

部分物理常量

引力常量	$G=6.67 \times 10^{-11} \text{N}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$	中子质量	$m_n=1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$
重力加速度	$g=9.8 \text{m/s}^{-2}$	质子质量	$m_p=1.67 \times 10^{-27} \text{kg}$
阿伏伽德罗常量	$N_A=6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$	元电荷	$e=1.60 \times 10^{-19} \text{C}$
摩尔气体常量	$R=8.31 \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	真空中电容率	$\epsilon_0=8.85 \times 10^{-12} \text{C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
标准大气压	$1 \text{atm}=1.013 \times 10^5 \text{Pa}$	真空中磁导率	$\mu_0=4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}=1.26 \times 10^{-6} \text{H/m}$
玻耳兹曼常量	$k=1.38 \times 10^{-23} \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$	普朗克常量	$h=6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$
真空中光速	$c=3.00 \times 10^8 \text{m/s}$	维恩常量	$b=2.897 \times 10^{-3} \text{mK}$
电子质量	$m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$	斯特藩-玻尔兹常量	$\sigma=5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

说明：字母为黑体者表示矢量

练习一 描述运动的物理量

一. 选择题

1. 一质点沿 x 轴作直线运动, 其 $v-t$ 曲线如图 1.1 所示, 如 $t=0$ 时, 质点位于坐标原点, 则 $t=4.5\text{s}$ 时, 质点在 x 轴上的位置为

- (A) 0.
- (B) 5m.
- (C) 2m.
- (D) -2m.
- (E) -5m.

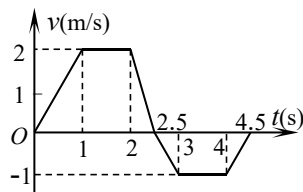


图 1.1

2. 一质点在平面上运动, 已知质点位置矢量的表达式为 $\mathbf{r} = a t^2 \mathbf{i} + b t^2 \mathbf{j}$ (其中 a 、 b 为常量), 则该质点作

- (A) 匀速直线运动.
- (B) 变速直线运动.
- (C) 抛物线运动.
- (D) 一般曲线运动.

3. 一质点作直线运动, 某时刻的瞬时速度为 $v=2\text{m/s}$, 瞬时加速度为 $a=-2\text{m/s}^2$, 则一秒钟后质点的速度

- (A) 等于零.
- (B) 等于 -2m/s .
- (C) 等于 2m/s .
- (D) 不能确定.

4. 一质点在平面上作一般曲线运动, 其瞬时速度为 $\mathbf{v}$, 瞬时速率为 v , 某一段时间内的平均速度为 $\bar{\mathbf{v}}$, 平均速率为 $\bar{v}$, 它们之间的关系必定有

- (A) $|\mathbf{v}| = v, \quad |\bar{\mathbf{v}}| = \bar{v}.$

(B) $|\mathbf{v}| \neq v, \overline{|\mathbf{v}|} = \bar{v}.$

(C) $|\mathbf{v}| \neq v, \overline{|\mathbf{v}|} \neq \bar{v}.$

(D) $|\mathbf{v}| = v, \overline{|\mathbf{v}|} \neq \bar{v}.$

5. 质点作半径为 R 的变速圆周运动时, 加速度大小为(v 表示任一时刻质点的速率)

(A) $dv/dt.$

(B) $v^2/R.$

(C) $dv/dt + v^2/R.$

(D) $[(dv/dt)^2 + (v^4/R^2)]^{1/2}.$

二. 填空题

1. 悬挂在弹簧上的物体在竖直方向上振动, 振动方程为 $y = A \sin \omega t$, 其中 A 、 ω 均为常量, 则

(1) 物体的速度与时间的函数关系为_____;

(2) 物体的速度与坐标的函数关系为_____.

2. 在 x 轴上作变加速直线运动的质点, 已知其初速度为 v_0 , 初始位置为 x_0 加速度为 $a = Ct^2$ (其中 C 为常量), 则其速度与时间的关系 $v =$ _____, 运动方程为 $x =$ _____.

3. 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 1.2 所示. 则他的头顶在地上的影子 M 点沿地面移动的速度 $v_M =$ _____.

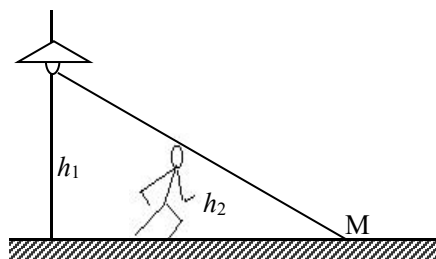


图 1.2

三. 计算题

1. 一质点从静止开始作直线运动, 开始加速度为 a , 此后加速度随时间均匀增加, 经过时间 τ 后, 加速度为 $2a$, 经过时间 2τ 后, 加速度为 $3a$, ... 求经过时间 $n\tau$ 后该质点的加速度和走过的距离.

四. 证明题

1. 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 $dv/dt = -kv^2$, 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

$$v = v_0 e^{-kx}$$

其中 v_0 是发动机关闭时的速度.

练习二 圆周运动 相对运动

一. 选择题

1. 一小球沿斜面向上运动, 其运动方程为 $s = 5 + 4t - t^2$ (SI), 则小球运动到最高点的时刻是

(A) $t = 4s.$

(B) $t = 2s.$

(C) $t = 8s.$

(D) $t = 5s.$

2.一物体从某高度以 v_0 的速度水平抛出,已知它落地时的速度为 v_t ,那么它运动的时间是

- (A) $(v_t - v_0)/g$.
- (B) $(v_t - v_0)/(2g)$.
- (C) $(v_t^2 - v_0^2)^{1/2}/g$.
- (D) $(v_t^2 - v_0^2)^{1/2}/(2g)$.

3.如图 2.1,质量为 m 的小球,放在光滑的木版和光滑的墙壁之间,并保持平衡.设木版和墙壁之间的夹角为 α ,当 α 增大时,小球对木版的压力将

- (A) 增加.
- (B) 减少.
- (C) 不变.
- (D) 先是增加,后又减少,压力增减的分界角为 $\alpha = 45^\circ$.

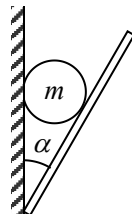


图 2.1

4.质点沿半径为 R 的圆周作匀速率运动,每 t 时间转一周,在 $2t$ 时间间隔中,其平均速度大小与平均速率大小分别为

- (A) $2\pi R/t$, $2\pi R/t$.
- (B) 0 , $2\pi R/t$.
- (C) 0 , 0 .
- (D) $2\pi R/t$, 0 .

5.质点作曲线运动, r 表示位置矢量, s 表示路程, a_t 表示切向加速度,下列表达式中,

- (1) $dv/dt = a$;
- (2) $dr/dt = v$;
- (3) $ds/dt = v$;
- (4) $|dv/dt| = a_t$.

正确的是

- (A) 只有(1)、(4)是正确的.
- (B) 只有(2)、(4)是正确的.
- (C) 只有(2)是正确的.
- (D) 只有(3)是正确的.

二. 填空题

1.如图 2.2,一质点 P 从 O 点出发以匀速率 1cm/s 作顺时针转向的圆周运动,圆的半径为 1m ,如图所示,当它走过 $2/3$ 圆周时,走过的路程是_____,这段时间内的平均速度大小为_____,方向是_____.

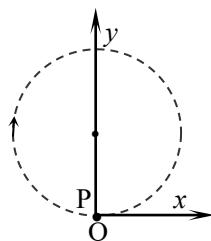


图 2.2

2.一质点沿半径为 R 的圆周运动,在 $t = 0$ 时经过 P 点,此后它的速率 v 按 $v = A + Bt$ (A 、 B 为正的已知常量)变化,则质点沿圆周运动一周再经过 P 点时的切向加速度 $a_t =$ _____,法向加速度 $a_n =$ _____.

3.以一定初速度斜向上抛出一个物体,如果忽略空气阻力,当该物体的速度 v 与水平面的夹角为 θ 时,它的切向加速度 a_t 的大小为 $a_t =$ _____,法向加速度 a_n 的大小为 $a_n =$ _____.

三. 计算题

1. 一质点以相对于斜面的速度 $v=(2gy)^{1/2}$ 从其顶端沿斜面下滑, 其中 y 为下滑的高度. 斜面倾角为 α , 在地面上以水平速度 u 向质点滑下的前方运动, 求质点下滑高度为 h 时, 它对地速度的大小和方向.

2. 如图 2.3 所示, 质点 P 在水平面内沿一半径为 $R=2\text{m}$ 的圆轨道转动. 转动的角速度 ω 与时间 t 的关系为 $\omega = kt^2$ (k 为常量), 已知 $t=2\text{s}$ 时质点 P 的速度为 32m/s . 试求 $t=1\text{s}$ 时, 质点 P 的速度与加速度的大小.

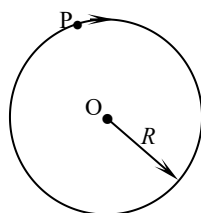


图 2.3

练习三 牛顿运动定律

一. 选择题

1. 如图 3.1 所示, 一只质量为 m 的猴, 原来抓住一根用绳吊在天花板上的质量为 M 的直杆, 悬线突然断开, 小猴则沿杆子竖直向上爬以保持它离地面的高度不变, 此时直杆下落的加速度为

- (A) g .
- (B) mg/M .
- (C) $(M+m)g/M$.
- (D) $(M+m)g/(M-m)$.
- (E) $(M-m)g/M$.

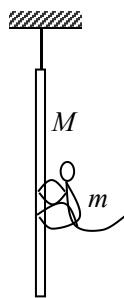


图 3.1

2. 如图 3.2 所示, 竖立的圆筒形转笼, 半径为 R , 绕中心轴 OO' 转动, 物块 A 紧靠在圆筒的内壁上, 物块与圆筒间的摩擦系数为 μ , 要使物块 A 不下落, 圆筒的角速度 ω 至少应为

- (A) $\sqrt{\mu g/R}$.
- (B) $\sqrt{\mu g}$.
- (C) $\sqrt{g/(\mu R)}$.
- (D) $\sqrt{g/R}$.

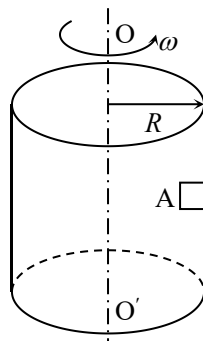


图 3.2

3. 已知水星的半径是地球半径的 0.4 倍, 质量为地球的 0.04 倍, 设在地球上的重力加速度为 g , 则水星表面上的重力加速度为

- (A) $0.1g$.
- (B) $0.25g$.
- (C) $4g$.
- (D) $2.5g$.

4. 如图 3.4 所示, 假使物体沿着铅直面上圆弧轨道下滑, 轨道是光滑的, 在从 A 至 C 的下滑过程中, 下面哪种说法是正确的?

- (A) 它的加速度方向永远指向圆心.
- (B) 它的速率均匀增加.
- (C) 它的合外力大小变化, 方向永远指向圆心.

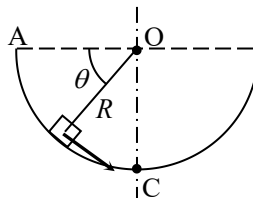


图 3.4

(D) 它的合外力大小不变.

(E) 轨道支持力大小不断增加.

5.如图 3.5 所示,一光滑的内表面半径为 10cm 的半球形碗,以匀角速度 ω 绕其对称轴旋转,已知放在碗内表面上的一个小球 P 相对碗静止,其位置高于碗底 4cm,则由此可推知碗旋转的角速度约为

(A) 13rad/s.

(B) 17rad/s.

(C) 10 rad/s.

(D) 18rad/s.

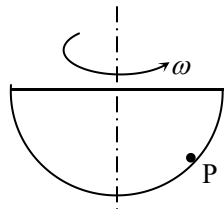


图 3.5

二. 填空题

1.一架轰炸机在俯冲后沿一竖直面内的圆周轨道飞行,如图 3.6 所示,如果飞机的飞行速率为一恒值 $v=640\text{km/h}$,为使飞机在最低点的加速度不超过重力加速度的 7 倍($7g$),则此圆周轨道的最小半径 $R=$ _____,若驾驶员的质量为 70kg,在最小圆周轨道的最低点,他的视重(即人对坐椅的压力) $N'=$ _____.

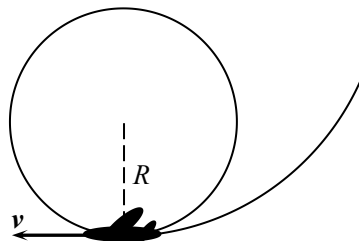
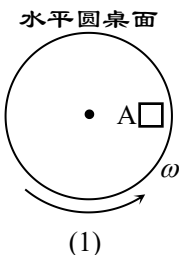


图 3.6

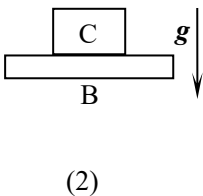
2.画出图 3.7 中物体 A、B 的受力图:

(1) 在水平圆桌面上与桌面一起作匀速转动的物体 A;



(1)

(2) 和物体 C 叠放在一起自由下落的物体 B.



(2)

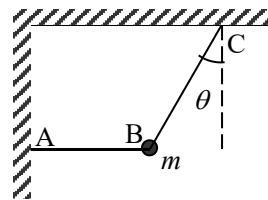


图 3.8

3.质量为 m 的小球,用轻绳 AB、BC 连接,

图 3.7

如图 3.8. 剪断 AB 前后的瞬间,绳 BC 中的张力比 $T : T' =$ _____.

三. 计算题

1.如图 3.9, 绳 CO 与竖直方向成 30° , O 为一定滑轮,物体 A 与 B 用跨过定滑轮的细绳相连,处于平衡态.已知 B 的质量为 10kg,地面对 B 的支持力为 80N,若不考虑滑轮的大小求:

(1) 物体 A 的质量;

(2) 物体 B 与地面的摩擦力;

(3) 绳 CO 的拉力.

(取 $g=10\text{m/s}^2$)

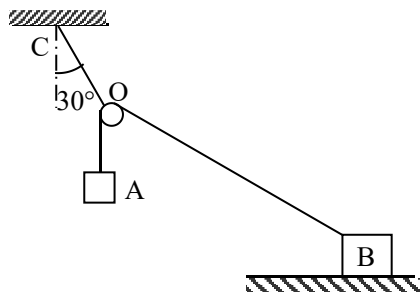


图 3.9

2.飞机降落时的着地速度大小 $v_0=90\text{km/h}$, 方向与地面平行,飞机与地面间的摩擦系数 $\mu=0.10$, 迎面空气阻力为 $C_x v^2$, 升力为 $C_y v^2$ (v 是飞机在跑道上的滑行速度, C_x 和 C_y 均为常数), 已知飞机的升阻比 $K=C_y/C_x=5$, 求从着地到停止这段时间所滑行的距离(设飞机刚着地时对地面无压力) .

练习四 动量定理 功

一. 选择题

1. 质量为 m 的铁锤竖直落下, 打在木桩上并停下, 设打击时间为 Δt , 打击前铁锤速率为 v , 则在打击木桩的时间内, 铁锤所受平均合外力的大小为

- (A) $mv/\Delta t$.
- (B) $mv/\Delta t - mg$.
- (C) $mv/\Delta t + mg$.
- (D) $2mv/\Delta t$.

2. 粒子 B 的质量是粒子 A 的质量的 4 倍, 开始时粒子 A 的速度为 $(3\mathbf{i} + 4\mathbf{j})$, 粒子 B 的速度为 $(2\mathbf{i} - 7\mathbf{j})$, 由于两者的相互作用, 粒子 A 的速度变为 $(7\mathbf{i} - 4\mathbf{j})$, 此时粒子 B 的速度等于

- (A) $\mathbf{i} - 5\mathbf{j}$.
- (B) $2\mathbf{i} - 7\mathbf{j}$.
- (C) 0.
- (D) $5\mathbf{i} - 3\mathbf{j}$.

3. 一质量为 M 的斜面原来静止于光滑水平面上, 将一质量为 m 的木块轻轻放于斜面上, 如图 4.1. 如果此后木块能静止于斜面上, 则斜面将

- (A) 保持静止.
- (B) 向右加速运动.
- (C) 向右匀速运动.
- (B) (D) 向左加速运动.

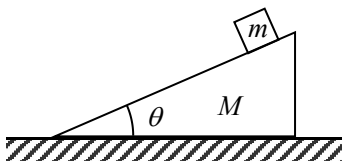


图 4.1

4. 如图 4.2 所示, 圆锥摆的摆球质量为 m , 速率为 v , 圆半径为 R , 当摆球在轨道上运动半周时, 摆球所受重力冲量的大小为

- (A) $2mv$.
- (B) $\sqrt{(2mv)^2 + (mg\pi R/v)^2}$.
- (C) $\pi Rmg/v$.
- (D) 0.

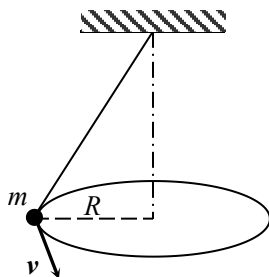


图 4.2

5. 如图 4.3 所示, 一斜面固定在卡车上, 一物块置于该斜面上, 在卡车沿水平方向加速起动的过程中, 物块在斜面上无相对滑动, 说明在此过程中摩擦力对物块的冲量

- (A) 水平向前.
- (B) 只可能沿斜面向上.
- (C) 只可能沿斜面向下.
- (D) 沿斜面向上或沿斜面向下均有可能.

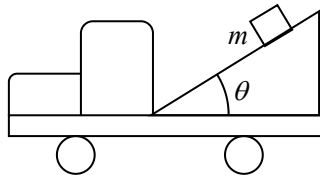


图 4.3

二. 填空题

1. 水流流过一个固定的涡轮叶片, 如图 4.4 所示. 水流流过叶片前后的速率都等于 v , 每单位时间流向叶片的水的质量

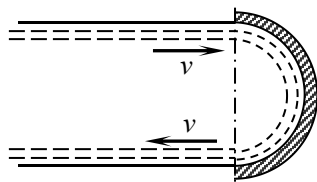


图 4.4

保持不变且等于 Q , 则水作用于叶片的力大小为_____, 方向为_____.

2.如图 4.5 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_____, 木块 B 的速度大小为_____.

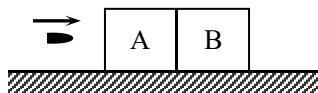


图 4.5

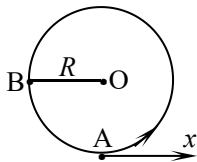


图 4.6

3.如图 4.6 所示, 一质点在几个力的作用下, 沿半径为 R 的圆周运动, 其中一个力是恒力 F_0 , 方向始终沿 x 轴正向, 即 $F_0 = F_0 i$, 当质点从 A 点沿逆时针方向走过 $3/4$ 圆周到达 B 点时, F_0 所作的功为 W _____.

三. 计算题

1.如图 4.7, 用传送带 A 输送煤粉, 料斗口在 A 上方高 $h=0.5\text{m}$ 处, 煤粉自料斗口自由落在 A 上, 设料斗口连续卸煤的流量为 $q_m=40\text{kg/s}$, A 以 $v=2.0\text{m/s}$ 的水平速度向右移动, 求装煤的过程中, 煤粉对 A 的作用力的大小和方向(不计相对传送带静止的煤粉质量).

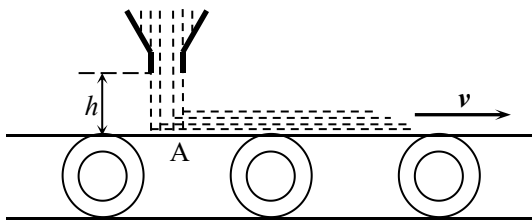


图 4.7

2. 如图 4.8, 质量为 $M=1.5\text{kg}$ 的物体, 用一根长为 $l=1.25\text{m}$ 的细绳悬挂在天花板上, 今有一质量为 $m=10\text{g}$ 的子弹以

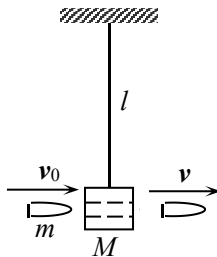


图 4.8

$v_0=500\text{m/s}$ 的水平速度射穿物体, 刚穿出物体时子弹的速度大小 $v=30\text{m/s}$, 设穿透时间极短, 求:

- (1) 子弹刚穿出时绳中张力的大小;
- (2) 子弹在穿透过程中所受的冲量.

练习五 功能原理 碰撞

一. 选择题

1. 对于一个物体来说, 在下列条件中, 哪种情况下系统的机械能守恒?

- (A) 合外力为零.
- (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.

2. 速度为 v 的子弹, 打穿一块木板后速度为零, 设木板对子弹的阻力是恒定的. 那末, 当子弹射入木板的深度等于其厚度的一半时, 子弹的速度是

- (A) $v/2$.
- (B) $v/4$.
- (C) $v/3$.

(D) $v/\sqrt{2}$.

3. 一水平放置的轻弹簧, 弹性系数为 k , 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 5.1 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距离为 d 而静止, 然后撤消外力, 则 B 离开 A 时的速度为

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



图 5.1

4. 倔强系数为 k 的轻弹簧, 一端与在倾角为 α 的斜面上的固定档板 A 相接, 另一端与质量为 m 的物体相连, O 点为弹簧在没有连物体长度为原长时的端点位置, a 点为物体 B 的平衡位置. 现在将物体 B 由 a 点沿斜面向上移动到 b 点(如图 5.2 所示). 设 a 点与 O 点、a 点与 b 点之间距离分别为 x_1 和 x_2 , 则在此过程中, 由弹簧、物体 B 和地球组成的系统势能的增加为

- (A) $(1/2)k x_2^2 + mgx_2 \sin \alpha$.
 (B) $(1/2)k (x_2 - x_1)^2 + mg(x_2 - x_1) \sin \alpha$.
 (C) $(1/2)k (x_2 - x_1)^2 - (1/2)k x_1^2 + mgx_2 \sin \alpha$.
 (D) $(1/2)k (x_2 - x_1)^2 + mg(x_2 - x_1) \cos \alpha$.

5. 下列说法中正确的是:

- (A) 作用力的功与反作用力的功必须等值异号.
 (B) 作用于一个物体的摩擦力只能作负功.
 (C) 内力不改变系统的总机械能.
 (D) 一对作用力和反作用力作功之和与参照系的选取无关.

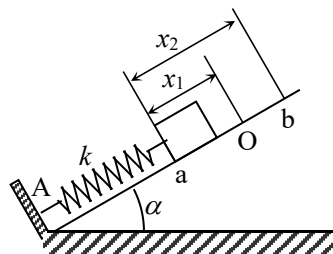


图 5.2

二. 填空题

1. 一质点在二恒力的作用下, 位移为 $\Delta \mathbf{r} = 3\mathbf{i} + 8\mathbf{j}$ (SI), 在此过程中, 动能增量为 24J, 已知其中一恒力 $\mathbf{F}_1 = 12\mathbf{i} - 3\mathbf{j}$ (SI), 则另一恒力所作的功为_____.

2. 一长为 l , 质量为 m 的匀质链条, 放在光滑的桌面上, 若其长度的 $1/5$ 悬挂于桌边下, 将其慢慢拉回桌面, 需做功_____.

3. 如图 5.3 所示, 倔强系数为 k 的弹簧, 上端固定, 下端悬挂重物. 当弹簧伸长 x_0 , 重物在 O 处达到平衡, 现取重物在 O 处时各种势能均为零, 则当弹簧长度为原长时, 系统的重力势能为_____, 系统的弹性势能为_____, 系统的总势能为_____.

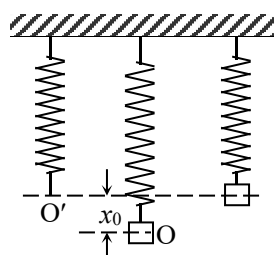


图 5.3

三. 计算题

1. 一质量为 m 的陨石从距地面高 h 处由静止开始落向地面, 设地球质量为 M , 半径为 R , 忽略空气阻力, 求:

- (1) 陨石下落过程中, 万有引力的功是多少?
 (2) 陨石落地的速度多大?

四. 证明题

1. 质量为 m 的汽车, 沿 x 轴正方向运动, 初始位置 $x_0 = 0$, 从静止开始加速. 在其发动机的功率

P 维持不变,且不计阻力的条件下: (1)证明其速度表达式为 $v=\sqrt{2Pt/m}$; (2)证明其位置表达式为 $x=\sqrt{8P/(9m)} t^{3/2}$.