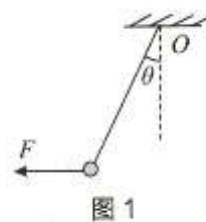


2018 年北京市海淀区高三期中物理考试逐题解析

一、本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。在每小题给出的四个选项中，有的小题只有一个选项是正确的，有的小题有多个选项是正确的。全部选对的得 3 分，选不全的得 2 分，有选错或不答的得 0 分。把正确的答案填涂在答题纸上。

1. 如图 1 所示，一条不可伸长的轻绳一端固定于悬点 O ，另一端连接着一个质量为 m 的小球。在水平力 F 的作用下，小球处于静止状态，轻绳与竖直方向的夹角为 θ ，已知重力加速度为 g ，则下列说法正确的是

- A. 绳的拉力大小为 $mg \tan \theta$
- B. 绳的拉力大小为 $mg \cos \theta$
- C. 水平力 F 大小为 $mg \tan \theta$
- D. 水平力 F 大小为 $mg \cos \theta$



【答案】C

【解析】

对物体受力分析，正交分解以后，有几何关系可得： $F = mg \tan \theta$ ；

因此本题选 C。

2. 一列简谐横波沿 x 轴传播，某时刻的波形图如图 2 所示，其中 a 、 b 、 c 为三个质点，此时质点 a 在平衡位置，且向上运动，由此可知下列说法正确的是



图 2

- A. 该波沿 x 轴正方向传播
- B. a 的振幅为零
- C. 该时刻以后, b 和 c 始终有相同的加速度
- D. 该时刻以后, c 比 b 先到平衡位置

【答案】D

【解析】

由于 a 点向上运动, 故该波向该波沿 x 轴负方向传播, A 错误。

在简谐横波上所有的点的振幅都为 A , B 错误

由上坡下行法则可知, c 向上运动, b 向下运动, C 错误, D 正确;
因此本题选 D。

3. 在“验证平行四边形定则”实验中, 将轻质小圆环挂在橡皮条的一端, 橡皮条的另一端固定在水平木板上的 A 点, 圆环上有绳套。实验中先用两个弹簧测力计分别勾住绳套, 并互成角度地拉圆环, 将圆环拉至某一位置 O, 如图 3 所示。再只用一个弹簧测力计, 通过绳套把圆环拉到与前面相同的位置 O。关于此实验, 下列说法正确的是

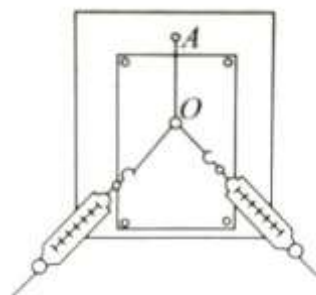


图 3

- A. 橡皮条、弹簧测力计和绳应位于与纸面平行的同一平面内
- B. 实验中只需记录弹簧测力计的示数
- C. 用平行四边形定则求得的合力方向一定沿 AO 方向
- D. 两弹簧测力计之间的夹角应取 90° , 以便计算合力的大小

【答案】A

【解析】橡皮条、弹簧测力计和绳应该位于与纸面平行的同一平面内，

A 正确；

实验需要记录测力计的示数以及 O 点的位置，B 错误；

平行四边形法则测出的合力不一定沿 AO 方向，C 错误；

夹角不一定为 90° ，故 D 错误；

因此本题选 A。

4. 如图 4 所示，水平放置的转盘以角速度 ω 匀速转动，放在转盘上的质量为 m 的小物体跟着转盘一起做匀速圆周运动。已知物体距圆心 O 的距离为 R ，物体与转盘间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度为 g 。

关于物体受到的摩擦力，下列说法正确的是

- A. 方向指向圆心
- B. 方向与物体的瞬时速度方向相反
- C. 大小一定为 $m\omega^2 R$
- D. 大小一定为 μmg

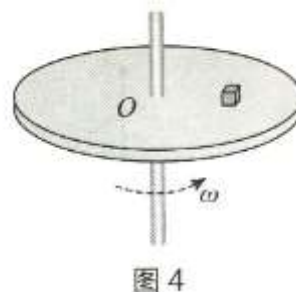


图 4

【答案】AC

【解析】

物体做圆周运动，所受摩擦力充当向心力，指向圆心，故 A 正确；

摩擦力指向圆心，而运动方向沿圆周的切线方向，故应与运动方向垂直，故 B 错误；

物块没有发生相对滑动，故产生的摩擦力为静摩擦力，方向指向圆心，

大小为 $m\omega^2 R$ ，故 C 正确、D 错误；

因此本题选 AC。

5. 如图 5 所示，在上端开口的饮料瓶上方戳一个小孔，瓶中灌水，手持饮料瓶静止时，小孔有水喷出。若饮料瓶在下列运动中，没有发生转动且忽略空气阻力，小孔不再向外喷水的是

- A. 自由下落
- B. 饮料瓶被水平抛出后的运动过程中
- C. 饮料瓶被竖直向上抛出后的运动过程中
- D. 手持饮料瓶向上加速运动的过程中



图 5

【答案】ABC

【解析】

若要水不往外喷，则不受竖直方向的压力，要求水在瓶中完全失重，而 ABC 中物体的运动情况均处于完全失重状态；

因此选 ABC。

6. 图 6 甲为：“中星 9A”在定位过程中所进行的 10 次调整轨道的示意图，其中三条轨道如图 6 乙所示，曲线 I 是最初发射的椭圆轨道，曲线 II 是第 5 次调整后的椭圆轨道，曲线 III 是第 10 次调整后的最终预定圆轨道；轨道 I 与 II 在近地点 A 相切，轨道 II 与 III 在远地点 B 相切。卫星在变轨的过程中质量变化忽略不

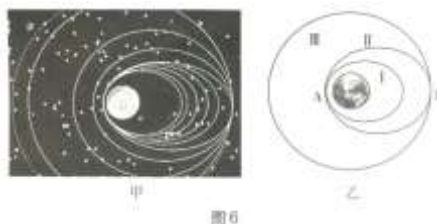


图 6

计，下列说法正确的是

- A. 卫星在轨道Ⅲ上运行的速度大于第一宇宙速度
- B. 卫星在轨道Ⅱ上经过 B 点的速度小于卫星在轨道Ⅲ上经过 B 点的速度
- C. 卫星在轨道Ⅰ上经过 A 点时的机械能小于卫星在轨道Ⅲ上经过 B 点时的机械能
- D. 卫星在轨道Ⅱ上经过 B 点的加速度小于卫星在轨道Ⅲ上经过 B 点的加速度

【答案】BC

【解析】

第一宇宙速度是最大的环绕速度，A 错误；

有 2 轨道 p 点需要加速才能进入 3 轨道，B 正确；

向外运行时需要有除了万有引力之外的，飞船的推力做正功，所以飞船的机械能增加，C 正确；

在同一个位置 B 点，受的万有引力相等，所以它的加速度相等，D 错误；

故本题选 BC。

7. 质量为 m 的子弹，以速度 v 水平射入放在光滑水平面上质量为 M 的木块中而不穿出，则下列说法正确的是

- A. 系统内能的增加量等于子弹克服阻力做的功
- B. 子弹动能的减少量等于子弹克服阻力做的功

C. 子弹对木块做的功等于子弹克服阻力做的功

D. 子弹损失的机械能等于木块获得的动能与系统损失的动能之和

【答案】BD

【解析】

系统内能增加量等于摩擦力对系统做功，摩擦力对木块做正功 $W_1 = fx_{木}$ ，对子弹做负功 $W_2 = fx_{弹}$ ， $x_{木} < x_{弹}$ ，A 错误；

对子弹的动能定理，只有阻力做功，B 正确；

子弹对木块做功等于摩擦力对木块做功，子弹克服阻力做功等于阻力对子弹做的负功，位移不相同，C 错误；

子弹损失的机械能，转化成了木块的动能以及热量，而热量等于摩擦力对系统做的功，也等于系统损失的动能之和，D 正确；

因此本题选 BD。

8. 某同学以一定的速度竖直向上抛出一小球。以抛出点为零势能点，不计空气阻力，小球可视为质点，图 7 所示图线中，能反映小球从抛出到落回抛出点的过程中，其动能 E_k 或重力势能 E_p 随时间 t 变化关系的是

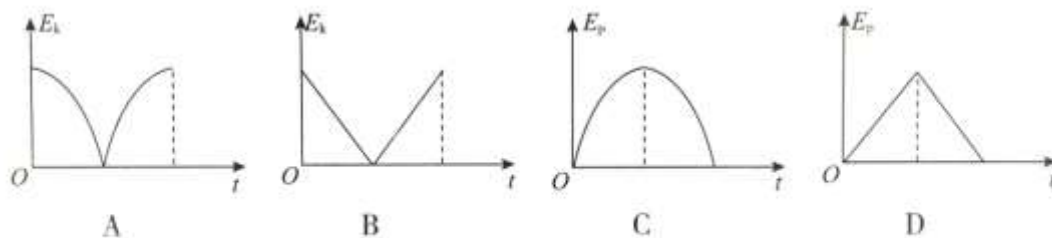


图 7

【答案】C

【解析】

上升过程中，列动能定理 $-mgh = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，又 $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ ，

可知 $E_k = \frac{1}{2}mv_0^2 - mgv_0t + \frac{1}{2}mg^2t^2$ ；

下降过程中 $E_k = mgh = \frac{1}{2}mg^2t^2$ ；

上升过程中 $E_p = mgh = mg(v_0t - \frac{1}{2}gt^2) = mgv_0t - \frac{1}{2}mg^2t^2$ ；

下降过程中 $E_p = mgh = \frac{1}{2}mg^2t^2$ ，结合二次函数的关系式，可知答案选 C。

9. 如图 8 所示，两物块 A、B 质量分别为 m 、 $2m$ ，与水平地面的动摩擦因数分别为 2μ 、 μ ，其间用一轻质弹簧连接。初始时弹簧处于原长状态，使 A、B 两物块同时获得一个方向相反、大小分别为 v_1 、 v_2 的水平速度，弹簧再次恢复原长时两物块的速度恰好同时为零。关于这一运动过程，下列说法正确的是



图 8

- A. 两物块 A、B 及弹簧组成的系统动量守恒
- B. 两物块 A、B 及弹簧组成的系统机械能守恒
- C. 两物块 A、B 初速度的大小关系为 $v_1 = v_2$
- D. 两物块 A、B 运动的路程之比为 2:1

【答案】AD

【解析】

初末状态考虑，系统受到的合力始终为零，故动量守恒，A 正确；

系统受到摩擦力作用产生内能，故机械能会逐渐较小，B 错误；

系统的动量守恒，质量的关系是 1:2，故速度之比为 2:1，C 错误；
 两物体速度之比为 2:1，两物块所受合力始终相等，加速度之比等于
 质量的反比，故加速度之比也为 2:1，所以每一瞬间 A、B 两物体的速
 度之比始终为 2:1，故路程之比为 2:1，D 项正确；
 因此本题选 AD。

10. 如图 9 所示，水平传送带距离地面的高度为 h ，以恒定速率 v_0 顺
 时针运行。可视为质点的甲、乙两滑块之间夹着一个被压缩的轻弹簧，
 在传动带上处于正中间位置轻放它们时，弹簧立即弹开（弹开过程的
 时间极短），两滑块以相同的速率分别向左、右运动，左右两侧的光
 滑平台均与传送带平滑连接。若两滑块的质量相同、与传送带的动摩
 擦因数相同，轻弹簧的长度可忽略不计，则下列说法正确的

- A. 甲、乙滑块可能落在传送带的同一侧且落地点相同
- B. 甲、乙滑块可能落在传送带的左右两侧且做平抛运动的水平距
 离相同
- C. 摩擦力对甲、乙两滑块做功可能相等
- D. 两滑块与传送带因摩擦产生的内能可能相同

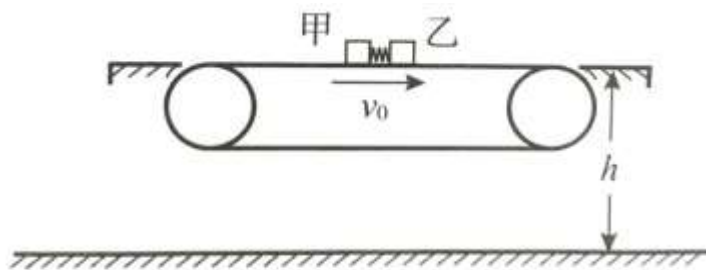


图 9

【答案】ABC

【解析】

如果传送带足够长，则两物块均从传送带右端滑落且速度与传送带相同，此时 A 正确；

若分开的速度很大，导致甲和乙物块向两端运动时始终在匀减速直线运动，此时摩擦力对二者做功相等，BC 正确；

无论从两侧还是同侧滑落，甲乙物块相对于传送带的位移一定不相等，故摩擦力产生的内能不相同，所以 D 错误；

因此本题选 ABC.

二、本题共 2 小题，共 15 分。

11. 图 10 是研究平抛运动的实验装置示意图。在竖直平面内固定有圆弧形轨道，小球 A 沿轨道滚下，离开轨道末端时撞开轻质接触式开关 S，导致被电磁铁吸住的小球 B 开始自由下落。实验前，保证轨道末端水平，并使小球 B 的初始高度与小球 A 被抛出时高度一致，均为 H 。

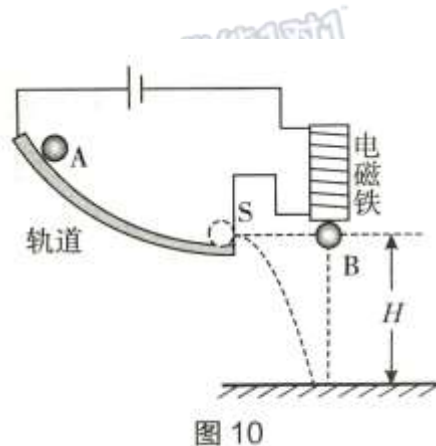


图 10

(1) 通过观察 A、B 两小球是否同时落地，可以研究小球 A 在竖直方向的运动规律，为了获得令人信服的证据，下列说法正确的是

- A. 有必要在其他条件不变的情况下，改变高度 H ，多次重复实验
- B. 有必要在其他条件不变的情况下，改变小球 A 在轨道上被释放的初始位置，多次重复实验

C. 必须选用非常光滑的轨道，多次重复实验

(2) 在得到平抛运动在竖直方向运动的规律后，继续利用该装置研究平抛运动在水平方向的运动规律。具体操作如下：保持其他条件不变，在轨道末端距离地面分别为 H 、 $4H$ 、 $9H$ 位置进行实验，分别测量小球 A 抛出点与落地点的水平距离 x_1 、 x_2 、 x_3 ，若三个距离满足关系：_____，则可初步判断平抛物体在水平方向的分运动为匀速直线运动。

【答案】 (1) AB; (2) $x_1 : x_2 : x_3 = 1 : 2 : 3$

【解析】 (1) A 选项，改变高度 H ，多次重复实验，两小球依然同时落地，说明 A 小球竖直方向是自由落体运动。

B 选项，改变小球 A 在轨道上被释放的初始位置，改变小球的初速度，两小球依然同时落地，说明无论初速度是多少，竖直方向都是自由落体运动。

C 选项，只要保证小球从同一位置滚下，小球就具有相同的初速度，没有必要选用非常光滑的轨道。

(2) 由平抛运动的公式： $x = v_0 t$ 和 $y = \frac{1}{2} g t^2$ 可得， $x = v_0 \sqrt{\frac{2y}{g}} \propto \sqrt{y}$ 。则 $y_1 : y_2 : y_3 = 1 : 4 : 9$ 时， $x_1 : x_2 : x_3 = 1 : 2 : 3$ 。

12. 同学们分别利用图 11 甲、乙所示的两种装置，采用不同方案进行“探究物体运动的加速度与所受合外力关系”的实验，其中小车 A 的质量约为 350g，并与纸带相连，B 为打点计时器，托盘 C 内装有砝码，托盘自身的质量为 5g，D 为无线测力传感器。两种方案的不同在于：

方案一采用托盘和砝码的重力值作为车受到的拉力，方案二则用传感器 D 直接测量绳子对小车的拉力。

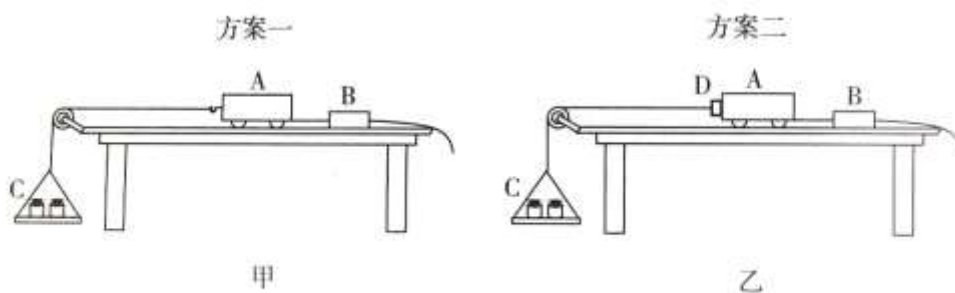


图 11

(1) 关于器材的选取，下列说法正确的是 ()

- A. 方案一必须选取单个质量尽量小的砝码，如 5 克/个
- B. 方案一可以选取单个质量较大的砝码，如 50 克/个
- C. 方案二必须选取单个质量尽量小的砝码，如 5 克/个
- D. 方案二可以选取单个质量较大的砝码，如 50 克/个

(2) 两种方案都必须进行的实验操作是 ()

- A. 需要将导轨的右端垫高以平衡摩擦力
- B. 应先接通打点计时器的电源再释放小车
- C. 为了减小误差，每次小车应从同一位置释放
- D. 需要记录托盘中砝码的质量

(3) 某组同学利用方案一进行了实验，并将所获得的 6 组数据对应的绘制在图 12 所示的 $a-F$ 图中，请你根据图中点迹绘制一条可以反映加速度和拉力关系的图线

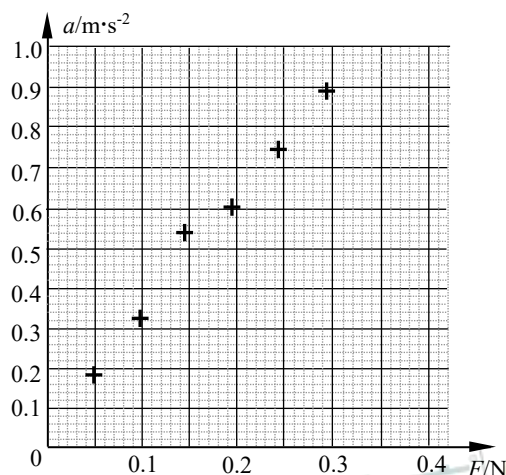


图 12

(4) 根据第三问中所绘制的图像，可反映出该组同学在实验操作中的不妥之处是_____

(5) 若某组同学利用实施方案一进行实验时，忘记了将导轨右端垫高平衡摩擦力，一直使轨道处于水平状态，请根据牛顿运动定律，通过推导说明由这种操作和正确操作分别获取的数据所绘制的 $a-F$ 图像的斜率和纵轴截距。

【答案】

(1) AD (2) AB (3) 见下图 (4) 平衡摩擦力过度

(5) 见解析

【解析】

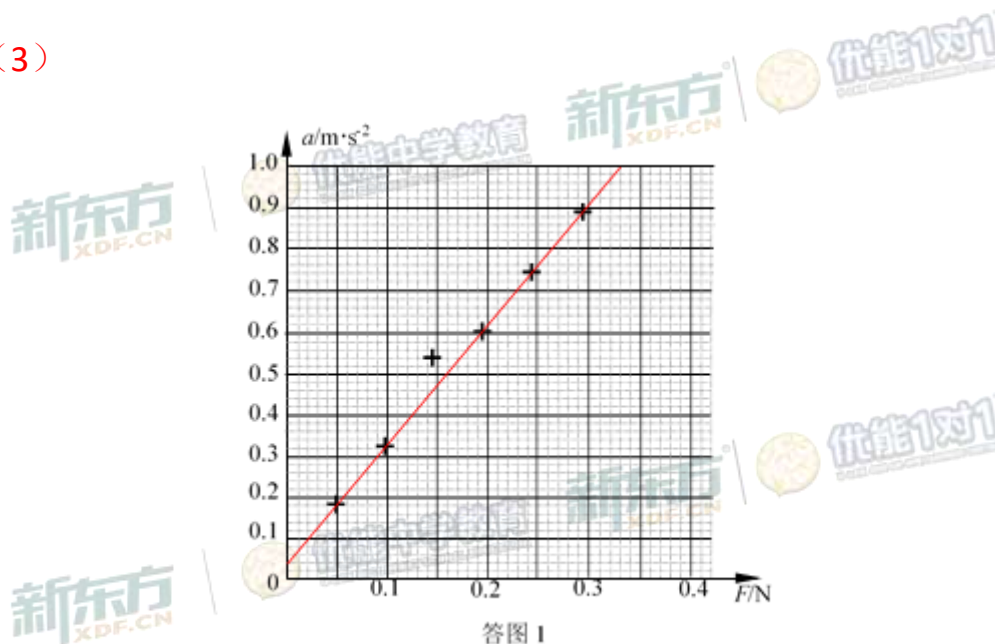
(1) AD

在做验证牛顿第二定律实验时，未知力的情况下，需满足砝码质量远远小于小车的质量，故 A 对。方案二，传感器可以直接测量绳子对小车的拉力，无需满足砝码质量远远小于小车的质量，故 D 对

(2) AB

两种方案都要求绳子上的拉力等于小车受到的合力，所以都需要平衡摩擦力，故 A 对。打点计时器使用时先接通电源，再释放小车，故 B 对。加速度是按照纸带上的点来计算的，改变释放未知只会影响第一个点的未知，不影响计算，故 C 错误。传感器可以直接测量绳子对小车的拉力，故无需记录质量。

(3)



(4) 平衡摩擦力过度

因为在小车所受拉力不为零时，小车的加速度不为零，所以平衡摩擦力过度

(5) 平衡摩擦力时， $mg = (m+M)a$

$$a = \frac{1}{m+M} mg, \text{ 斜率: } \frac{1}{m+M}, \text{ 截距: } 0$$

未平衡摩擦力时， $mg - f = (m+M)a$

$$a = \frac{1}{m+M} mg - \frac{1}{m+M} f, \text{ 斜率: } \frac{1}{m+M}, \text{ 截距: } \frac{f}{M}$$

三、本题包括 6 小题，共 55 分。解答应写出必要的文字说明、方程

式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

13. (8 分) 如图 13 所示，一个质量 $m = 4\text{kg}$ 的小物块放在水平地面上。对小物块施加一个 $F = 10\text{N}$ 的恒定拉力，使小物块做初速度为零的匀加速直线运动，拉力与水平方向的夹角 $\theta = 37^\circ$ ，小物块与水平地面间的动摩擦因数 $\mu = 0.20$ ，已知 $\sin 37^\circ = 0.60$ ， $\cos 37^\circ = 0.80$ ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，不计空气阻力。求：

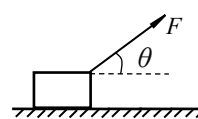


图 13

- (1) 小物块运动过程中所受滑动摩擦力的大小；
- (2) 小物块运动过程中加速度的大小；
- (3) 小物块运动 4.0s 位移的大小。

【答案】

$$(1) f = 6.8\text{N} \quad (2) a = 0.3\text{m/s}^2 \quad (3) x = \frac{1}{2}at^2 = 2.4\text{m}$$

【解析】

(1) 设小物块受地面的支持力为 N ，在竖直方向上合力为零，因此有 $N = mg - F\sin 37^\circ = 34\text{N}$

滑动摩擦力的大小 $f = \mu N = 6.8\text{N}$ (3 分)

(2) 设小物块的加速度大小为 a ，根据牛顿第二定律有

$$F\cos 37^\circ - f = ma$$

解得 $a = 0.3\text{m/s}^2$ (3 分)

(3) 小物块运动 4.0s 所通过的位移大小

$$s = \frac{1}{2}at^2 = 2.4\text{m} \quad (2 \text{ 分})$$

14. (8 分) 如图 14 所示, 民航客机在发生意外紧急着陆后, 打开紧急出口, 会有一条狭长的气囊自动充气, 形成一条连接出口与地面的斜面, 乘客可沿斜面滑行到地上。若某客机紧急出口下沿距地面高 $h = 3.2\text{m}$, 气囊所构成的斜面长度 $L = 6.4\text{m}$, 一个质量 $m = 60\text{kg}$ 的人沿气囊滑下时受到大小恒定的阻力 $f = 225\text{N}$, 重力加速度 g 取 10m/s^2 , 忽略气囊形变的影响。求:



图 14

- (1) 人沿气囊滑下的过程中, 人克服阻力所做的功;
- (2) 人滑至气囊底端时速度的大小;
- (3) 人沿气囊滑下的过程中, 重力的冲量。

【答案】

(1) $W_f = 1440\text{J}$ (2) $v_t = 4\text{m/s}$

(3) ($I_G = 1920\text{N} \cdot \text{s}$, 方向竖直向下)

【解析】

(1) 人沿气囊滑下的过程中, 设人克服阻力所做的功为 W_f ,

则 $W_f = fL$

解得 $W_f = 1440\text{J}$

(2 分)

(2) 设人滑至气囊底端时速度的大小为 v_t , 人沿气囊滑下的过程, 根据动能定理有:

$$mgh - W_f = \frac{1}{2}mv_t^2$$

解得 $v_t = 4\text{m/s}$

(3 分)

(3) 人沿气囊下滑的平均速度 $\bar{v} = \frac{v_t}{2}$

设人沿斜面下滑的时间为 t ，则有 $\bar{v} = \frac{L}{t}$

解得 $t=3.2s$

此过程中重力的冲量 $I_G=mgt=1920 \text{ N}\cdot\text{s}$

方向：竖直向下 (3 分)

15. (8 分) “天舟一号”货运飞船于 2017 年 4 月 20 日在海南文昌航天发射中心成功发射升空，完成了与天宫二号空间实验室的交会对接。已知地球质量为 M ，万有引力常量为 G ，将地球视为半径为 R 、质量均匀分布的球体。

(1) 求飞船在距离地面高度 h 的圆轨道运行时线速度的大小 v ;

(2) 已知地球的自转周期为 T ，求将质量为 m 的飞船停放在赤道上时飞船受到的重力大小 $G_{\text{船}}$;

(3) 海南文昌航天发射场是我国的低纬度滨海发射基地，相比高纬度发射基地，发射相同的同步轨道静止卫星可节省燃料，请你从能量的角度说明可能的原因说明可能的原因是什么 (写出一条即可)。

【答案】

(1) $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$; (2) $G_{\text{船}} = \frac{GMm}{R^2} - m \frac{4\pi^2}{T^2} R$; (3) 见解析 (一条即可)。

【解析】

(1) 根据万有引力定律和牛顿第二定律有

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{(R+h)} \quad \text{解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}} \quad (3 \text{ 分})$$

(2) 根据万有引力定律及向心力公式，有

$$F_{\text{引}} = G \frac{Mm}{R^2} \text{ 及 } F_{\text{向}} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$$

$$F_{\text{引}} = F_{\text{向}} + G_{\text{船}}$$

$$\text{解得 } G_{\text{船}} = G \frac{Mm}{R^2} - m \frac{4\pi^2}{T^2} R \quad (3 \text{ 分})$$

(3) 在任何地点发射卫星，需要达到的环绕速度是相同的，卫星在地球表面上的不同纬度，随地球自转，由于角速度相同，依据 $v_0 = \omega r$ ，低纬度 r 大，则 v_0 大，卫星具有的初动能就较大，因此节省燃料。

(2 分)

16. (9 分) 如图 15 所示，AB 是一个固定在竖直面内的光滑弧形轨道，与半径为 R 的竖直圆形轨道 BCD 在最低点 B 平滑连接，且 B 点的切线是水平的；BCD 圆轨道的另一端 D 与水平直轨道 DE 平滑连接。B、D 两点在同一水平面上，且

B、D 两点间沿垂直圆轨道平面方向错开了一段很小的距离，可使运动物体从圆轨道转移到水平轨道上。一个质

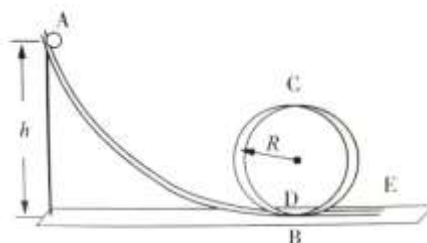


图 15

量为 m 的小球（可视为质点）在 A 点由静止释放沿弧形轨道滑下，当它经过 B 点进入圆轨道时对轨道压力大小为其重力大小的 9 倍，小球运动到圆轨道的最高点经过 C 点时，对轨道的压力恰好与它所受重力大小相等，小球沿圆轨道经过 D 点后，再沿水平轨道 DE 向右运动。已知重力加速度为 g 。

(1) 求小球运动到圆轨道的最高点 C 时速度的大小；

(2) 求 A 点距水平面的高度；

(3) 若小球在竖直左、右半圆轨道部分克服摩擦力做的功近似相等。求小球经过竖直圆轨道的过程中，克服摩擦阻力所做的总功。

【答案】

$$(1) v_C = \sqrt{2gR} \quad (2) h = 4R \quad (3) W_f' = 2mgR$$

【解析】

(1) 小球经过最高点时对轨道的压力 $N_C = mg$ ，依据牛顿第三定律可知小球受到的压力 $N_C = mg$

设小球通过最高点的速度为 v_C ，依据牛顿第二定律有 $N_C + mg = \frac{mv_C^2}{R}$

解得 $v_C = \sqrt{2gR}$ (3 分)

(2) 设小球运动到 B 点时的速度大小为 v_B ，依题意和牛顿第三定律可知小球受到的支持力 $N_B = 9mg$

根据牛顿第二定律，有 $N_B - mg = m \frac{v_B^2}{R}$

解得 $v_B = \sqrt{8gR}$

小球从 A 点运动到 B 点的过程机械能守恒，以 B 点位置为重力势能零点，则有

$$mgh = \frac{1}{2}mv_B^2$$

解得 $h = 4R$ (3 分)

(3) 设小球在右半圆轨道上克服阻力做功 W_f ，对小球从 B 点运动到 C 点的过程，根据动能定理有 $-2mgR - W_f = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2$

解得 $W_f = mgR$

经过整个圆轨道克服摩擦阻力所做的总功 $W_f' = 2mgR$ (3分)

17. (10分) 如图 16 甲所示, 校园中的喷泉从喷泉水面以相同倾斜角度和速度大小喷射而出, 喷出的水下落击打水面形成层层涟漪甚为美观。喷出的水的运动可视为一般的抛体运动, 在水平方向不受力, 在竖直方向只受重力, 我们可以仿照研究平抛运动的方法来研究一般的抛体运动。喷泉喷出水的运动轨迹示意图如图 16 乙所示, 水上升的最大高度为 h , 落在水面的位置距喷水口的距离为 d 。已知喷水口的水流量为 Q (水流量 Q 定义为单位时间内喷出水的体积), 水的密度为 ρ , 重力加速度为 g , 忽略空气阻力。

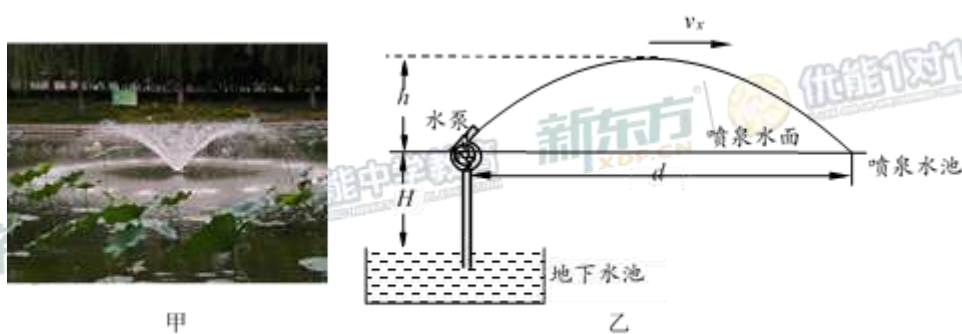


图 16

- (1) 求上述喷泉中水上升至最大高度时水平速度的大小 v_x ;
- (2) 假设水击打在水面上时速度立即变为零, 且在极短时间内击打水受到重力可忽略不计, 求水击打水面竖直向下的平均作用力大小 F_y
- (3) 如图 16 乙所示, 该喷泉利用水泵将水先从地下水池由静止提升至喷泉水面, 然后再喷射出去。已知地下水池的水面距喷泉水面恒为 H , 若 $H = h$, $d = 4h$, 水泵提升水的效率为 η , 求水泵抽水的平均功率 P 。

【答案】

$$(1) v_x = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (2) F_y = \rho Q \sqrt{2gh} \quad (3) P = \frac{3\rho Qgh}{\eta}$$

【解析】

(1) 由运动的合成与分解及平抛运动规律可知:

$$\text{竖直方向 } h = \frac{1}{2}gt^2 \quad \text{水平方向 } \frac{d}{2} = v_x t$$

$$\text{解得 } v_x = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (2 \text{ 分})$$

(2) 极短时间 Δt 内击打在水面上的水的质量 $\Delta m = \rho Q \Delta t$

$$\text{水击打在水面上竖直方向的速度 } v_y = \sqrt{2gh}$$

设水受到的竖直方向的平均作用力为 F , 向下为正, 由动量定理: $-F\Delta t = 0 - \Delta m v_y$

依据牛顿第三定律, 可得竖直方向平均作用力的大小

$$F_y = \rho Q \sqrt{2gh} \quad (4 \text{ 分})$$

(3) 在 Δt 时间内, 喷射出水的质量 $\Delta m = \rho Q \Delta t$

对 Δt 时间内喷出的水, 在最高点竖直方向速度为零, 因此,

$$\text{其动能 } E_k = \frac{1}{2} \Delta m v_x^2$$

$$\text{由功能关系, } \eta P \Delta t = \Delta m g(H+h) + \frac{1}{2} \Delta m v_x^2$$

$$\text{解得 } P = \frac{\rho Q g}{16\eta h} (16h^2 + 16Hh + d^2) = \frac{3\rho Qgh}{\eta} \quad (4 \text{ 分})$$

18. (12 分) 物理学中, 力与运动关系密切, 而力的空间积累效果——做功, 又是能量转化的量度。因此我们研究某些运动时, 可以先分析

研究对象的受力特点，进而分析其能量问题。已知重力加速度为 g ，且在下列情景中，均不计空气阻力。

(1) 劲度系数为 k_1 的轻质弹簧上端固定，下端连一可视为质点的小物块，若以小物块的平衡位置为坐标原点 O ，以竖直向下为正方向建立坐标轴 Ox ，如图 17 所示，用 x 表示小物块由平衡位置向下发生的位移。

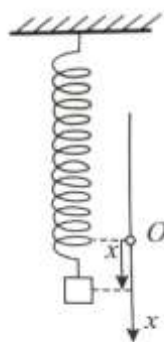


图 17

a. 求小物块的合力 F 与 x 的关系式，并据此说明小物块的运动是否为简谐运动；

b. 系统的总势能为重力势能与弹性势能之和。请你结合小物块的受力特点和求解变力功的基本方法，以平衡位置为系统总势能的零势能参考点，推导小物块震动位移为 x 时系统总势能 E_p 的表达式。

(2) 图 18 所示为理想单摆，摆角 θ 足够小，可认为是简谐运动，其平衡位置记为 O' 点。

a. 若已知摆球的质量为 m ，摆长为 L ，在偏角很小时，摆球对于 O' 点的位移 x' 的大小与 θ 角对应的弧长、弦长都近似相等，即近似满足： $\sin \theta \approx \frac{x'}{L}$ 。请推导得出小球在任意位置处的回复力与位移的比例常数 k_2 的表达式；

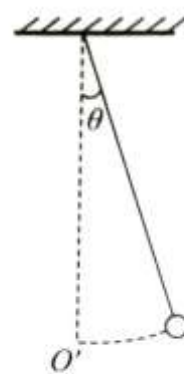


图 18

b. 若仅知道该单摆的振幅 A ，及小球所受回复力与位移的比例常数为 k_2 ，求小球在震动位移为 $\frac{A}{2}$ 时的动能 E_k (用 A 和 k_2 表示)。

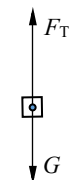
【答案】

(1) a. $F = -k_1 x$ b. $E_p = \frac{1}{2} k_1 x^2$

$$(2) \text{ a. } k_2 = \frac{mg}{L} \quad \text{b. } E_k = \frac{1}{2}k_2A^2 - \frac{1}{2}k_2\left(\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{3}{8}k_2A^2$$

【解析】

(1)a. 设小物块位于平衡位置时弹簧的伸长量为 x_0 , 有 $k_1x_0=G$
当小物块相对于平衡位置的向下位移为 x 时, 受弹力 F_T 和重力 G 作用, 如答图 2 所示, 合力 $F=-F_T+G$



答图 2

$$F_T = k_1(x+x_0),$$

$$\text{解得: } F = -k_1x$$

即合力与位移大小成正比, 方向相反, 说明小物块的运动是简谐运动。

(3 分)

b. 合力 F 与位移 x 关系图线如答图 3 所示。由图可知物块由平衡位置到位移为 x 处的运动过程中合力 F 做的功 $W_F = -\frac{1}{2}k_1x \cdot x$

由动能定理有 $W_F = \Delta E_k$

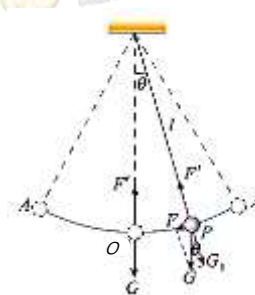
依据机械能守恒定律有 $\Delta E_k + \Delta E_p = 0$

解得 $W_F = -\Delta E_p$

以平衡位置为零势能参考点, 则 $E_p = \frac{1}{2}k_1x^2$ (3 分)

(2) a. 摆球位移为 x' 处, 受力示意图见答图 4 所示。

以 O' 为原点, 以水平向右的方向为 x 轴的正方向建立坐标系 (图中未画出)



答图 4

在摆角很小时, $\sin\theta \approx \frac{x'}{L}$

在摆球位移为 x' 时, 回复力 $F = -mg\sin\theta = -\frac{mg}{L}x'$ ⑥

比例常数 $k_2 = \frac{mg}{L}$ ⑦ (3分)

b. 摆球在位移 x' 处的势能 $E_p' = \frac{1}{2}k_2x'^2$

小球在振幅处的动能为零，依据能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}k_2A^2 = \frac{1}{2}k_2\left(\frac{A}{2}\right)^2 + E_k$$

则 $E_k = \frac{1}{2}k_2A^2 - \frac{1}{2}k_2\left(\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{3}{8}k_2A^2$ (3分)

新东方
XDF.CN



优能中学教育
YUNENG EDUCATION

新东方
XDF.CN



优能1对1
YUNENG 1-1 EDUCATION

新东方
XDF.CN



优能中学教育
YUNENG EDUCATION

新东方
XDF.CN



优能1对1
YUNENG 1-1 EDUCATION

新东方
XDF.CN



优能中学教育
YUNENG EDUCATION

新东方
XDF.CN



优能1对1
YUNENG 1-1 EDUCATION