

教材习题解答

第五章

曲线运动

第1节 曲线运动

教材课上思考答案

【思考与讨论】(P2)

砂轮打磨下来的炽热微粒、飞出去的链球都是沿着其运动轨迹的切线方向运动的。

【演示】(P3)

白纸上的墨迹总是沿着轨道(曲线)的切线方向。

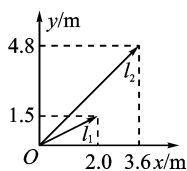
【演示】(P6)

磁铁给钢球侧面的力使钢球做曲线运动,且钢球轨迹总是向磁铁(力)的一侧弯曲。

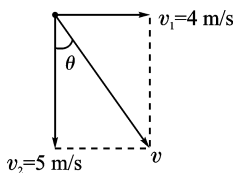
教材课后习题答案

【问题与练习】(P7)

1. 质点两次位移的草图如图所示. 根据勾股定理和三角函数的定义可得: $l_1 = 2.5 \text{ m}$, $l_2 = 6.0 \text{ m}$; $\theta_1 = \arctan(3/4)$, $\theta_2 = \arctan(4/3)$ 。

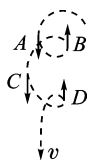


第1题图

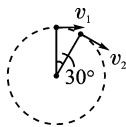


第2题图

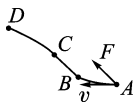
2. 根据题意, 无风时跳伞员着地的速度为 v_2 , 风的作用使他获得向东的速度 v_1 , 落地速度 v 为 v_2 、 v_1 的合速度, 如图所示, $v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = \sqrt{4^2 + 5^2} \text{ m/s} = 6.4 \text{ m/s}$, 与竖直方向的夹角为 θ , $\tan \theta = 0.8$, $\theta = 38.7^\circ$ 。
3. 如图所示, 在 A、C 位置头部的速度与入水速度 v 的方向相同; 在 B、D 位置头部的速度与入水速度 v 的方向相反。



第3题图



第4题图



第5题图

4. 汽车行驶半周, 速度方向改变 180° , 汽车每行驶 10 s , 速度方向改变 30° , 速度矢量示意图如图所示。
5. 如图所示, AB 段是曲线运动, BC 段是直线运动, CD 段是曲线运动。

第2节 平抛运动

教材课上思考答案

【做一做】(P10)

两个小球总是同时落地, 说明平抛运动竖直方向的分运动

是自由落体运动。

【说一说】(P12)

1. 图像所描述的是物体以与水平方向成 θ 角的初速度斜向上抛出后做斜抛运动。

水平初速度: $v_x = v_0 \cos \theta$, 竖直初速度: $v_y = v_0 \sin \theta$ 。

水平位移: $x = v_x t = v_0 t \cos \theta \cdots \cdots \textcircled{1}$,

竖直位移: $y = v_y t - \frac{1}{2} g t^2 = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2 \cdots \cdots \textcircled{2}$ (取竖直

向上为正方向),

联立①②得: $y = x \tan \theta - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2 \theta}$ 或 $y = x \tan \theta - \frac{g x^2}{2 v_0^2} \cdot (1 +$

$\tan^2 \theta)$, 即斜抛物体运动轨迹的表达式, 由数学知识可知, 斜抛物体的运动轨迹是一条抛物线。

在做斜抛运动的物体的轨迹方程中, 共有 v_0 、 θ 、 x 、 y 四个量, 这四个量中若已知三个, 便可求出第四个量。

2. 实际上由于空气阻力的影响, 射高也减小了, 轨迹不再是理论上的抛物线, 由于重力作用和空气阻力的影响, 使轨迹形成不均等的弧形。升弧较长而直伸, 降弧则较短而弯曲。这种实际的抛体运动曲线通常称为弹道曲线。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P12)

1. 由题可得 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 故 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.8}{10}} \text{ s} = 0.6 \text{ s}$, $v_0 =$

$\frac{x}{t} = \frac{0.9}{0.6} \text{ m/s} = 1.5 \text{ m/s}$ 。则每秒内从管口流出水的体积为

$V = SL = S \cdot v_0 t' = 2 \times 10^{-4} \times 1.5 \times 1 \text{ m}^3 = 3.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ 。

2. 零件在竖直方向运动的位移 $h = \frac{1}{2} g t^2$, 所以时间 $t =$

$\sqrt{2h/g} = \sqrt{\frac{2 \times 2.45}{9.8}} \text{ s} = 0.71 \text{ s}$, 在这段时间内水平运动的位

移 $s = v_0 t$, 所以速度 $v_0 = \frac{s}{t} = \frac{13.3}{0.71} \text{ m/s} = 18.7 \text{ m/s}$, 公路限速

$v' = 60 \text{ km/h} = 16.67 \text{ m/s}$, 因为 $v_0 > v'$, 所以该车超速行驶。

3. 让小球从斜面上某一位置 A 无初速度释放; 测量小球在地面上的落点 P 与桌子边沿的水平距离 x ; 测量小球在地面上的落点 P 与小球静止在水平桌面上时球心的竖直距离 y 。小球离开桌面的初速度为 $v = x \sqrt{\frac{g}{2y}}$ 。

4. (1) 把物体的运动分解成水平方向的匀加速直线运动和竖直方向的匀加速直线运动. 则 $v_x = a_x t$, $v_y = a_y t = g t$ 。

(2) $\begin{cases} y = \frac{1}{2} g t^2, \textcircled{1} \\ x = \frac{1}{2} a_x t^2 = \frac{F}{2m} t^2, \textcircled{2} \end{cases}$

联立①②得 $y = \frac{mg}{F} x$, 因 $\frac{mg}{F}$ 不变, 故

物体运动轨迹为直线。

第3节 实验:研究平抛运动

教材课后习题答案

【问题与练习】(P15)

1. 还需要的器材是刻度尺。

实验步骤:

(1) 调节木板高度,使木板上表面与小球离开水平桌面时的球心的距离为某一确定值 y 。

(2) 从斜面上某一位置 A 无初速度释放小球。

(3) 测量小球在木板上的落点 P_1 与铅垂线之间的距离 x_1 。

(4) 调节木板高度,使木板上表面与小球离开水平桌面时的球心的距离为某一确定值 $4y$ 。

(5) 从斜面上同一位置 A 无初速度释放小球。

(6) 测量小球在木板上的落点 P_2 与铅垂线之间的距离 x_2 。

(7) 比较 x_1 、 x_2 ,若 $2x_1 = x_2$,则说明小球在水平方向做匀速直线运动。

2. 改变墙与铅垂线之间的距离 x ,测量落点与抛出点之间的竖直距离 y ,若 $2x_1 = x_2$ 时,有 $4y_1 = y_2$,则说明小球在水平方向做匀速直线运动。

3. 假设桌面离地面高度为 0.8 m ,小球做平抛运动的时间为 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0.4\text{ s}$,故大约可得到6帧小球在空中的照片。

第4节 圆周运动

教材课上思考答案

【思考与讨论】(P16)

后轮和小齿轮同轴,有相同的角速度,由 $v' = \omega r$ 知,后轮半径大,边缘上的点的线速度大,运动得快;小齿轮与大齿轮用链条连接,有相同的线速度大小,故运动得一样快。

【思考与讨论】(P18)

砂轮转动时,砂轮上的各个砂粒在相等的时间内转过的角度 θ 相同,因而由 $\omega = \frac{\theta}{t}$,可判知各个砂粒的角速度相等。因为在转动过程中,各个砂粒做圆周运动的半径不都相同,在相等时间内通过的圆弧长度不都相等,因而线速度的大小不都相等。对于砂轮上运动半径相同的砂粒,我们还要考虑因线速度的方向不同,而引起的线速度不相等的情况。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P18)

- 位于赤道和位于北京的两个物体随地球自转做匀速圆周运动的角速度相等,都是 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2 \times 3.14}{24 \times 3600} \text{ rad/s} = 7.27 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$ 。位于赤道的物体随地球自转做匀速圆周运动的线速度 $v_1 = \omega R = 465.28 \text{ m/s}$ 。位于北京的物体随地球自转做匀速圆周运动的线速度 $v_2 = \omega R \cos 40^\circ = 356.43 \text{ m/s}$ 。
- 分针的周期为 $T_1 = 1\text{ h}$,时针的周期为 $T_2 = 12\text{ h}$ 。

(1) 分针与时针的角速度之比为 $\omega_1 : \omega_2 = \frac{2\pi}{T_1} : \frac{2\pi}{T_2} = T_2 : T_1 = 12 : 1$ 。

(2) 分针针尖与时针针尖的线速度之比为 $v_1 : v_2 = \omega_1 r_1 : \omega_2 r_2 = 72 : 5$ 。

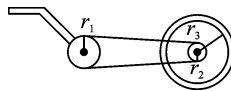
3. (1) A 、 B 两点的线速度相等,角速度与半径成反比。

(2) A 、 C 两点的角速度相等,线速度与半径成正比。

(3) B 、 C 两点的半径相等,线速度与角速度成正比。

4. 如图所示,需要测量 r_1 、 r_2 、 r_3 。自行车前进速度大小: $v =$

$$\omega_2 r_3 = \frac{v_2}{r_2} r_3 = \frac{v_1}{r_2} r_3 = \frac{\omega_1 r_1}{r_2} r_3 = \frac{2\pi r_1}{T r_2} r_3。$$



第4题图

5. 磁盘转动的周期为 $T = \frac{1}{120} \text{ s}$ 。

(1) 扫描每个扇区的时间 $t = \frac{T}{8 \times 192} = 1 \times 10^{-6} \text{ s}$ 。

(2) 每个扇区的字节数为512个,1 s内读取的字节数为 $1 \times 10^6 \times 512 \text{ 个} = 5.12 \times 10^8 \text{ 个}$ 。

第5节 向心加速度

教材课上思考答案

【思考与讨论】(P20)

例1:地球受到太阳对地球的吸引力,方向沿二者连线指向太阳;例2:小球受重力、支持力和绳的拉力作用,这几个力的合力指向图钉(即小球做匀速圆周运动的圆心)。

【思考与讨论】(P22)

(1) 在 $y = kx$ 这个关系式中, k 为定值, y 与 x 才成正比。

(2) B 、 C 两点共轴,角速度相同,根据 $a_n = \omega^2 r$,则向心加速度与半径成正比; A 、 B 两点线速度相同,根据 $a_n = \frac{v^2}{r}$,则向心加速度与半径成反比。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P22)

- A项,甲、乙的线速度相等时,由 $a = \frac{v^2}{r}$ 可知,半径小的向心加速度大,所以乙的向心加速度大。B项,甲、乙的周期相等时,由 $a = \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 可知,半径大的向心加速度大,所以甲的向心加速度大。C项,甲、乙的角速度相等时,由 $a = v\omega$ 可知,线速度大的向心加速度大,所以甲的向心加速度大。D项,甲、乙的线速度相等时,由 $a = v\omega$ 可知,角速度大的向心加速度大,由于在相同时间内甲与圆心的连线扫过的角度比乙的大,所以甲的角速度大,甲的向心加速度大。
- 月球的公转周期为 $T = 27.3 \times 24 \times 3600 \text{ s} = 2.36 \times 10^6 \text{ s}$ 。月球公转的向心加速度为: $a = \frac{4\pi^2}{T^2} r = \frac{4 \times \pi^2}{(2.36 \times 10^6)^2} \times 3.84 \times$

$$10^5 \text{ km/s}^2 = 2.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2。$$

3. (1) 电动机皮带轮与机器皮带轮边缘上的点线速度相等, 而角速度 $(\omega = \frac{v}{r})$ 与半径成反比, 转速与角速度成正比, 故 $n_1 : n_2 = r_2 : r_1 = 3 : 1。$

(2) A 点与机器皮带轮边缘上的点角速度相同, 由 $a_n = \omega^2 r$ 知, A 点的向心加速度是轮边缘上点的一半, 故 $a_{nA} = 0.05 \text{ m/s}^2。$

(3) 电动机皮带轮与机器皮带轮边缘上的点线速度相同, 由 $a_n = \frac{v^2}{r}$ 知, 电动机皮带轮边缘上的点的向心加速度 $a_n = 0.30 \text{ m/s}^2。$

4. A、B 两艘快艇做匀速圆周运动, 由于在相等的时间内, 它们通过的路程之比是 4 : 3, 所以它们的线速度之比为 4 : 3; 由于在相等的时间内, 它们运动方向改变的角度之比是 3 : 2, 所以它们的角速度之比为 3 : 2。由向心加速度公式 $a = v\omega$ 可知, 它们的向心加速度之比为 2 : 1。

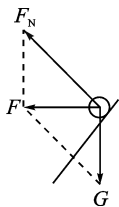
第 6 节 向心力

教材课后习题答案

【问题与练习】(P25)

1. 地球在太阳的引力作用下做匀速圆周运动, 设引力为 F 。地球的运动周期为 $T = 365 \times 24 \times 3\,600 \text{ s} = 3.15 \times 10^7 \text{ s}$ 。根据牛顿第二定律得: $F = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = 6.0 \times 10^{24} \times \frac{4 \times \pi^2}{(3.15 \times 10^7)^2} \times 1.5 \times 10^{11} \text{ N} = 3.58 \times 10^{22} \text{ N}。$

2. 小球在漏斗壁上的受力情况如图所示。小球所受的重力 G 、漏斗壁对小球的支持力 F_N 的合力 F 提供了小球做圆周运动的向心力。



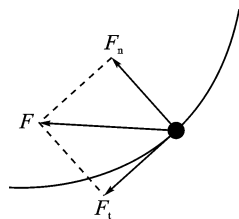
3. (1) 根据牛顿第二运动定律, 得

$$F = m\omega^2 r = 0.1 \times 4^2 \times 0.1 \text{ N} = 0.16 \text{ N}。$$

(2) 甲的意见是正确的。静摩擦力的方向与物体相对接触面的运动趋势方向相反。物体在随圆盘匀速转动的过程中, 相对圆盘有沿半径向外的运动趋势。

4. 设小球的质量为 m , 小球在最低点时钉子 A 与小球的距离为 r 。根据机械能守恒定律可知, 小球从一定高度下落时, 通过最低点的速度为定值, 设为 v 。小球通过最低点时做半径为 r 的圆周运动, 绳子的拉力 F_T 和重力 G 的合力提供向心力, 即: $F_T - G = m \frac{v^2}{r}$, 则 $F_T = G + m \frac{v^2}{r}$ 。在 G 、 m 、 v 一定的情况下, r 越小, F_T 越大, 即绳子承受的拉力越大, 绳子越容易断。

5. 汽车在行驶中速度越来越小, 所以汽车在轨迹的切线方向做减速运动, 切线方向所受合外力方向如图所示; 同时汽车做曲线运动, 必有向心加速度, 向心力如图中的 F_n 所示。汽车所受合外力 F 为 F_t 、 F_n 的合力, 如图中 F 所示。丙图正确。



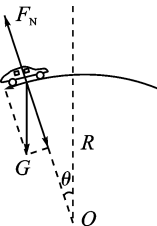
第 5 题图

第 7 节 生活中的圆周运动

教材课上思考答案

【说一说】(P28)

可以用上面的方法求解, 但要注意向心力的来源发生了变化。重力沿半径方向的分力和垂直桥面的支持力共同提供向心力。设此时汽车与圆心的连线和竖直方向的夹角为 θ , 则有 $mg \cos \theta - F_N = m \frac{v^2}{R}$, 所以 $F_N = mg \cos \theta - m \frac{v^2}{R}$, 桥面的支持力与夹角 θ 、车速 v 都有关。



【思考与讨论】(P28)

当汽车速度达到 $v = \sqrt{gR}$ 时 (代入数据计算可得 $v = 7.9 \times 10^3 \text{ m/s}$), 地面



对车的支持力是零, 这时汽车已经飞起来了。此时驾驶员与座椅间无压力。驾驶员、车都处于完全失重状态。驾驶员躯体各部分之间没有压力, 他会感到全身都飘起来了。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P29)

1. 螺丝钉做匀速圆周运动所需要的向心力 F 由转盘提供, 根据牛顿第三定律可知, 螺丝钉将给转盘向外的作用力, 转盘在这个力的作用下, 将对转轴产生作用力, 大小也是 F , 则 $F = m \times 4\pi^2 n^2 r = 0.01 \times 4 \times (3.14)^2 \times 1\,000^2 \times 0.2 \text{ N} = 78\,876.8 \text{ N}。$

2. 解法一: 假设汽车不发生侧滑, 由于静摩擦力提供向心力, 故向心力有最大值, 根据牛顿第二定律得: $F_f = m \frac{v^2}{r}$, 一定对应最大

$$\text{拐弯速度, 设为 } v_m, \text{ 则 } v_m = \sqrt{\frac{F_f r}{m}} = \sqrt{\frac{1.4 \times 10^4 \times 50}{2.0 \times 10^3}} \text{ m/s} =$$

$$18.71 \text{ m/s} = 67.356 \text{ km/h} < 72 \text{ km/h}, \text{ 所以, 如果汽车以 } 72 \text{ km/h} \text{ 的速度拐弯时, 将会发生侧滑。}$$

解法二: 假设汽车以 72 km/h 的速度拐弯时, 不发生侧滑, 所需向心力为 F , 根据牛顿第二定律得: $F = m \frac{v^2}{r} = 2.0 \times 10^3 \times$

$$\frac{20^2}{50} \text{ N} = 1.6 \times 10^4 \text{ N} > 1.4 \times 10^4 \text{ N}, \text{ 所以静摩擦力不足以提供}$$

所需的向心力, 即如果汽车以 72 km/h 的速度拐弯时, 将会发生侧滑。

3. (1) 汽车在桥顶部做圆周运动时, 重力 G 和支持力 F_N 的合力

提供向心力,即 $G - F_N = m \frac{v^2}{r}$, 汽车所受支持力 $F_N = G -$

$m \frac{v^2}{r} = \left(800 \times 9.8 - 800 \times \frac{5^2}{50} \right) \text{ N} = 7\,440 \text{ N}$, 根据牛顿第三

定律知,汽车对桥顶的压力大小也是 $7\,440 \text{ N}$ 。

(2) 根据题意,当汽车对桥顶没有压力,即 $F_N = 0$ 时,对应的

汽车速度: $v = \sqrt{\frac{Gr}{m}} = \sqrt{\frac{800 \times 9.8 \times 50}{800}} \text{ m/s} = 22.1 \text{ m/s} =$

79.6 km/h 。

(3) 汽车在桥顶部做圆周运动时,重力 G 和支持力 F_N 的合力

提供向心力,即 $G - F_N = m \frac{v^2}{r}$, 汽车所受支持力 $F_N = G -$

$m \frac{v^2}{r}$, 对于相同的行驶速度,拱桥圆弧的半径越大,桥面所受的

压力越大,汽车行驶越安全。

(4) 根据第(2)问的结论,得出对应的速度: $v_0 = \sqrt{\frac{GR}{m}} =$

$\sqrt{\frac{800 \times 9.8 \times 6\,400 \times 10^3}{800}} \text{ m/s} = 7.9 \times 10^3 \text{ m/s}$ 。

4. 小孩受两个力:重力与秋千板对她的支持力,则在最低点

$F_N - mg = \frac{mv^2}{r}$, 代入数值得 $F_N = 495 \text{ N}$, 根据牛顿第三定律,

小孩对秋千板的压力大小是 495 N , 方向竖直向下。

第六章

万有引力与航天

第1节 行星的运动

教材课后习题答案

【问题与练习】(P36)

1. 行星绕太阳的运动按圆形轨道处理,根据开普勒第三定律,

有: $\frac{r_{\text{地日}}^3}{T_{\text{地球公转}}^2} = \frac{r_{\text{火日}}^3}{T_{\text{火星公转}}^2}$, $T_{\text{火星公转}}^2 = \frac{r_{\text{火日}}^3}{r_{\text{地日}}^3} \cdot T_{\text{地球公转}}^2 = \frac{1.5^3}{1^3} \times (365$

天) 2 , $T_{\text{火星公转}} = \sqrt{1.5^3 \times 365} \text{ 天} \approx 671 \text{ 天}$ 。

2. 根据开普勒第二定律可知,卫星在近地点的速度较大,在远地点的速度较小。

3. 设通信卫星离地心的距离为 r_1 , 通信卫星绕地球运行的周期为 T_1 , 月心离地心的距离为 r_2 , 月球绕地球运行的周期为 T_2 。

根据开普勒第三定律,有 $\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}$, $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{T_1^2}{T_2^2}} = \sqrt{\frac{1^2}{27^2}} = \frac{1}{9}$ 。

4. 根据开普勒第三定律,有 $\frac{r_{\text{地日}}^3}{T_{\text{地球公转}}^2} = \frac{r_{\text{星日}}^3}{T_{\text{行星公转}}^2}$, $T_{\text{行星公转}}^2 = \frac{r_{\text{星日}}^3}{r_{\text{地日}}^3} \times$

$T_{\text{地球公转}}^2 = \left(\frac{18}{1} \right)^3 \times (1 \text{ 年})^2$, $T_{\text{行星公转}} = \sqrt{18^3} \text{ 年} \approx 76.4 \text{ 年}$, 则它

下次飞近地球的时间是 2062 年 。

第2节 太阳与行星间的引力

教材课上思考答案

【说一说】(P38)

如果要验证太阳与行星之间引力的规律是否适用于行星

与它的卫星,我们需要观测行星与卫星的距离、卫星公转的周期。这些数据表达的行星与卫星之间的引力大小应该同样遵从“平方反比”规律。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P39)

1. 这一节的讨论属于根据物体的运动探究它受的力。前一章平抛运动的研究属于根据物体的受力探究它的运动,而圆周运动的研究属于根据物体的运动探究它受的力。

2. 这个无法在实验室验证的规律就是开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$,

是开普勒根据研究天文学家第谷的行星观测记录发现的。

3. 假设月地距离为 r , 月球公转周期为 T , 则月球公转的向心加

速度为: $a = \frac{v^2}{r} = \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 \cdot \frac{1}{r}$, 可查得 $r = 3.8 \times 10^8 \text{ m}$, $T =$

27.3 天 , 代入上式可得 $a = 2.7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 。

这一数据约为 $g/3\,600$, 即月球公转的向心加速度约为地面附近自由落体加速度的 $1/3\,600$ 。

第3节 万有引力定律

教材课后习题答案

【问题与练习】(P41)

1. 假设两个人的质量都为 60 kg , 相距 1 m , 则他们之间的万有

引力可估算为: $F = G \frac{m^2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{60^2}{1^2} \text{ N} \approx 2.4 \times$

10^{-7} N 。这样小的力我们是无法察觉的, 所以我们通常分析物体受力时不需要考虑物体间的万有引力。

2. 根据万有引力定律, 得 $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times$

$\frac{2.0 \times 10^{40} \times 2.0 \times 10^{39}}{(5 \times 10^4 \times 3.0 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 3\,600)^2} \text{ N} = 1.19 \times 10^{28} \text{ N}$,

可见天体之间的万有引力是很大的。

3. $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times \frac{(7.1 \times 10^{-30})^2}{(1.0 \times 10^{-16})^2} \text{ N} = 3.4 \times 10^{-37} \text{ N}$ 。

第4节 万有引力理论的成就

教材课后习题答案

【问题与练习】(P43)

1. 在月球表面有 $G \frac{M_{\text{月}} m}{R_{\text{月}}^2} = mg_{\text{月}}$, 则 $g_{\text{月}} = G \frac{M_{\text{月}}}{R_{\text{月}}^2} = 6.67 \times 10^{-11} \times$

$\frac{7.3 \times 10^{22}}{(1.7 \times 10^3 \times 10^3)^2} \text{ m/s}^2 = 1.68 \text{ m/s}^2$ 。 $g_{\text{月}}$ 约为地球表面重力

加速度的 $\frac{1}{6}$ 。在月球上人感觉很轻。习惯在地球表面行走的人, 在月球表面行走时是跳跃前进的。

2. 对于质量为 m 的物体, 在地球表面有 $G \frac{M_{\text{地}} m}{R_{\text{地}}^2} = mg$, 则 $g =$

$\frac{GM_{\text{地}}}{R_{\text{地}}^2}$ 。对于质量不同的物体, 得到的结果是相同的, 即这个

结果与物体本身的质量 m 无关。又根据万有引力定律, 有 $G \frac{M_{\text{地}} m}{r^2} = mg$, 在高山, r 较大, 所以在高山上的重力加速度 g 值就较小。

3. 卫星绕地球做圆周运动的向心力由地球对卫星的万有引力提供, 有 $G \frac{mM}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$, 则地球质量 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = \frac{4\pi^2 \times (6.8 \times 10^6)^3}{6.67 \times 10^{-11} \times (5.6 \times 10^3)^2} \text{ kg} = 5.9 \times 10^{24} \text{ kg}$ 。
4. 对于绕木星运行的卫星, 有 $G \frac{M_{\text{木}} m}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 则 $M_{\text{木}} = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ 。需要测量的量有: 绕木星运行的卫星的公转周期 T 、绕木星运行的卫星的公转轨道半径 r 。

第5节 宇宙航行

教材课后习题答案

【问题与练习】(P48)

1. 神舟五号宇宙飞船绕地球运动的向心力由其受到地球的万有引力提供, 即 $G \frac{mM}{r^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r$, $r = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$, 其中 $T = \frac{24 \times 60 - (2 \times 60 + 37)}{14} \text{ min} = 91.64 \text{ min}$, 则 $r = \sqrt[3]{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6.0 \times 10^{24} \times (91.64 \times 60)^2}{4\pi^2}} \text{ m} = 6.7 \times 10^6 \text{ m}$ 。其距地面的高度为 $h = r - R = 6.7 \times 10^6 \text{ m} - 6.4 \times 10^6 \text{ m} = 3 \times 10^5 \text{ m} = 300 \text{ km}$ 。
2. 环绕地球表面做匀速圆周运动的人造卫星需要的向心力由地球对卫星的万有引力提供, 即 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$, $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ……①, 在地面上有 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$, 则 $GM = R^2 g$ ……②。联立①②得 $v = \sqrt{\frac{R^2 g}{R}} = \sqrt{Rg}$ 。
3. 设金星质量为 M_1 , 半径为 R_1 , 金星表面的自由落体加速度为 g_1 。在金星表面有 $G \frac{M_1 m}{R_1^2} = mg_1$ ……①, 设地球质量为 M_2 , 半径为 R_2 , 地球表面的自由落体加速度为 g_2 。在地球表面有 $G \frac{M_2 m}{R_2^2} = mg_2$ ……②。联立①②得 $g_1 = \frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{R_2^2}{R_1^2} \cdot g_2 = \frac{0.82}{1} \times \left(\frac{1}{0.95} \right)^2 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 8.9 \text{ m/s}^2$ 。 $G \frac{M_1 m}{R_1^2} = m \frac{v^2}{R_1}$, $v = \sqrt{\frac{GM_1}{R_1}} = \sqrt{R_1 g_1}$ ……③, $\frac{GM_2 m}{R_2^2} = m \frac{v_0^2}{R_2}$, $v_0 = \sqrt{\frac{GM_2}{R_2}} = \sqrt{R_2 g_2}$ ……④。联立③④得 $v = v_0 \sqrt{\frac{R_1 g_1}{R_2 g_2}} = \sqrt{0.95 \times \frac{8.9}{9.8}} \times 7.9 \text{ km/s} = 7.3 \text{ km/s}$ 。

第6节 经典力学的局限性

教材课后习题答案

【问题与练习】(P53)

1. 提示: 例如研究微观粒子的加速、碰撞及结构等问题时, 经典力学就不适用了。
2. 提示: v 在达到 $0.14c$ 时, m 相对 m_0 才会有 1% 的误差。

第七章

机械能守恒定律

第1节 追寻守恒量——能量

教材课后习题答案

【问题与练习】(P56)

做自由落体运动的物体在下落过程中, 势能不断减少, 动能不断增加, 在转化的过程中, 动能和势能的总和不变(忽略空气阻力的影响)。

第2节 功

教材课上思考答案

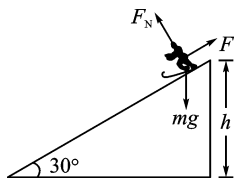
【做一做】(P59)

设物体在运动过程中受 n 个力 F_1, F_2, F_3, \dots 作用, 物体运动的位移为 l , F_1 与 l 夹角为 α_1 , F_2 与 l 的夹角为 α_2 , F_3 与 l 的夹角为 α_3, \dots , 在这个过程中, n 个力对物体做功的代数和 $W = F_1 l \cos \alpha_1 + F_2 l \cos \alpha_2 + F_3 l \cos \alpha_3 + \dots = l(F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 + F_3 \cos \alpha_3 + \dots)$ 。求这 n 个力的合力对物体做功时, 先将这些力沿位移和垂直位移方向分解, 再求出沿位移方向的合力, $F = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 + F_3 \cos \alpha_3 + \dots$, 这个方向合力做的功为 $W' = Fl = l(F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 + F_3 \cos \alpha_3 + \dots)$, 垂直于位移方向的合力不做功, 所以 n 个力对一个物体做功的代数和等于这 n 个力的合力对这个物体所做的功。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P59)

1. 图甲: $W = Fx \cos (180^\circ - 150^\circ) = 10 \times 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ J} = 17.32 \text{ J}$, 图乙: $W = Fx \cos (180^\circ - 30^\circ) = -10 \times 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ J} = -17.32 \text{ J}$, 图丙: $W = Fx \cos 30^\circ = 10 \times 2 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ J} = 17.32 \text{ J}$ 。
2. 物体被匀速提升时, 合力为 0, 钢绳对物体的拉力的大小等于物体所受的重力, 即 $F = G = 2 \times 10^4 \text{ N}$ 。钢绳拉力所做的功为 $W_1 = F s \cos 0^\circ = 2 \times 10^4 \times 5 \text{ J} = 1 \times 10^5 \text{ J}$ 。重力做的功为 $W_2 = G s \cos 180^\circ = -2 \times 10^4 \times 5 \text{ J} = -1 \times 10^5 \text{ J}$ 。物体克服重力所做的功为 $1 \times 10^5 \text{ J}$, 这些力做的总功为 0。
3. 如图所示, 滑雪运动员受到重力、支持力和阻力的作用, 运动员的位移为: $s = h / \sin 30^\circ = 20 \text{ m}$, 方向沿斜坡向下。所以重力做功: $W_G = mgh = 60 \times 10 \times 10 \text{ J} = 6.0 \times 10^3 \text{ J}$ 。支持力所做的功: $W_N = F_N s \cos 90^\circ = 0$ 。阻力所做的功: $W_f = F_f s \cos 180^\circ =$



第3题图

$-50 \times 20 \text{ J} = -1.0 \times 10^3 \text{ J}$ 。这些力所做的总功 $W_{\text{总}} = W_G + W_N + W_f = 5.0 \times 10^3 \text{ J}$ 。

4. 在这两种情况下,物体所受拉力相同,移动的位移也相同,所以拉力所做的功也相同,均为 7.5 J 。拉力做的功与是否有其他力作用在物体上没有关系,与物体的运动状态也没有关系。光滑水平面上,各个力对物体做的总功为 7.5 J 。粗糙水平面上,各个力对物体做的总功为 6.5 J 。

第3节 功率

教材课上思考答案

【做一做】(P61)

(1) 如果我们要表示瞬时功率与功、时间的关系,可从某瞬时开始取一段很短的时间 Δt ,在 Δt 内,力所做的功为 ΔW ,那么,这段很短时间内的平均功率 $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$,即可表示那一瞬时的功率。

(2) 物体在力 F 作用下运动,从某一瞬时开始,取一段很短的时间 Δt ,在 Δt 内,物体在力的方向上发生的位移为 Δl ,力所做的功 $\Delta W = F \cdot \Delta l$,在这段很短的时间内的平均功率 $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{F \Delta l}{\Delta t}$ 可表示这一瞬时的功率,而 $\frac{\Delta l}{\Delta t}$ 表示这一瞬时的速度 v ,所以得到瞬时速度与瞬时功率的关系 $P = Fv$ 。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P63)

1. 在货物匀速上升时,电动机对货物的作用力大小: $F = G = 2.7 \times 10^5 \text{ N}$,由 $P = Fv$,可得 $v = \frac{P}{F} = \frac{10 \times 10^3}{2.7 \times 10^5} \text{ m/s} = 3.7 \times 10^{-2} \text{ m/s}$ 。
2. 这台抽水机的输出功率: $P = \frac{W}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{30 \times 10 \times 10}{1} \text{ W} = 3 \times 10^3 \text{ W}$ 。它半小时能做的功 $W = Pt = 3 \times 10^3 \times 1800 \text{ J} = 5.4 \times 10^6 \text{ J}$ 。
3. 此人推导的前提不明确。当 F 增大,根据 $P = Fv$,推出 P 增大的前提应是 v 不变;从 $v = \frac{P}{F}$ 推出 P 增大,则 v 增大的前提是 F 不变;从 $F = \frac{P}{v}$ 推出 v 增大,则 F 减小的前提是 P 不变。
4. (1) 汽车的加速度减小,速度增大。因为,此后发动机在额定功率下运动,即 $P = F_{\text{牵}} v$, v 增大,则 $F_{\text{牵}}$ 减小,而 $a = \frac{F_{\text{牵}} - F}{m}$,所以加速度减小。
- (2) 当加速度减小到 0 时,汽车做匀速直线运动, $F_{\text{牵}} = F$,所以 $v = \frac{P}{F}$,此为汽车在功率 P 下行驶的最大速度。

第4节 重力势能

教材课上思考答案

【说一说】(P65)

不能。因为从概念建立的逻辑上讲,是因为认识了重力做功与路径无关后,才能引入重力势能的概念,如果重力对物体

所做的功与路径有关,那么在同一高度处,物体的重力势能不一定相同,所以此时不能把 mgh 叫作物体的重力势能。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P66)

1. 证明:设斜面高度为 h ,对应倾角为 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 的斜面长分别为 L_1, L_2, L_3 ,由功的公式可知,在倾角为 θ_1 的斜面,重力与位移的夹角为 $(\frac{\pi}{2} - \theta_1)$,重力所做的功 $W_G = mgL_1 \cdot \cos(\frac{\pi}{2} - \theta_1) = mgL_1 \sin \theta_1 = mgh$ 。同理可证,在倾角为 θ_2, θ_3 的斜面上,重力所做的功都等于 mgh ,与斜面的倾角无关。
2. (1) 足球由位置 1 运动到位置 2 时,重力所做的功为 $-mgh$,足球克服重力所做的功为 mgh ,足球的重力势能增加了 mgh 。
- (2) 足球由位置 2 运动到位置 3 时,重力所做的功为 mgh ,足球的重力势能减少了 mgh 。
- (3) 足球由位置 1 运动到位置 3 时,重力做功为零,重力势能变化为零。

【解析】重力势能的变化是与重力做功相对应的,重力做了多少功,重力势能就变化多少,即 $W_G = -\Delta E_p$ 。

3. (1) 如下表。

所选择的参考平面	小球在 A 点的重力势能	小球在 B 点的重力势能	整个下落过程中小球重力做的功	整个下落过程中小球重力势能的变化
桌面	5.88 J	-3.92 J	9.8 J	9.8 J
地面	9.8 J	0	9.8 J	9.8 J

(2) 如果下落时有空气阻力,表格中的数据不变。

【解析】重力势能跟零势能面的选取有关,而重力势能的变化跟重力做的功相对应,与零势能面的选取无关,重力做的功只跟物体位置的变化有关,与是否存在其他力无关。

4. A 正确,例如:物体在向上的拉力作用下,如果做匀加速直线运动,这时拉力的功大于重力势能的增加量,如果物体在做匀减速直线运动,这时拉力做的功小于重力势能的增加量;B 错误,物体匀速上升,拉力的大小等于重力,拉力做的功一定等于重力势能的增加量;C 错误,根据 $W_G = E_{p1} - E_{p2}$ 可知,重力做 -1 J 的功,物体重力势能的增加量一定为 1 J ;D 错误,重力做功只与起点和终点位置有关,与路径无关,A,B 两点的位置不变,从 A 点到 B 点的过程中,无论经过什么路径,重力做的功都是相同的。

第5节 探究弹性势能的表达式

第6节 实验:探究功与速度变化的关系

教材课上思考答案

【说一说】(P71)

由牛顿第二定律对重物: $mg - F = ma$,①,对小车: $F - \mu Mg = Ma$,②,①整理得 $F = \frac{M + \mu M}{M + m} G = \frac{1 + \mu}{1 + \frac{m}{M}} G$ 。当 M (即小车

质量)比(重物质量)大得多时,近似认为 $G=F$ 。

第7节 动能和动能定理

教材课上思考答案

【思考与讨论】(P74)

阻力对汽车做功,汽车的动能减少,减少的动能转化为内能,流散到周围的环境中。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P74)

$$1. A. m' = m, v' = 2v, E_k' = \frac{1}{2} m' v'^2 = \frac{1}{2} m (2v)^2 = 2mv^2 = 4E_k。$$

$$B. m' = 2m, v' = v, E_k' = \frac{1}{2} m' v'^2 = \frac{1}{2} (2m) v^2 = mv^2 = 2E_k。$$

$$C. m' = \frac{1}{2} m, v' = 4v, E_k' = \frac{1}{2} m' v'^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{m}{2} \right) \times (4v)^2 = 4mv^2 = 8E_k。 D. m' = 4m, v' = \frac{1}{2} v, E_k' = \frac{1}{2} m' v'^2 = \frac{1}{2} \times 4m \times \left(\frac{1}{2} v \right)^2 = \frac{1}{2} mv^2 = E_k。$$

$$2. W_1 = \Delta E_{k1} = \frac{1}{2} m \cdot \left[\left(\frac{20}{3.6} \text{ m/s} \right)^2 - \left(\frac{10}{3.6} \text{ m/s} \right)^2 \right], W_2 = \Delta E_{k2} = \frac{1}{2} m \left[\left(\frac{60}{3.6} \text{ m/s} \right)^2 - \left(\frac{50}{3.6} \text{ m/s} \right)^2 \right], \text{所以 } W_2 > W_1, \text{即后一种情况下做的功多。}$$

$$3. v_1 = 300 \text{ m/s}, v_2 = 100 \text{ m/s}, s = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}, m = 2 \text{ g} = 0.002 \text{ kg}, \text{设子弹运动的方向为正,则 } -F_f s = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2, \text{则 } -F_f \times 0.05 = \frac{1}{2} \times 0.002 \times (100^2 - 300^2), \text{解得 } F_f = 1600 \text{ N。因为子弹在穿过木板的过程中受到的阻力不是恒定值,所以只能求“平均”阻力。}$$

$$4. \text{根据动能定理,有 } W_{\text{总}} = E_{k2} - E_{k1}, \text{即 } mgh - F_f s = \frac{1}{2} mv_{\text{末}}^2 - 0, \text{代入数据,得 } 60 \times 10 \times 3.2 - 240 \times 6.5 = \frac{1}{2} \times 60 \times v_{\text{末}}^2, \text{解得: } v_{\text{末}} = \sqrt{12} \text{ m/s} = 2\sqrt{3} \text{ m/s。}$$

$$5. \text{选择从踢球到球上升到最高点为研究过程,在此过程中,运动员对足球做正功,重力对足球做负功,根据动能定理,有 } W_{\text{人}} - mgh = \frac{1}{2} mv^2, \text{所以 } W_{\text{人}} = \frac{1}{2} mv^2 + mgh = \frac{1}{2} \times 0.5 \times 20^2 \text{ J} + 0.5 \times 10 \times 10 \text{ J} = 150 \text{ J}, \text{即运动员踢球时对足球所做的功为 } 150 \text{ J。}$$

第8节 机械能守恒定律

教材课上思考答案

【思考与讨论】(P77)

重力所做的功只与物体初末位置的高度差有关,由题意知,两小球下落的高度相同,因此,在这两种情况下,重力所做的功相同,重力势能的变化相同,由动能定理知,小球在真空中自由下落时,重力做的功等于物体的动能变化,重力势能全部转化为动能。而在黏性较大的液体中,小球还受到阻力的作用,阻力对小球做负功,此情况下,小球的动能变化小于重力做

的功,重力势能有一部分转化为内能。

教材课后习题答案

【问题与练习】(P78)

$$1. (1) \text{小球由 } A \text{ 点到 } B \text{ 点,由动能定理,得: } mgh_1 - mgh_2 = \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2。$$

$$(2) \text{由上式变形,得 } mgh_1 + \frac{1}{2} mv_1^2 = mgh_2 + \frac{1}{2} mv_2^2, \text{即小球在 } A \text{ 点的机械能等于小球在 } B \text{ 点的机械能,机械能守恒。}$$

2. A项,飞船升空阶段,火箭推动力做正功,飞船机械能增加;D项,降落伞张开,返回舱下降过程中阻力做负功,机械能不守恒;B、C两项中,只有引力做功,没有机械能与其他形式能的转化,机械能守恒。

$$3. (1) \text{以地面为零势面,石块运动过程中机械能守恒,石块初状态的机械能 } E_1 = mgh + \frac{1}{2} mv_0^2, \text{末状态的机械能 } E_2 = 0 + \frac{1}{2} mv^2, \text{由机械能守恒定律,得 } E_1 = E_2, \text{即 } mgh + \frac{1}{2} mv_0^2 = \frac{1}{2} mv^2, \text{则 } v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{5^2 + 2 \times 10 \times 10} \text{ m/s} = 15 \text{ m/s。}$$

$$\text{由动能定理,得 } mgh = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2, \text{解得 } v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = 15 \text{ m/s。}$$

$$(2) \text{由 } v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} \text{ 可知, } v \text{ 与石块的质量无关,与石块的初速度有关,与石块初速度的仰角无关,与抛出时的高度有关。}$$

$$4. \text{根据题意,切断电动机的电源,车辆在运动过程中只有重力做功,机械能守恒,若车辆能冲上站台,此时车辆的动能 } E_k \text{ 至少要等于车辆在站台上的重力势能 } E_p。 \text{车辆冲上站台时的重力势能为 } E_p = mgh = 20m, \text{车辆断电时的动能为 } E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \times m \times 7^2 = 24.5m, \text{可见 } E_k > E_p, \text{车辆能冲上站台。}$$

$$\text{设车辆冲上站台的速度为 } v_1, \text{根据机械能守恒定律,得 } E_k = E_p + \frac{1}{2} mv_1^2, \text{即 } \frac{1}{2} mv_1^2 = E_k - E_p = 24.5m - 20m = 4.5m, \text{可得 } v_1 = 3 \text{ m/s。}$$

第9节 实验:验证机械能守恒定律

教材课后习题答案

【问题与练习】(P80)

1. (1) 由甲状态至乙状态的过程中,弹簧的弹性势能转化为小球的重力势能和动能,由乙状态至丙状态的过程中,小球的动能转化为小球的重力势能。

$$(2) \text{取甲状态小球所处的水平面为零势面,由于整个运动过程中机械能守恒,甲状态弹簧的弹性势能等于丙状态小球的重力势能,即 } E_p = mgh_{CA} = 0.2 \times 10 \times (0.1 + 0.2) \text{ J} = 0.6 \text{ J。}$$

$$\text{由状态乙至状态丙,小球的动能转化为重力势能,由机械能守恒定律,得 } E_k = mgh_{CB} = 0.2 \times 10 \times 0.2 \text{ J} = 0.4 \text{ J。}$$

$$2. \text{设小球的质量为 } m, \text{小球运动到圆轨道最高点时的速度大小为 } v, \text{受到圆轨道的压力为 } F_N。 \text{取小球在圆轨道最高点的平面为零势面。根据机械能守恒定律,得 } mg(h - 2R) = \frac{1}{2} mv^2,$$

根据牛顿第二定律,得 $F_N + mg = m \frac{v^2}{R}$,解得 $h = \frac{(mg + F_N)R}{2mg} +$

$2R$,由于 $F_N \geq 0$,所以 $h \geq \frac{5}{2}R$,即 h 至少为 $2.5R$ 。

3. (1) A. 让钢球自斜面上某一位置 P 无初速度释放。

B. 测量钢球在地面上的落点 M 与桌子边缘的水平距离 x 。

C. 测量钢球在地面上的落点 M 与水平桌面的竖直距离 y 。

由此可得 $t = \sqrt{\frac{2y}{g}}$ 。

在水平方向上, $x = v_0 t$,由以上两式得钢球离开桌面时的速度

为 $v_0 = x \sqrt{\frac{g}{2y}}$ 。

(2) 测量钢球在斜面上开始滚下的位置相对于水平桌面的高度 h ,取水平桌面为零势能面,则钢球开始的重力势能为 mgh 。

由机械能守恒定律得 $mgh = \frac{1}{2}mv_0'^2$,所以钢球到达桌面的速度 $v_0' = \sqrt{2gh}$ 。

代入测量的数据,就会发现 $v_0 < v_0'$ 。这是因为:①钢球滚到桌面时的动能除有沿水平方向的动能外,还有自身转动的动能,钢球的重力势能只有一部分转化为钢球沿水平方向的动能;②若考虑桌面的摩擦,则可得 v_0 与 v_0' 的关系,即 $v_0' > v_0$ 。

第10节 能量守恒定律与能源

教材课后习题答案

【问题与练习】(P82)

1. 电热器(如:电炒锅、电烙铁、电饭煲等)将电能转化为内能;白炽灯将电能转化为内能和光能;电动自行车将化学能转化为电能,进而又转化为机械能;摩托车将化学能转化为内能和机械能。

2. (1) 水流用于发电的流量为 $1.35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s} - 3\,500 \text{ m}^3/\text{s} = 10\,000 \text{ m}^3/\text{s}$,用于发电的水流功率为 $P_{\text{水}} = \frac{mgh}{t} = \frac{\rho Vgh}{t} = \frac{1.0 \times 10^3 \times 10\,000 \times 10 \times 100}{1} \text{ W} = 1 \times 10^{10} \text{ W}$,转化为电能的功率为 $P_{\text{电}} = P_{\text{水}} \times 20\% = 1 \times 10^{10} \times 0.2 \text{ W} = 2 \times 10^9 \text{ W}$ 。

(2) 设三口之家每户家庭的生活用电功率为 1 kW ,考虑到不是每家同时用 1 kW 的电,我们假设平均每家同时用电 0.5 kW ,则三峡发电站能供给 $2.0 \times 10^6 / 0.5 = 4 \times 10^6$ 户用电,人口数为 $3 \times 4 \times 10^6 \text{ 人} = 12 \times 10^6 \text{ 人}$,即可供 12 个百万人口的城市的生活用电。

3. 为了节约能源,从个人的角度讲,要节约用水,节约用电等;从社会的角度讲,一方面要大力支持节能产品的生产和应用,提高常规能源的利用率,另一方面,要积极开发新能源。