大学物理习题集

主编：石庆平　钟平卫
葛永华　陈爱明

上海大学出版社
·上海·

图书在版编目(CIP)数据

大学物理习题集/石庆平等编著.—上海：上海教育出版社，2005.11

ISBN 7-5320-7932-6

Ⅰ.大... Ⅱ.石... Ⅲ.物理学-高等学校-习题 Ⅳ.04-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 127915 号

责任编辑 王海江

封面设计 孙 敏

大学物理习题集

主编：石庆平 钟平卫 葛永华 陈爱明

上海教育出版社出版发行

出版人：姚刚军

*

常熟华顺印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 850×1168 1/32 印张 8 字数 207 千

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数：1—5 100 册

ISBN 7-5320-7932-6/O·034 定价：16.00 元

前　言

众所周知，物理学是现代科学技术的重要基础之一。“大学物理”是理工科学生的一门重要公共基础课。通过对“大学物理”课程的学习，学生可对物理学所研究的各种运动形式以及它们之间的联系有一个比较清楚、全面的认识和了解；能学会应用物理概念、定律和方法初步理解、解决一些实际问题；逐步培养学生的自学能力和应用高等数学工具的能力；逐步培养学生严肃的科学态度和严格的科学作风；逐步培养学生理论联系实际和抽象的逻辑思维能力；逐步培养学生的探索精神和创新意识。在这些方面，大学物理课程具有其他课程不能替代的重要作用。

在“大学物理”的学习过程中，做习题是一个重要的环节。通过求解习题，可以加深对物理概念、规律和方法的理解和掌握，可以检验对物理内容的掌握情况，检验学习的质量和效果，复习巩固所学的知识，提高运用所学理论解决实际问题的能力。通过习题练习，可以扩大学生的知识面，为学好后继相应专业课程打下良好基础。在做习题的过程中，绝不能为解题而解题，不能仅追求一个答案，而要伴随思考问题，深入弄清做此题的真正目的，要对物理内容有更透彻的理解。另外，解题应做到思路明晰，条理清楚，步骤规范。有些习题的解法并不是惟一的，这时应试着用多种方法来求解，以提高自己分析问题、解决问题的能力。解题重在分析，务求透彻，要做到举一反三，触类旁通，这是培养和提高解题能力的关键。

著名物理学家索末菲当年对他的学生——诺贝尔奖金获得者海森伯说过一句话：“通过孜孜不倦地做习题，就可以明了哪些知

识你已经掌握，哪些还没有。”

本书根据编者多年的教学经验的积累，并参考各兄弟院校的有关资料，总结归纳而成，希望能对学生在“大学物理”学习过程中有所帮助。

本书初稿是由宋小龙、施耀铭、张正明、陈庆康、许士跃等教师在1994年编写并开始使用，于2000年由汪仲诚、宋小龙、张正明进行修改并形成电子版本。第二次的修订工作于2003年由宋小龙组织安排：其中力学、热学部分由石庆平、周海阳、陈爱明、葛永华等整理、修订，电磁学部分由宋小龙、沈利明、张正明、钟平卫等整理、修订，振动与波、光学和近代物理部分由黄颂翔、陈庆康、孙迺疆、吉桂芳等整理、修订，最后由宋小龙、沈利明负责统稿。习题集的第三次进一步修订、完善和正式出版前的准备工作，由宋小龙、沈利明负责力学、热学部分，石庆平、葛永华负责电磁学部分，钟平卫、陈爱民负责振动与波、光学和近代物理部分，由沈利明、宋小龙负责统稿。

由于编者的学识和经验所限，书中难免存在不当之处，敬请各位读者批评指正。

编　者

2005年8月8日于上海

目　录

第一单元

A. 质点力学习题 …… 1

B. 质点力学自我检查题 …… 17

第二单元

A. 刚体定轴转动习题 …… 35

B. 刚体定轴转动自我检查题 …… 42

第三单元

A. 气体动理论、热力学基础习题 …… 49

B. 气体动理论、热力学基础自我检查题 …… 58

第四单元

A. 静电场习题 …… 72

B. 静电场自我检查题 …… 86

第五单元

A. 磁场习题 …… 98

B. 磁场自我检查题 …… 112

第六单元

A. 电磁感应与电磁场理论习题 …… 125

B. 电磁感应与电磁场理论自我检查题 …… 134

第七单元

A. 振动与波动习题 …… 145

B. 振动与波动自我检查题 …… 155

第八单元

A. 波动光学习题 …… 164

B. 波动光学自我检查题 …… 170

第九单元

A. 近代物理基础习题 …… 182

B. 近代物理基础自我检查题 …… 188

习题答案 …… 196

第 一 单 元

A. 质点力学习题

1. 已知一质点的运动方程为 $\boldsymbol{r}=3t\boldsymbol{i}-4t^2\boldsymbol{j}$，式中 r 以 m 计，t 以 s 计，求：质点运动的轨道方程、速度和加速度。

2. 一质点在 xOy 平面上运动，运动方程为：$x=3t+5$，$y=\frac{t^2}{2}+3t-4$，式中 t 以 s 计，x，y 以 m 计。(1) 以时间 t 为变量，写出质点位置矢量的表示式；(2) 求出 $t=1$ s 时刻和 $t=2$ s 时刻的位置矢量，计算这 1 秒内的质点位移；(3) 计算 $t=0$ 到 $t=4$ s 内的平均速度；(4) 写出质点速度矢量表示式，计算 $t=4$ s 时质点的速度；(5) 计算 $t=0$ 到 $t=4$ s 内质点的平均加速度；(6) 写出质点加速度矢量的表示式，计算 $t=4$ s 时质点的加速度。(写成直角坐标系中的矢量表示式)

3. 一质点沿 x 轴作加速运动，开始时质点位于 x_0 处，初速为 v_0。(1) 当 $a=k_1t+c$ 时，求任意 t 时刻质点的速度及位置；(2) 当 $a=k_2v$ 时，求任意 t 时刻质点的速度及位置；(3) 当 $a=k_3x$ 时，求任意 x 处质点的速度大小。

4. 距河岸(看成直线)500 m 处有一艘静止的船，船上的探照灯以转速为 $n=1$ r/min 转动。当光束与岸边成 60°角时(如图 1-A-4 所示)，试计算光束沿岸边移动的速度大小。

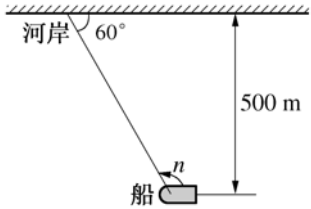


图 1－A－4

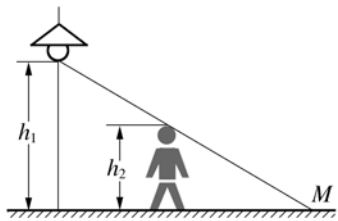


图 1－A－5

5. 灯距地面高度为 h_1，一个人身高为 h_2，在灯下以匀速率 v 沿水平直线行走，如图 1－A－5 所示。试计算他的头顶在地上的影子 M 点沿地面移动的速度大小 v_M。

6. 一质点沿 x 轴运动，其加速度 a 与位置坐标 x 的关系可以表示为 $a=2+6x^2$(SI)，如图 1－A－6 所示。如果质点在原点处的速度为零，试求其在任意位置处的速度。

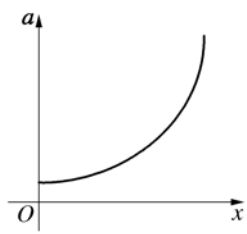


图 1－A－6

7. 一质点的运动方程为 $x=6t-t^2$(m)，试计算 t 由 0 至 4 s 的时间间隔内质点的位移和走过的路程。

8. 已知一质点作直线运动，其加速度 $a=4+3t$(SI)，质点在开始运动时 $x_0=5$ m，速度为零，试求该质点在 $t=10$ s 时的速度和位置。

9. 一艘正在沿直线行驶的电艇，在发动机关闭后，其加速度方向与速度方向相反，大小与速度平方成正比，即 $\frac{dv}{dt}=-kv^2$，式中 k 为常数。试证明电艇在关闭发动机后又行驶 x 距离时的速度为 $v=v_0e^{-kx}$，其中 v_0 是发动机关闭时的速度。

10. 如图 1－A－10 所示。由楼窗口以水平初速度 v_0 射出一发子弹，取枪口为原点，沿速度方向为 x 轴，竖直向下为 y 轴，并取发射时 $t=0$，试求：

(1) 子弹在任一时刻 t 的位置坐标及轨迹方程；

(2) 子弹在任一时刻 t 的速度，切向加速度和法向加速度。

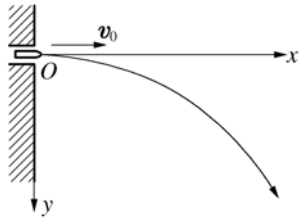


图 1 - A - 10

11. 以初速率 v_0、与水平面夹角 θ_0 抛出一物体，则其抛物线轨道最高点处的曲率半径为多大？

12. 质点在重力场中作斜上抛运动，初速度的大小为 v_0，与水平方向成 α 角。求质点到达与抛出时同一高度时的切向加速度，法向加速度以及该时刻质点所在处质点轨迹的曲率半径(忽略空气阻力)。

13. 如图 1 - A - 13 所示，一质点在 xOy 平面内以 O 点为圆心以 R 为半径作匀速圆周运动。已知 $t = 0$ 时，$y = 0$，$x = R$，角速度为 ω，试求：

(1) 该质点的运动方程；

(2) 该质点 t 时刻的速度和加速度；

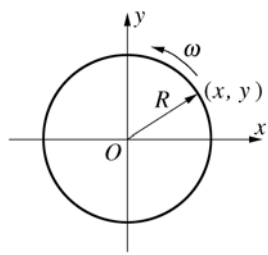


图 1 - A - 13

(3) 试证其加速度方向恒指向圆心。

14. 一质点沿半径为 R 的圆周运动。质点所经过的弧长与时间的关系为：$s = bt + ct^2$，其中 b，c 是大于零的常量，求质点从 $t=0$ 开始到切向加速度与法向加速度大小相等时所经历的时间。

15. 质点沿半径为 R 的圆周运动，运动方程为：$\theta = 3 + 2t^2$(SI)，试求 t 时刻质点的法向加速度大小及角加速度的大小。

16. 一质点 P 在水平面内沿半径为 $R = 2$ m 的圆轨道转动，转动的角速度 ω 与时间 t 的函数关系为 $\omega = kt^2$(SI)(k 为常量)。已知 $t = 2$ s 时，质点 P 的速度值为 32 m/s。试求 $t = 1$ s 时质点 P 的速度与加速度的大小。

17. 甲乙两船同时航行，甲以 10 km/h 的速度向东，乙以

5 km/h速度向南。问从乙船的人看来,甲的速度是多大?方向如何?反之,从甲船的人看来,乙的速度又是多大?方向如何?

18. 设河面宽 $l=1$ km,河水由北向南流动,流速 $v=2$ m/s,有一船相对于河水以 $v'=1.5$ m/s 的速率从西岸驶向东岸。

(1) 如果船头与正北方向成 $\alpha=15°$ 角,船到达对岸要花多少时间?到达对岸时,船在下游何处?

(2) 如果船到达对岸的时间为最短,船头与河岸应成多大角度?最短时间等于多少?到达对岸时,船在下游何处?

(3) 如果船相对于岸走过的路程为最短,船头与岸应成多大角度?到达对岸时,船又在下游何处?要花多少时间。

19. 如图 1-A-19 所示,在水平转台上放置一质量为 2 kg 的小物块 A,物块与转台间的静摩擦系数 $\mu_r=0.2$,一条光滑的绳子一端系在物块上,另一端则由转台中心处的小孔穿下并悬一质量 $m=0.8$ kg 的物块 B。转台以 $\omega=4\pi$ rad/s 的角速度绕竖直中心轴转动,求:转台上面的物块与转台相对静止时,物块转动半径的最大值和最小值。

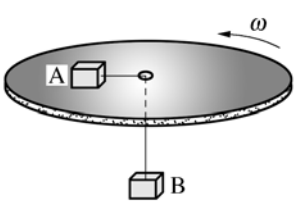


图 1-A-19

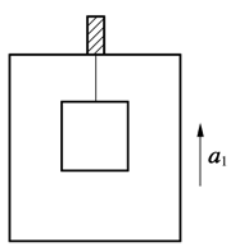


图 1-A-20

20. 如图 1-A-20 所示,在升降机天花板上拴有轻绳,其下端系一重物,当升降机以加速度 $\boldsymbol{a}_1$ 上升时,绳中的张力正好等于绳子所能承受的最大张力的一半,问升降机以多大加速度上升时,绳子刚好被拉断?

21. 如图 1-A-21 所示,质量 $m=2.0$ kg 的均匀绳,长度

$L=1.0$ m，两端分别连接重物 A 和 B，它们的质量分别为 $m_A=8.0$ kg，$m_B=5.0$ kg，今在 B 端施以大小为 $F=180$ N 的竖直拉力，使绳和物体向上运动，求距离绳的下端为 x 处绳中的张力 $T(x)$。

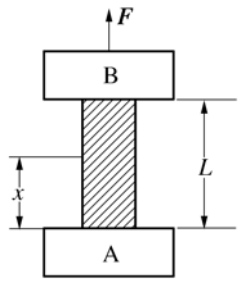


图 1－A－21

22. 质量 $m=1$ kg 的质点，受到与速率成正比的阻力作用（$f=-0.2v$），问：需多长时间才能使质点的速率减少到原来速率的一半。

23. 一质量为 m 的质点，沿 x 轴运动，其 $v-t$ 关系为 $v=A\cos\omega t$，其中 A、ω 均为常数。求 t 时刻作用在该质点上的力，并将这个力用 x 来表示。（设 $t=0$ 时，质点在坐标原点）

24. 一质量为 60 kg 的人，站在质量为 20 kg 的底板上，用绳和滑轮连接，如图 1－A－24。设滑轮、绳的质量及轴处的摩擦可以忽略不计，绳子不可伸长。欲使人和底板能以 1 m/s^2 的加速度上升，人对绳子的拉力 T_2 多大？人对底板的压力多大？（取 $g=10$ m/s^2）

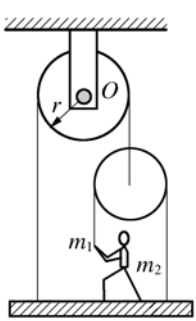


图 1－A－24

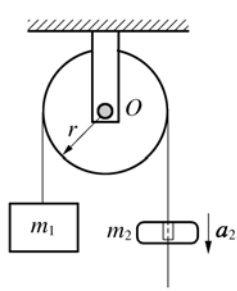


图 1－A－25

25. 如图 1－A－25 所示，一条轻绳跨过摩擦可忽略的轻滑轮，在绳的一端挂一质量为 m_1 的物体，在另一侧有一质量为 m_2

的环，求当环相对于绳以恒定的加速度 a' 沿绳向下滑动时，物体和环相对地面的加速度各是多少？环与绳间的摩擦力多大？

26. 如图 1－A－26 所示，质量为 m 的子弹以速度 v_0 水平射入沙土墙中，设子弹所受阻力与速度反向，大小与速度值成正比，比例系数为 k，忽略子弹的重力，求：

（1）子弹射入沙土后，速度随时间变化的函数式；

（2）子弹进入沙土的最大深度。

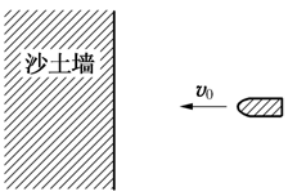


图 1－A－26

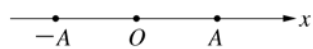


图 1－A－27

27. 如图 1－A－27 所示，已知一质量为 m 的质点在 x 轴上运动，质点只受到指向原点的引力的作用，引力大小与质点离原点的距离 x 的平方成反比，即 $f=-k/x^2$（SI），k 是比例常数。设质点在 $x=A$ 时的速度为零，求 $x=A/4$ 处的速度大小。

28. 跳伞运动员在张伞前的垂直下落阶段，受到的空气阻力随速度增加而增加，其速度不会像自由落体那样增大，当空气阻力增大到与重力相等时，跳伞员就达到其下落的最大速度，称为终极速度。一般在跳离飞机大约 10 s，下落约 300～400 m 左右时，就会达到此速度（约 50 m/s）。设质量为 m 的跳伞员由静止开始下落，受到空气的阻力为 $F=-kv^2$（k 为常量）。试求：

（1）跳伞员的终极速度大小；

（2）跳伞员在任一时刻的下落速度（设向下为正方向）。

29. 一质量为 m 的质点在流体中作直线运动，受到与速度成正比的阻力 kv（k 为常数）作用，$t=0$ 时质点速度为 v_0，证明：（1）t 时刻的速度为 $v=v_0e^{-\frac{kt}{m}}$；（2）由 0 到 t 的时间内经过的距离

为 $x=\left(\frac{mv_0}{k}\right)\left[1-e^{-\frac{kt}{m}}\right]$；(3) 停止运动前经过的距离为 $v_0\frac{m}{k}$。

30. 如图 1－A－30 所示，质量为 m 的钢球 A 沿中心 O 点、半径为 R 的光滑半圆形槽下滑。当 A 滑到图示的位置时，其速率为 v，钢球中心与 O 的连线 OA 和竖直方向成 θ 角，求这时钢球对槽的压力和钢球的切向加速度。

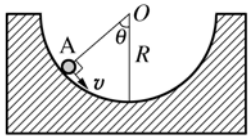


图 1－A－30

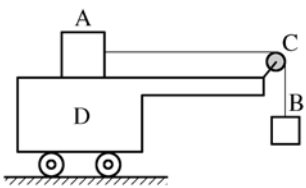


图 1－A－31

31. 水平面上有一质量 $M=51$ kg 的小车 D，其上有一定滑轮 C，通过绳在滑轮两侧分别连有质量 $m_1=5$ kg 和 $m_2=4$ kg 的物体 A 和 B。其中物体 A 在小车的水平台面上，物体 B 被绳悬挂。系统处于静止瞬间，如图 1－A－31 所示，各接触面和滑轮轴均光滑。求以多大的力作用于小车上，才能使物体 A 与小车 D 之间无相对滑动。(滑轮和绳的质量均不计，绳与滑轮间无滑动)。

32. 顶角为 2θ 的直圆锥体，底面固定在水平面上，如图 1－A－32 所示。质量为 m 的小球系在绳的一端，绳的另一端系在圆锥的顶点。绳长为 L，且不能伸长，质量不计，圆锥面是光滑的。今使小球在圆锥面上以角速度 ω 绕 $\overline{OH}$ 轴匀速转动，求：

(1) 锥面对小球的支持力 N 和细绳的张力 T；

(2) 当 ω 增大到某一值 ω_0 时小球将离开锥面，这时 ω_0 及 T 又各是多少？

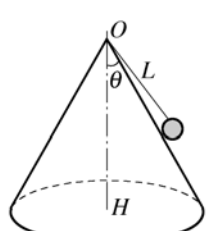


图 1－A－32

33. 如图 1－A－33 所示系统置于以 $a = g/2$ 的加速度上升的升降机内，A、B 两物体质量相同均为 m。A 放在水平桌面上，A 与桌面间摩擦系数为 μ。绳子不伸长，它和定滑轮的质量不计。若物体 A 在桌面上加速运动，则绳中张力为多大？

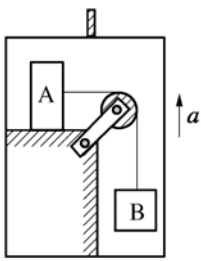


图 1－A－33

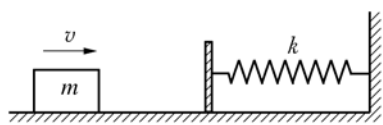


图 1－A－34

34. 如图 1－A－34 所示，质量 $m=0.1$ kg 的木块，在水平面上与倔强系数 $k=20$ N/m 的轻弹簧碰撞，木块将弹簧由原长压缩了 0.4 m。假设木块与水平面间的滑动摩擦系数 $\mu_k=0.25$，问在将要发生碰撞时木块的速率 v 为多少？

35. 如图 1－A－35 所示，质量为 m 的小球系在倔强系数为 k 的轻弹簧一端，弹簧的另一端固定在 O 点。开始时弹簧在水平位置 A，处于自然状态，原长为 L_0。小球由位置 A 释放，下落到 O 点正下方位置 B 时，弹簧的长度为 L，求小球到达 B 点时的速度大小 v_B。

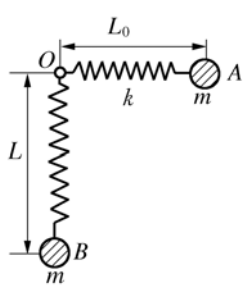


图 1－A－35

36. 质量 $m = 2$ kg 的物体沿 x 轴作直线运动，所受合外力 $F = 10 + 6x^2$ (SI)。如果在 $x = 0$ 处时速度 $v_0 = 0$，试求该物体运动到 $x = 4$ m 处时速度的大小。

37. 一物体按规律 $x = ct^2$ (SI) 在媒质中作直线运动，式中 c 为常量，t 为时间。设媒质对物体的阻力正比于速度的平方，阻力

系数为 k,试求物体由 $x=0$ 运动到 $x=1$ m 时,阻力所做的功。

38. 如图 1－A－38 所示,一质量为 m 的质点在 xOy 平面上运动,其位置矢量为:$\boldsymbol{r}=a\cos\omega t\boldsymbol{i}+b\sin\omega t\boldsymbol{j}$(SI),式中 a、b、ω 是正值常数,且 $a>b$。

(1) 求质点在 A 点(a, 0)和 B 点(0, b)时的动能;

(2) 求质点所受的作用力 F 以及当质点从 A 点运动到 B 点的过程中 F 的分力 F_x 和分力 F_y 分别做的功。

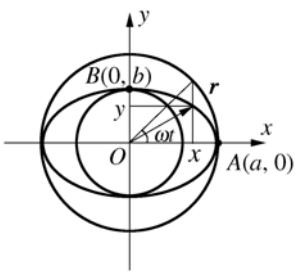


图 1－A－38

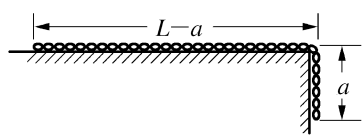


图 1－A－39

39. 如图 1－A－39 所示,一个总长为 L,质量为 m 的链条放在桌面上,并使其下垂,下垂一端的长度为 a。设链条与桌面之间的滑动摩擦系数为 μ,链条由静止开始运动。求:

(1) 到链条离开桌面的过程中,摩擦力对链条做了多少功?

(2) 链条离开桌面时的速率是多少?

40. 试就质点受变力作用而且做一般曲线运动的情况推导质点的动能定理,并说明定理的物理意义。

41. 如图 1－A－41 所示两块并排的木块 A 和 B,质量分别为 m_1 和 m_2,静止地放置在光滑的水平面上,一子弹水平地穿过两木块,设子弹穿过两木块所用的时间分别为 Δt_1 和 Δt_2,木块对子弹的阻力为恒力 F,试求子弹穿出后,木块 A、B 的速率。

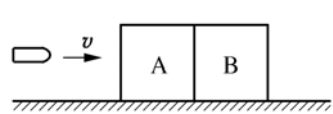


图 1－A－41

42. 一质点的运动轨迹如图 1－A－42 所示。已知质点的质量为 20 g，在 A、B 二位置处的速率都为 20 m/s，$\boldsymbol{v}_A$ 与 x 轴成 45°角，$\boldsymbol{v}_B$ 垂直于 y 轴，求质点由 A 点到 B 点这段时间内，作用在质点上外力的总冲量。

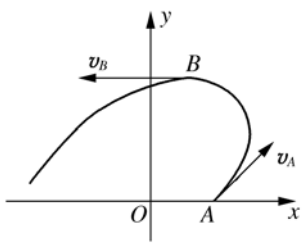


图 1－A－42

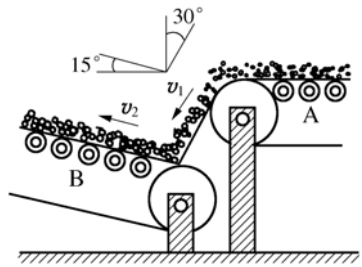


图 1－A－43

43. 如图 1－A－43，矿砂从传送带 A 落到另一传送带 B，其速度的大小 $v_1 = 4$ m/s，速度方向与竖直方向成 30°角，而传送带 B 与水平成 15°角，其速度的大小 $v_2 = 2$ m/s。如果传送带的运送量恒定，设为 $q = 2\,000$ kg/h，求矿砂作用在传送带 B 上的力的大小和方向。

44. 一质量均匀分布的柔软细绳铅直地悬挂着，绳的下端刚好触到水平桌面上。如果把绳的上端放开，绳将落在桌面上，试证明：在绳下落的过程中，任意时刻作用于桌面的压力，等于已落到桌面上的绳重量的 3 倍。

45. 如图 1－A－45，一质量为 m 的物体，位于质量可以忽略的直立弹簧正上方，高度为 h，该物体从静止开始落向弹簧，若弹簧的倔强系数为 k，不考虑空气阻力，求物体能获得的最大动能。

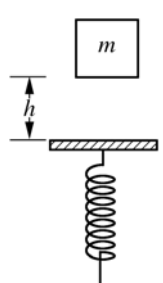


图 1－A－45

46. 一个轻质弹簧，竖直悬挂，原长为 L，今将一质量为 m 的物体挂在弹簧下端，并用手托

住物体使弹簧处于原长，然后缓慢地下放物体，使之到达平衡位置为止。试通过计算，比较在此过程中，系统的重力势能的减少量和弹性势能的增量的大小。

47. 一陨石质量为 m，从距地面高 h 处由静止开始落向地面，忽略空气阻力。设地球半径为 R，引力常数为 G，地球质量为 M。求：

(1) 陨石下落过程中，万有引力做的功是多少？

(2) 陨石落地的速度多大？

48. 如图 1－A－48 所示，倔强系数为 k 的弹簧，一端固定于墙上，另一端与一质量为 m_1 的木块 A 相接，A 又与质量为 m_2 的木块 B 用轻绳相连，整个系统放在光滑水平面上。然后以不变的力 F 向右拉 m_2，使 m_1 自平衡位置由静止开始运动，求木块 A、B 系统所受合外力为零时的速度，以及此过程中绳的拉力 T 对 m_1 所做的功，恒力 F 对 m_2 所做的功。

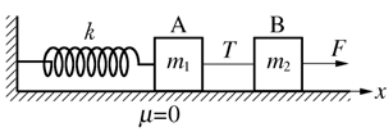


图 1－A－48

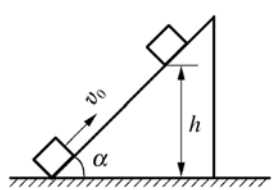


图 1－A－49

49. 一物体与斜面间的摩擦系数 $\mu = 0.2$，斜面固定，倾角 $\alpha = 45°$。现给予物体以初速率 $v_0 = 10\ \mathrm{m/s}$，使它沿斜面向上滑，如图 1－A－49 所示。求：

(1) 物体能够上升的最大高度 h；

(2) 该物体达到最高点后，沿斜面返回到原出发点时的速率。

50. 如图 1－A－50 所示在光滑水平面上有一弹簧，其一端固定于光滑的轴承 O 上，另一端拴一个质量为 $m = 2\ \mathrm{kg}$ 的小



图 1－A－50