。)

B-4 如果一个巨大的球形天体 M 和它的卫星 m 间的万有引力为

$$\boldsymbol{F}=-\frac{GMm}{R^{(3+\alpha)}}\boldsymbol{R}$$

(其中 $\boldsymbol{R}$ 为两者间的距离矢径)，开普勒第二、第三定律应如何修正？(讨论第三定律时，可假定轨道为圆。)

C-1 在实验室中做 g 的测量时，要多大精度才能检测到由于月球引力引起的 g 的日变化？为简单起见，设实验所处的位置恰使月球从天顶和天底通过。同时，略去潮汐的影响。

C-2 一蚀双星系的轨道是和视线几乎共平面的，因此，一个星周期性地蚀蔽另一个星，两星的相对轨道速度可从光谱线的多卜勒频移测得。令 T 与 V 分别为观测到的轨道周期(日)和轨道速度($\mathrm{km\cdot s^{-1}}$)，求该星系的整个质量(以太阳质量为单位)。

注：从地球到太阳的平均距离为 1.5×10^8 km。

C-3 一彗星绕日运行的近日距 $R_p=1.00\times10^6$ km，近日点处的速度为 $500.0\,\mathrm{km\cdot s^{-1}}$，

a) 求轨道在近日点处的曲率半径是多少(km)？

b) 近日点处的曲率半径 $R_c=b^2/a$，其中 a 为椭圆的长半轴，b 为短半轴。若已知 R_c 和 R_p，可以找到 a 和此二量之间的关系，试据此求出 a。

c) 由 a 计算出行星的周期，写出关系式，标注所有的符号。

C-4　以万有引力相互吸引的两质点，保持不变的距离，共绕一固定点（它们的质心）运动。试证明它们在该轨道上运动的周期只取决于它们的质量和，而与它们的质量比完全无关。此结论对于椭圆轨道也成立，试证之。

C-5　如何可以求得月球的质量？

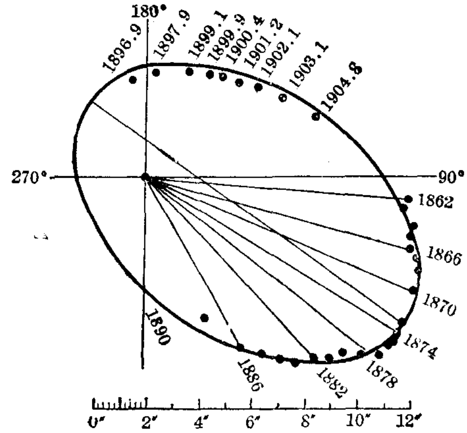


图 1·3·2

C-6　天狼星的三角视差（即地球轨道半径对天狼星的张角）为 0.378 弧秒，由此及图 1·3·2 中所包含数据推出天狼星系的质量（以太阳质量为单位）。(a) 假设轨道平面与视线垂直；(b) 考虑了轨道的实际倾斜。你在 (b) 中求得的值是上限还是下限（或都可能）？

第四章　运　动　学

参阅《费曼物理学讲义》第一卷，第八章。

1. a) 一个物体做匀加速直线运动。当 $t=0$ 时，它位于 $x=x_0$ 处并具有速度 $v_x=v_{x0}$。求证在时刻 t 它的位置和速度分别为：

$$x(t)=x_0+v_{x0}t+\frac{1}{2}at^2$$

$$v_x(t)=v_{x0}+at$$

b) 从上题公式中消去 t，证明在任意时刻

$$v_x^2=v_{x0}^2+2a(x-x_0)$$

2. 把上面的问题推广到三维运动的情况，已知沿三个坐标轴的恒加速度分量为 a_x、a_y、a_z 试证明：

a)

$$x(t)=x_0+v_{x0}t+\frac{1}{2}a_xt^2$$

$$y(t)=y_0+v_{y0}t+\frac{1}{2}a_yt^2$$

$$z(t)=z_0+v_{z0}t+\frac{1}{2}a_zt^2$$

$$v_x(t)=v_{x0}+a_xt$$

$$v_y(t)=v_{y0}+a_yt$$

$$v_z(t)=v_{z0}+a_zt$$

b)

$$v^2=v_x^2+v_y^2+v_z^2=v_0^2+2[a_x(x-x_0)+a_y(y-y_0)+a_z(z-z_0)]$$

其中

$$v_0^2=v_{x0}^2+v_{y0}^2+v_{z0}^2$$

3. 一段圆弧的长度可以度量它对圆心的张角。设 s 为弧长，R 为半径（见图 1·4·1），