

第二章 质点动力学

一、简答题

1. 用一根细线吊一质量为 5kg 的重物，重物下再系一根同样的细线。若细线最多能承受 70N 的拉力。若用力突然向下拉下面的线，重物上下所系的绳哪个先断？若用力缓慢向下拉下面的线，重物上下所系的绳哪个先断？

答 若用力突然向下拉下面的线，重物的位置还来不及变化，所以下边的绳先断。若用力缓慢向下拉下面的线，重物上边的绳承受的力大（大小为手的拉力与重物重力的大小之和），所以上边的绳先断。

2. 一人躺在地上，身上压一块重石板，另一人用重锤猛击石板。但见石板碎裂，而下面的人毫无损伤。这是为什么？

答 重锤猛击石板，重锤对石板有很大的冲量作用（大小等于重锤的动量改变量），且作用时间很短，使石板受到很大的作用力，使石板碎裂。石板受到重锤作用，同时石板对其下的人产生冲量作用（大小等于石板的动量改变量），相比于重锤对石板有很大的冲量作用要小一些，且作用时间较长，所以人受到的力要小很多，因此下面的人毫无损伤。

3. 试述系统的动量守恒定律及其适用条件。分析系统的内力为什么不改变系统的总动量？

答 当系统不受外力作用或系统所受外力的矢量和为零时，系统的总动量保持不变。在系统不受外力作用或系统所受外力的矢量和为零时，系统内各质点还受到内力作用，而系统内的内力都是成对的，在系统中起到质点间相互传递动量的作用，一质点的动量减小，另一质点的动量增加，但系统总的动量不变。

4. 质点运动过程中，作用于质点的某力一直不作功，这是否说明该力在这一过程中对质点的运动没有任何影响？

答 质点运动过程中，作用于质点的某力一直不作功，不能说明该力在这一过程中对质点的运动没有任何影响。例如，质点作匀速圆周运动，质点所受的向心力对质点始终不作功，但其改变质点速度的方向。

5. 在匀速水平运动的车箱内悬吊一单摆，相对于车厢参考系，摆球的机械能是否守恒？相对于地面参考系，摆球的机械能是否守恒？

答 对小球和地球组成的系统进行研究，相对于车厢参考系，速度方向与绳的拉力方向垂直，拉力不作功，只有保守内力重力做功，机械能守恒。相对于地面参考系，速度方向与绳的拉力方向不垂直，拉力对小球做功，即外力做功不为零，系统机械能不守恒。

二、选择题

6. 对功的概念有以下几种说法：

- (1)保守力作正功时，系统内相应的势能增加。
- (2)质点运动经一闭合路径，保守力对质点作的功为零。
- (3)作用力和反作用力大小相等、方向相反，所以两者所作功的代数和必为零。

在上述说法中：

- (A) (1)、(2)是正确的
- (B) (2)、(3)是正确的
- (C) 只有(2)是正确的
- (D) 只有(3)是正确的

[C]

7. 一个质点同时在几个力作用下的位移为： $\Delta \vec{r} = 4\vec{i} - 5\vec{j} + 6\vec{k}$ (SI)，其中一个力为恒力 $\vec{F} = -3\vec{i} - 5\vec{j} + 9\vec{k}$ (SI)，则此力在该位移过程中所作的功为

- (A) 57 J
- (B) 17 J
- (C) 67 J
- (D) 91 J

[C]

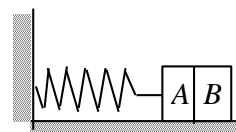
8. 在水平冰面上以一定速度向东行驶的炮车，向东南（斜向上）方向发射一炮弹，对于炮车和炮弹这一系统，在此过程中（忽略冰面摩擦力及空气阻力）

- (A) 总动量守恒
- (B) 总动量在炮身前进的方向上的分量守恒，其它方向动量不守恒
- (C) 总动量在水平面上任意方向的分量守恒，竖直方向分量不守恒
- (D) 总动量在任何方向的分量均不守恒

[C]

9. 一水平放置的轻弹簧，劲度系数为 k ，其一端固定，另一端系一质量为 m 的滑块 A，A 旁又有一质量相同的滑块 B，如图所示。设两滑块与桌面间无摩擦。若用外力将 A、B 一起推压使弹簧压缩量为 d 而静止，然后撤消外力，则 B 离开时的速度为

- (A) 0
- (B) $d\sqrt{\frac{k}{2m}}$
- (C) $d\sqrt{\frac{k}{m}}$
- (D) $d\sqrt{\frac{2k}{m}}$



[B]

10. 对于一个物体来说，在下列的哪种情况下系统的机械能守恒？

- (A) 合外力为 0
- (B) 合外力不作功
- (C) 外力和非保守内力都不做功
- (D) 外力和保守内力都不做功

[C]

11. 一子弹以水平速度 v_0 射入一静止于光滑水平面上的木块后，随木块一起运动。对于这一过程正确的分析是

- (A) 子弹、木块组成的系统机械能守恒

- (B) 子弹、木块组成的系统水平方向的动量守恒
 (C) 子弹所受的冲量等于木块所受的冲量
 (D) 子弹动能的减少等于木块动能的增加

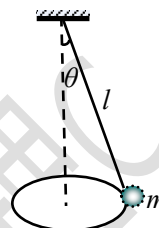
[B]

三、填空题

12. 一圆锥摆摆长为 l 、摆锤质量为 m ，在水平面上作匀速圆周运动，摆线与铅直线夹角 θ ，则

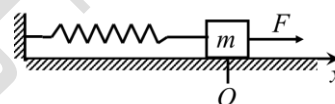
(1) 摆线的张力 $T = \underline{mg / \cos \theta}$;

(2) 摆锤的速率 $v = \underline{\sin \theta \sqrt{gl / \cos \theta}}$ 。

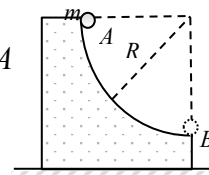


13. 如图所示，劲度系数为 k 的弹簧，一端固定在墙壁上，另一端连一质量为 m 的物体，物体在坐标原点 O 时弹簧长度为原长。物体与桌面间的摩擦系数为 μ 。若物体在不变的外力 F 作用下向右移动，则物体

到达最远位置时系统的弹性势能 $E_P = \underline{\frac{2(F - \mu mg)^2}{k}}$ 。

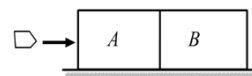


14. 如图，一个质量为 $m=2\text{kg}$ 的物体，从静止开始沿 $1/4$ 圆弧从 A 滑到 B 。在 B 点速度的大小为 $v=6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，已知圆半径 $R=4\text{m}$ 。则物体从 A 到 B 的过程中摩擦力所做的功为 -42.4J。



15. 质量为 m 的物体，初速极小，在外力作用下从原点起沿 x 轴正向运动。所受外力方向沿 x 轴正向，大小为 $F=kx$ 。物体从原点运动到坐标为 x_0 的点的过程中所受外力冲量的大小为 $\sqrt{mkx_0^2}$ 。

16. 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 ，则



子弹穿出后，木块 A 的速度大小为 $\underline{\frac{F\Delta t_1}{m_1 + m_2}}$ ，木块 B 的速度大小为

$\underline{\frac{F\Delta t_1}{m_1 + m_2} + \frac{F\Delta t_2}{m_2}}$ 。

四、计算题

17. (教材 2-2 题) 质量 $m=2.0\text{kg}$ 的匀质细绳，长为 $L=1.0\text{m}$ ，两端分别连接重物 A 和 B ， $m_A=8.0\text{kg}$ ， $m_B=5.0\text{kg}$ ，今在 B 物上施以大小为 $F=180\text{N}$ 的向上的拉

力，使绳中距离 A 端为 x 处绳中的张力 $F_T(x)$ 的大小。

解：如图，以 A、B 以及绳子整体为研究对象，这个系统所受合力沿竖直方向，假设该系统向上运动的加速度大小为 a ，则

$$\text{对系统有 } F_T(m_A + m_B + m) = a$$

$$\text{对 A 物体有, } F_{T0} - m_A g = m_A a$$

$$\text{对绳子上的质元 } dm \text{ 有 } (F_T + dF_T) - F_T - dm \cdot g = dm \cdot a$$

$$dm = \frac{m}{L} dx$$

$$\text{联立以上四个式子, 有 } a = \frac{F}{m_A + m_B + m} - g = 2.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

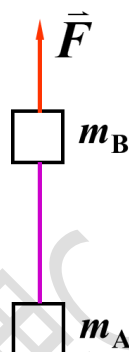
$$F_{T0} = m_A(a + g) = 96 \text{ N}$$

$$dF_T = \frac{m}{L}(a + g) \cdot dx$$

$$\text{所以 } \int_{F_{T0}}^{F_T} dF_T = \frac{m}{L}(a + g) \int_0^x dx$$

$$F_T - F_{T0} = \frac{m}{L}(a + g)x = 24x$$

$$\text{即距离 A 端为 } x \text{ 处绳中的张力为 } F_T(x) = 96 + 24x(\text{SI})$$



18. (教材 2-9 题) 图中 A 为定滑轮, B 为动滑轮, 三个物体 $m_1=200\text{g}$, $m_2=100\text{g}$, $m_3=50\text{g}$, 滑轮及绳的质量以及摩擦均忽略不计。求: (1) 每个物体的加速度; (2) 两根绳子的张力 T_1 与 T_2 。

分析 本题对个物体受力分析, 列方程求解各物体的加速度。问题的关键, 滑轮及绳的质量以及摩擦均忽略不计时, 绳的张力大小处处相等, 同时绳两端的物体加速度大小也相等。

解 (1) 以地面为参考系, 以竖直向下为正方向, 设三物体的加速度分别为 a_1 , a_2 和 a_3 , a' 表示 m_2 , m_3 相对滑轮 B 的加速度, 各物体的受力分析如图 2-16 所示, 由牛顿第二定律得

$$m_1 g - T_1 = m_1 a_1$$

$$m_2 g - T_2 = m_2 a_2 \quad (2)$$

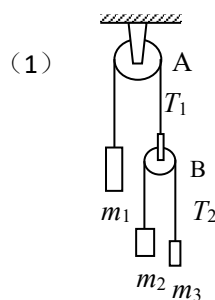
$$-T_2 + m_3 g = -m_3 a_3 \quad (3)$$

由于滑轮的质量忽略, 所以

$$T_1 = 2T_2 \quad (4)$$

各物体的加速度间有如下关系

$$a_2 = a' - a_1, -a_3 = -a' - a_1 \quad (5)$$



题 2-9 图

由上几式得

$$a_1 = \frac{m_1 m_2 + m_1 m_3 - 4m_2 m_3}{m_1 m_2 + m_1 m_3 + 4m_2 m_3} g$$

$$= \frac{0.2 \times 0.1 + 0.2 \times 0.05 - 4 \times 0.1 \times 0.05}{0.2 \times 0.1 + 0.2 \times 0.05 + 4 \times 0.1 \times 0.05} \times 9.8$$

$$= 1.96 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

方向向下。

$$T_1 = m_1(g - a_1) = 0.2 \times (9.8 - 1.96) = 1.57 \text{ N}$$

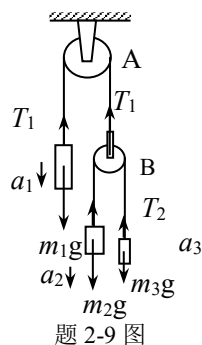
$$T_2 = \frac{1}{2} T_1 = 0.785 \text{ N}$$

$$a_2 = \frac{m_2 g - T_2}{m_2} = \frac{0.1 \times 9.8 - 0.785}{0.1} = 1.95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

方向向下。

$$a_3 = -\frac{m_3 g - T_2}{m_3} = -\frac{0.05 \times 9.8 - 0.785}{0.05} = 5.9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

方向向上。



19. (教材 2-18 题) 一质量为 0.5kg 的球, 系在长为 1m 的轻绳的一端, 绳不能伸长, 绳的另一端固定在横梁上。移动小球, 使绳与竖直方向成 30° 角, 然后放手让它从静止开始运动, 求:

(1) 在绳索从 30° 角到 0° 角的过程中, 重力和张力所做的功。

(2) 物体在最低位置时的动能和速率。

(3) 在最低位置时的张力。

解: (1) 重力做功等于系统重力势能的增量。如图所示, 以最低点处为重力势能零点, 有

$$A_g = mgl(1 - \cos \theta) = 0.67 \text{ J}$$

$$A_{F_T} = \int \vec{F}_T \cdot d\vec{l} = \int F_T \cos \frac{\pi}{2} \cdot dl = 0 \text{ J}$$

(2) 小球和绳子组成的系统只有重力做功, 系统的机械能守恒, 有

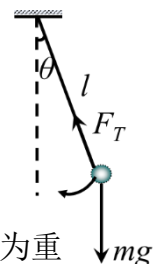
$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = A_g = 0.67 \text{ J}$$

$$v = \sqrt{\frac{2A_g}{m}} = 1.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

(3) 小球做圆周运动, 根据牛顿运动定律可得

$$F_T - mg = mv^2 / l$$

$$\text{所以 } F_T = mg + mv^2 / l = 6.18 \text{ N}$$



20. (教材 2-19 题) 一吊车底板上放一质量为 10kg 的物体, 若吊车底板加速上升。加速度大小为 $a=3+5t$ (SI 单位), 求 2s 内吊车底板给物体的冲量大小及物体动量的增量为多少?

解: $a = 3 + 5t = \frac{dv}{dt}$, 所以 $\int_0^v dv = \int_0^t (3 + 5t) dt$, $v = 3t + \frac{5}{2}t^2$

故 $t=2\text{s}$ 时, $v_{t=2} = 16\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, 所以 2s 内物体动量的增量为:

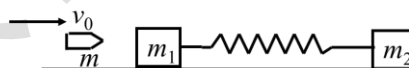
$$\Delta p = mv_{t=2} - 0 = 160\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$$

21. (教材 2-30 题) 质量分别为 m_1 、 m_2 的两木块 A 和 B 用劲度系数为 k 的轻弹簧相连, 静止放在光滑水平面上。今有质量为 m 的子弹以水平初速度 v_0 入射木块 A 并嵌入其中。设子弹射入过程时间极短, 求弹簧的最大压缩长度。

解: 子弹与木块在入射前后系统水平方向上动量守恒, 即

$$mv_0 = (m + m_1)v_{10}$$

故 $v_{10} = \frac{mv_0}{m + m_1}$



式子中, v_{10} 是子弹射入后 m 与 m_1 的共同速度。

碰撞后, $(m+m_1)$ 、 m_2 、弹簧构成的系统机械能守恒、动量守恒、弹簧到达最大压缩时, $(m+m_1)$ 与 m_2 的速度相同, 由系统动量守恒得

$$mv_0 = (m + m_1 + m_2)v$$

由机械能守恒得

$$\frac{1}{2}(m + m_1)v_{10}^2 = \frac{1}{2}(m + m_1 + m_2)v^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

整理以上三式子得 $x = mv_0 \sqrt{\frac{m_2}{(m + m_1)(m + m_1 + m_2)k}}$