

2020~2021 学年第一学期高三年级期中质量监测  
物理试卷

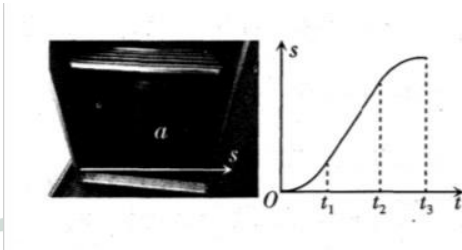
一、单项选择题：本题包含 8 小题，每小题 5 分，共 40 分。请将正确选项填入第卷前的答题栏内。

1. 某一品牌的小汽车包含有 30TFSI150、TFSI 以及 60TFSI 等多种车型，这些型号字母前的数字称为 G 值，G 值用来反映车型的整体加速度感，数字越大，加速越快。G 值的十分之一等于车辆从静止开始加速到 100km/h 的平均加速度值（单位为  $m/s^2$ ），那么标有 50TFSI 的汽车从静止开始加速到 100km/h 发生的位移为（ ）
- A. 50m    B. 77m    C. 96m    D. 100m

答案：B。

解析：此汽车的加速度为  $5m/s^2$ ，末速度约为 28m/s，由  $v_t^2 - v_0^2 = 2ax$  变形计算得： $x \approx 78.4m$ 。故选：B。

2. 有四个万向轮的行李箱 a 竖立放置在高铁中，与前、后两个行李箱间有间隙。从  $t=0$  开始，高铁的位移  $s$  与时间  $t$  的关系如图所示，其中  $t_1 \sim t_2$  间的图线是直线。以下判断正确的是（ ）



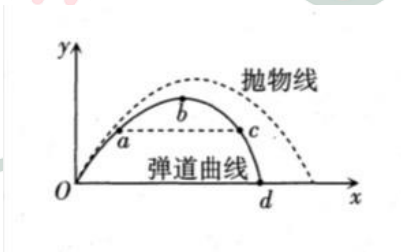
- A.  $0 \sim t_1$  内，a 会受到前方行李箱的作用力  
B.  $t_1 \sim t_2$  内，a 会受到后方行李箱的作用力  
C.  $t_2 \sim t_3$  内，a 会受到前方行李箱的作用力  
D.  $t_2 \sim t_3$  内，a 同前、后两个行李箱间均无作用力

答案：C。

解析：由图像可得， $0 \sim t_1$  内，火车做速度增大的运动，行李箱具有和火车相同的加速度，由  $F=ma$  可得，行李箱会受到后方行李箱的力，A 错； $t_1 \sim t_2$  内，行李箱随火车一起做匀速运动，故后方行李箱对此行李箱的无作用力，B 错； $t_2 \sim t_3$  内，火车做速度减少的运动，故行李箱会受到前方行李箱的作用力，D 错误。

故选：C。

3. 由于空气阻力的影响，炮弹的实际飞行轨迹不是抛物线，而是“弹道曲线”，如图中实线所示。已知图中虚线为不考虑空气阻力时炮弹的运动轨迹，O、a、b、c、d 为弹道曲线上的五点，其中 O 为发射点，d 为落地点，b 为轨迹的最高点，a、c 两点距地面的高度相等。则（ ）



- A. 到达 b 点时，炮弹的加速度为零  
B. 炮弹经过 a 点时的动能等于经过 c 点时的动能  
C. 炮弹到达 b 点时的机械能小于到达 d 点时的机械能  
D. 炮弹由 o 点到 b 点的时间小于由 b 到 d 点的时间

答案：D

解析：通过图像对比，物体的发射初速度没有变，物体在达到最高点之前，在水平方向的位移减小，故水平方向有向左的加速度，在竖直方向的位移减小，A 错；由 a 点到 c 点时，重力和阻力做功；重力不做功，阻力做负功；由动能定理可得，动能减小，B 错；由 b 到 d 的过程，除重力外，只有阻力做功，阻力做负功，机械能减小，故 b 点的机械能大于到达 d 点的机械能，C 错；物体向上运动时， $mg+f=ma_1$ ，加速度较大；向下运动时， $mg-f=ma_2$ ，加速度较小，由  $x=\frac{1}{2}at^2$  可得，加速度越小时间越长；

故选 D。

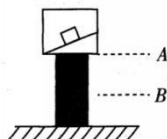
4. 7月23日,“天问一号”成功发射。“天问一号”着陆火星前将先环绕火星飞行,某段时间可认为靠近火星表面做匀速圆周运动。已知火星与地球半径的比值为 $p$ 、火星与地球质量的比值为 $q$ ,地球表面的重力加速度为 $g$ 地球半径为 $R$ 。则“天问一号”绕火星做圆周运动的速率为

- A.  $\sqrt{\frac{Rqg}{p}}$     B.  $\sqrt{\frac{Rpg}{q}}$     C.  $\sqrt{\frac{Rg}{pq}}$     D.  $\sqrt{Rgpq}$

答案：A

解析：“天问一号”环绕火星表面做圆周运动时，根据万有引力等于向心力得  $G\frac{M_{火}m}{R_{火}^2} = m\frac{v^2}{R_{火}}$ ；而在地球表面，根据重力等于万有引力得  $m'g = G\frac{M_{地}m'}{R^2}$ ，解得  $v = \sqrt{\frac{M_{火}R_{地}^2}{M_{地}R_{火}}g} = \sqrt{\frac{Rqg}{p}}$ ，故A选项正确。

5. 如图,箱子内,一物体静止在倾斜固定的木板上。现将箱子轻放到弹性安全气垫上并由静止释放,在箱子从A向下压缩气垫至最低点B的过程中,物体始终相对木板静止。设木板对物体的支持力和摩擦力分别为 $N$ 和 $f$ ,则从A到B的过程中



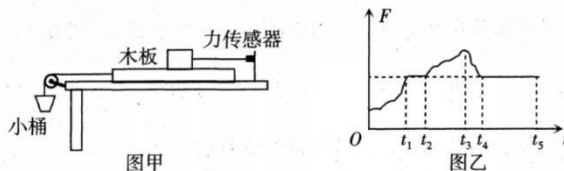
- A.  $N$ 先增大后减小, $f$ 先减小后增大  
 B.  $N$ 先减小后增大, $f$ 先增大后减小  
 C.  $N$ 和 $f$ 都是一直减小  
 D.  $N$ 和 $f$ 都是一直增大

答案：D

解析：A到B的过程中，物体先做加速运动,且加速度不断减小，设斜面的倾角为 $\theta$ ，对物体进行受力分析，可得在竖直方向，上有： $mg - (N\cos\theta + f\sin\theta) = ma$ ,水平方向上有： $N\sin\theta = f\cos\theta$ ,当加速度减小时可知 $N$ 和 $f$ 都增大。

物体到达平衡位置之后，做减速运动,加速度竖直向上，加速度值在增大，对物体进行受力分析可得 $(N\cos\theta + f\sin\theta) - mg = ma$ ， $N\sin\theta = f\cos\theta$ ,加速度增大时，可知 $N$ 和 $f$ 都增大，故D项正确。

6. 某同学用图甲的装置探究摩擦力的变化情况。水平桌面上固定的力传感器，通过水平棉线拉住物块，物块放置在粗糙的长木板上,长木板左端固定的细绳跨过光滑滑轮悬挂一小桶。从 $t=0$ 开始，断断续续往小桶中缓慢加水,传感器记录的 $F-t$ 图像如图乙所示。不考虑水平桌面与木板间的摩擦,下列判断正确的是



- A.  $t_1-t_2$ 内，物块受到的是滑动摩擦力  
 B.  $0-t_3$ 内,小桶中的水量时刻在增加  
 C.  $t_3-t_4$ 内,木板的加速度逐渐增大  
 D.  $t_4-t_5$ 内,木板一定做匀速运动

答案：C

解析：根据图像可知， $0-t_1$ 传感器的拉力增大，说明小桶中的水量增加，木板受到静摩擦力，故A错误； $t_1-t_2$ 内传感器拉力不变，木板受到的依然是静摩擦力，小桶中的水量不变，故B错误； $t_2-t_3$ 内，传感器拉力增大， $t_3$ 时达到最大静摩擦力， $t_3-t_4$ 内木板的加速度逐渐增大； $t_4$ 后传感器拉力不变，说明木板开始运动，传感器拉力大小等于滑动摩擦力大小，因此 $t_4-t_5$ 内，木板运动，但无法判断具体的运动状态，D选项错误，因此本题答案为C。

7. 又是自动驾驶惹的祸！开启了自动驾驶功能的Model 3，在高速公路上以108km/h的速度直接撞上了侧翻的大

货车，整个过程 Model 3 没有一丝减速，撞上货车后一同滑出 2.7m。幸运的是 Model 3 撞进的是货箱顶部，车主没有受太大的伤害。已知 Model 3 的质量为  $1.8 \times 10^3 \text{kg}$ ，货车的质量为  $8.2 \times 10^3 \text{kg}$ ，设两车碰撞前后沿同一直线运动，则他们一同滑动时受地面的平均阻力约为（ ）

- A.  $3.0 \times 10^4 \text{N}$     B.  $5.4 \times 10^4 \text{N}$     C.  $6.0 \times 10^4 \text{N}$     D.  $1.08 \times 10^4 \text{N}$

答案：B

解析：设 Model 3 速度为  $v_1 = 108 \text{km/h} = 30 \text{m/s}$ ，质量为  $m_1 = 1.8 \times 10^3 \text{kg}$ ，货车的质量为  $m_2 = 8.2 \times 10^3 \text{kg}$ ，由动量守恒得  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2)v$  ①，从共速开始动能定理可得  $-fx = 0 - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$  ②，由①②解得  $f = 5.4 \times 10^4 \text{N}$ 。

故选 B。

8. 图甲中，长为 L 的长木板 M 静止于光滑水平面上，小物块 m 位于位于木板的右端点。t=0 时木板以  $v_0$  开始向右滑落。图乙为物块与木板运动的 v-t 图像，则（ ）

- A. 物块质量是木板质量的  $\frac{2}{3}$   
 B. 物块与木板间的动摩擦因数为  $\frac{3v_0^2}{8gL}$   
 C. 0~ $t_0$  内，物块与木板损失的动能为木板初动能的  $\frac{3}{8}$   
 D. 物块的最大动能是木板初动能的  $\frac{3}{8}$

答案 B

解析：由图乙可知，m 的加速度为  $\frac{3v_0}{4t_0}$ ，M 的加速度为  $\frac{v_0}{4t_0}$ ，板长度  $L = \frac{v_0 t_0}{2}$  ①。设板块间动摩擦因数为  $\mu$ ，以 m 为研究对象，受力分析列牛二可得， $\mu mg = m \frac{3v_0}{4t_0}$  ②。解得  $\mu = \frac{3v_0}{4gt_0}$ ，M 为研究对象，受力分析列牛二可得

$\mu mg = M \frac{v_0}{4t_0}$  ③，联立①②③可得  $\frac{m}{M} = \frac{1}{3}$ ， $\mu = \frac{3v_0^2}{8gL}$ 。A 选项错误，B 选项正确。从出发到共速时，初动能为  $\frac{1}{2} M v_0^2$ ，末动能为  $\frac{1}{2} (m + M) \left(\frac{3v_0}{4}\right)^2$ ，损失动能为  $\frac{3}{8} m v_0^2$ ，占初动能的  $\frac{3}{4}$ ，C 选项错误。物块最大动能  $\frac{1}{2} m \left(\frac{3v_0}{4}\right)^2$ ，为木板动能的  $\frac{9}{16}$ 。D 错误。

故选 B。

二、多项选择题：本题包含 4 小题，每小题 5 分，共 20 分。在每小题给出的四个选项中，至少有两个选项正确，全部选对的得 5 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 3 分，有选错的得 0 分。请将正确选项填入第 II 卷前的答题栏内。

9. 战斗机是依靠重力和机翼升力的合力提供向心力在空中盘旋的，机翼的升力垂直于机翼所在平面向上。某次执行任务时，战斗机机翼与水平面成  $\theta$  角，以速率 v 在水平面内做半径为 R 的匀速圆周运动，飞行周期为 T。下列说法正确的是（ ）

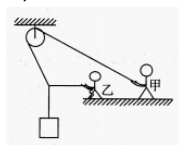
- A. 若  $\theta$  不变，速率 v 增大，则半径 R 增大  
 B. 若  $\theta$  不变，速率 v 增大，则周期 T 增大  
 C. 若速率 v 不变， $\theta$  增大，则半径 R 增大  
 D. 若速率 v 不变， $\theta$  增大，则周期 T 增大

答案：AB

解析：以战斗机为研究对象受力分析求合力可得  $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R} = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$ ，若  $\theta$  不变，v 增大，则 R 增大，T 增大；AB 正确。若 v 不变， $\theta$  增大，则  $\tan \theta$  增大，故 R 变小，T 减小。故 CD 错误。

故选 AB。

10. 在我市雨污分流改造施工中，需把钢材运送到水池的底部。如图，工人甲将钢材放到一定深度时拉住手中的绳保持静止，乙通过拉绳将钢材微调到准确位置。设乙所拉轻绳始终保持水平，不考虑滑轮的摩擦及大小，在乙缓慢释放手中的绳子，钢材向左移动的过程中（ ）

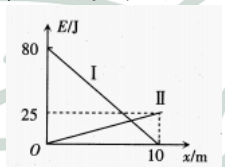


- A. 甲对地面的压力不断增大
- B. 甲手中绳子上的拉力不断增大
- C. 甲受到地面的摩擦力大于乙受到地面的摩擦力
- D. 乙手中绳子上的拉力不断增大

答案：A、C。

解析：甲手中的绳到乙所拉结点这段绳拉力一样，甲、乙的摩擦力各为该段绳水平分量，显然甲绳的夹角教小，所以水平分量更大，所以 C 对。对乙所拉结点进行手里分析，由受力分析可知，建立矢量三角形（或用极限法），可知甲拉绳上的力在减小，对应的地面的支持力在增大，从而可知甲对地面的压力增大；且对乙所拉结点进行手里分析，由受力分析可知，建立矢量三角形（或用极限法），乙拉绳的力也在减小。

11. 一物块从斜面顶端由静止开始沿斜面下滑，在物块从顶端滑到底端的过程中，其重力势能和动能随下滑距离  $x$  的变化如图中直线 I、II 所示。根据图中信息可以求出（ ）

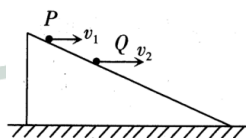


- A. 物块与斜面间的动摩擦因数
- B. 物块受到滑动摩擦力的大小
- C. 物块下滑时加速度的大小
- D. 物块下滑 5.0mm 过程中机械能的损失

答案：B、D。

解析：由纵轴截距可知初始重力势能 80J，横轴截距可知滑至底端时动能是 25J，所以机械能损耗 55J，由动能定理可求滑动摩擦力。同理，由此可根据图像能量的线性变化可求物块下滑 5.0mm 时重力势能 40J，动能 12.5J，即机械能损失 27.5J。由于质量未知，所以动摩擦因素和加速度都无法求解。

12. 如图所示，两个完全相同的小球 P、Q，从斜面上的两点分别以初速度  $v_1$ 、 $v_2$  沿水平方向飞出，两球均落到斜面上。已知  $v_1:v_2 = 3:4$ ，不计空气阻力，则 P、Q 两小球



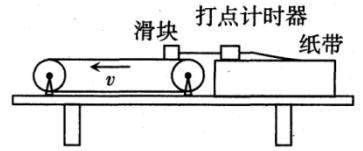
- A. 落到斜面上时的速度方向不相同
- B. 在空中飞行的时间之比为 3：4
- C. 落在斜面上的动能之比为 9：16
- D. 下落的高度之比为 3：4

答案：B、C

解析：设斜面倾角为  $\theta$ ，则两小球落在斜面上时均有  $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$ ，设落在斜面上时速度方向与水平方向夹角为  $\alpha$ ，满足  $\tan \alpha = \frac{v_y}{v_0} = \frac{gt}{v_0}$ ，由此可知两小球落在斜面上时速度方向应相同，A 错误；由 A 可知，在空中飞行时间应满足  $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$ ，则  $t_1:t_2 = 3:4$ ，B 正确；落在斜面上的末速度为  $v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2} = v_0 \sqrt{1 + 4 \tan^2 \theta}$ ，末速度比为 3：4，则末动能之比应为 9：16，C 正确；由  $h = \frac{1}{2}gt^2$  可得，下落高度之比应为 9：16，D 错误。

三、实验题：本题包含 2 小题，共 22 分。请将正确答案填在题中的横线上或按要求作答。

13、如图，水平传送带固定在桌面上，打点计时器固定在传送带右侧与传送带等高的水平面上。为探究滑块在传送带上的运动情况，其同学进行了下列操作：



- ①将固定在滑块上的纸带穿过计时器，用手控制滑块处于传送带右端保持静止
- ②接通打点计时器与传送带电源，传送带逆时针匀速转动
- ③待传送带运行稳定后，将滑块释放
- ④在滑块随传送带运动的过程中，打点计时器在拉直的纸带上打出一系列的点
- ⑤在纸带上从某点 O 开始，依次选取 A~H 连续几个点，相邻两点间的距离如下表所示：

计数点间距	$x_{OA}$	$x_{AB}$	$x_{BC}$	$x_{CD}$	$x_{DE}$	$x_{EF}$	$x_{FG}$	$x_{GH}$
单位:cm	0.90	1.10	1.30	1.50	1.60	1.66	1.66	1.66

已知打点计时器使用电源的频率为 50Hz，取  $g=9.80\text{m/s}^2$ ，以地面为参考系，可以确定：  
(计算结果保留 2 位有效数字)

- (1) 传送带稳定运动后速度的大小为 \_\_\_\_\_ m/s。
- (2) 在加速运动阶段，滑块加速度的大小为 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ 。
- (3) 在打下 \_\_\_\_\_ 两相邻点间，滑块已开始匀速运动。
- (4) 滑块与传送带间的动摩擦因数为 \_\_\_\_\_。
- (5) 从开始运动到打下 O 点，滑块运动的时间为 \_\_\_\_\_ s。

**【答案】**

(1) 0.83 ; (2) 5.0 ; (3) D、E ; (4) 0.51 ; (5) 0.080

**【解析】**

传送带稳定时速度与滑块做匀速直线运动相等，则纸带上的点距离相等时滑块的速度为传送带的速度，从纸带

可看出 E 点之后已做匀速运动，速度为  $v = \frac{1.66 \times 10^{-2} \text{cm}}{0.02 \text{s}} = 0.83 \text{m/s}$ ；

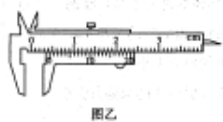
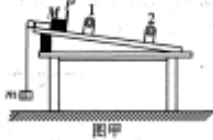
由  $\Delta x = aT^2$ ，取  $x_{OA}$  和  $x_{OB}$  两段位移及时间间隔 0.02s 计算可得加速度  $a = 5.0 \text{m/s}^2$ ；

若传送带做匀加速直线运动，则相邻两点间位移差应为定值  $aT^2 = 0.2 \text{cm}$ ，而  $x_{DE} - x_{CD} = 0.1 \text{cm}$ ，说明在 DE 两点间已开始做匀速运动；

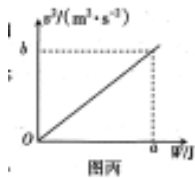
对滑块受力分析可知水平方向受滑动摩擦力，根据牛顿第二定律得  $\mu mg = ma$ ，则  $\mu = \frac{a}{g} = 0.51$ ；

O 点前一段位移应为 0.7cm，则 O 点速度为  $v_0 = \frac{(0.7+0.9) \times 10^{-2}}{2 \times 0.02} = 0.4 \text{m/s}$ ，则根据  $v = v_0 + at$  可得到 O 点经过时间应为 0.08s。

14. 图甲中，带有遮光片 P 的滑块质量为 M、钩码的质量为 m；1、2 是两个光电门，之间距离为 s，与之相连的光电计时器可记录宽度为 d 的遮光片 P 通过光电门的时间。实验时光电门 1 固定，光电门 2 的位置可以改变。现用该装置探究做功与物体动能变化的关系，完成步骤中的填空：（重力加速度大小为 g）



- (1) 用游标卡尺测 P 的宽度时示数如图乙所示，则遮光片的宽度  $d =$  \_\_\_\_\_ mm；
- (2) 将滑块用轻绳与钩码连接，调节木板左端垫块的位置，当轻推滑块后，滑块通过光电门 1、2 的时间相等，然后去掉细线和钩码；
- (3) 将滑块从光电门 1 位置释放，计时器显示遮光片通过光电门 2 的时间 t，则滑块下滑过程中受到合力大小为 \_\_\_\_\_；从光电门 1 到 2 的过程中，合力对滑块做的功  $W =$  \_\_\_\_\_，滑块通过光电门 2 时速度大小  $v =$  \_\_\_\_\_（用物理量的符号表示）
- (4) 改变光电门 2 位置，多次重复实验步骤（3）；
- (5) 以  $v^2$  为纵坐标，W 为横坐标，利用实验数据做出  $v^2 - W$  图像如图丙所示。由此图像可得  $v^2$  随 W 变化的表达式为 \_\_\_\_\_；（用物理量的符号表示）。
- (6) 若外力做的功等于滑块动能的变化量，则  $\frac{b}{a} =$  \_\_\_\_\_。（用物理量的符号表示）



答案：(1) 4.40 (3)  $mg$  ;  $mgs$  ;  $\frac{d}{t}$  (5)  $v^2 = \frac{b}{a}W$  ; (6)  $\frac{2}{M}$

解析：(1) 游标卡尺的读数： $4\text{mm} + 8 \times 0.05\text{mm} = 4.40\text{mm}$ ；

(3) 通过 (2) 步骤平衡摩擦力之后，且由于小车的重力远大于钩码的重力，实验中可以认为钩码的重力即为小车的拉力  $mg$ ，且通过光电门 1、2 合力做的功为  $mgs$ ，由通过光电门 2 的时间  $t$ ，可知通过其速度为  $\frac{d}{t}$

(5) 由图像的函数关系可知，所以  $v^2 = \frac{b}{a}W$ ；

(6) 由 (5) 可看出  $v^2-W$  图像的斜率为  $\frac{2}{M}$ ，所以  $\frac{b}{a} = \frac{2}{M}$ 。

四、计算题:本题包含 5 小题，共 68 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要演算步骤，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。

15. (12 分) 如图所示，倾角为  $\theta = 30^\circ$  的斜面体放在粗糙的水平面上，细线一端连接一质量为  $m$  的物块，另一端绕过斜面上方定滑轮拉着物块静止在斜面体上。现拉动细线使物块沿斜面体向上缓慢移动，斜面体始终处于静止状态。已知物块与斜面体间的动摩擦因数为 0.5，重力加速度为  $g$ 。求当细线与斜面间的夹角  $\alpha = 30^\circ$  时：

(1) 细线上的拉力大小；(2) 水平面对斜面体的摩擦力大小。

解析：(1) 向上缓慢移动，由受力平衡可知： $F \cos \alpha = mg \sin \theta + f$  ;  $N + F \sin \alpha = mg \cos \theta$  ;  $f = \mu N$

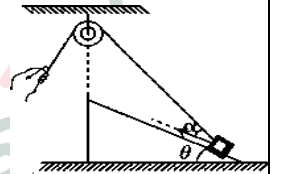
$$F = \frac{\sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} mg ; \quad F = \frac{4 + 3\sqrt{3}}{11} mg$$

联立可解得：

斜面体始终处于静止状态，以斜面体和物块为研究对象，由平衡条件得： $f' = F \cos(\theta + \alpha)$

$$f' = \frac{4 + 3\sqrt{3}}{22} mg$$

代入  $F$  和角度可得：



16. (12 分) 为了安全，高层建筑配备了救生缓降器材，使用时，先将安全钩挂在室内窗户、管道等可以承重的物体上，然后将安全带系在人体腰部，通过缓降安全着陆。在某次火灾逃生演练现场中，逃生者从离地面 30m 高处，利用缓降器材由静止开始匀加速下滑，下降 2m 时速度达到 2m/s，然后开始匀速下降，距地面一定高度时开始匀减速下降，到达地面时速度恰好为零，整个过程用时 18s。设逃生者下降过程中悬空不接触墙面，不计空气阻力，取  $g=10\text{m/s}^2$ ，求：

(1) 逃生者匀速运动的时间；

(2) 逃生者加速下滑时和减速下滑时，绳索对人拉力大小的比值。

解析：设加速下降位移为  $h_1$ ，时间为  $t_1$ ，加速过程加速度大小为  $a_1$ ；匀速下降位移为  $h_2$ ，时间为  $t_2$ ；减速过程位移为  $h_3$ ，时间为  $t_3$ ，整个过程时间为  $t$ 。列式：

$$h_1 = \frac{v_m}{2} t_1 ; h_2 = v_m t_2 ; h_3 = \frac{v_m}{2} t_3 ; H = h_1 + h_2 + h_3 ; t = t_1 + t_2 + t_3 ;$$

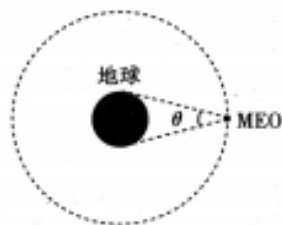
联立可得： $t_2 = 12\text{s}$ 。

设加速和减速过程中绳索的拉力为  $F_1$ 、 $F_2$ ，列式： $mg - F_1 = ma_1$  ;  $F_2 - mg = ma_2$ ；解得： $\frac{F_1}{F_2} = \frac{6}{7}$



17. (14分)

2020年7月31日,随着北斗三号全球卫星导航系统建成开通,“太空丝绸之路”走上服务全球、造福人类的时代新舞台!北斗系统的空间段主要由地球同步轨道(GEO)卫星和中轨道(MEO)卫星等组成。如图为导航系统中的MEO卫星轨道(低于GEO卫星轨道)示意图,MEO卫星绕地球做匀速圆周运动时对地球的张角为 $\theta$ ,已知地球半径为 $R_0$ ,地球表面处的重力加速度大小为 $g$ ,不考虑地球的自转,求:



(1)MEO卫星绕地球做匀速圆周运动的周期。

(2)设有GEO和MEO两卫星均在赤道平面内运行,其周期分别为 $T_1$ 和 $T_2$ 。若某时刻两者与地球球心成一直线,求三者再次位于一直线的最短时间间隔。

(1) 在地球表面: (2分)

$$mg = G \frac{Mm}{R_0^2}$$

MEO卫星绕地球做匀速圆周运动,由牛顿第二定律得: (2分)

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$$

由几何关系可得: (2分)

$$r = \frac{R_0}{\sin \frac{\theta}{2}}$$

MEO卫星绕地球做匀速圆周运动的周期: (2分)

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R_0}{g \sin^3 \frac{\theta}{2}}}$$

(2)设三者在一共线到再次位于一直线,GEO卫星运动的圆心角为 $\theta_G$ ,MEO卫星运动的圆心角 $\theta_M$ ,若经历的最短时间为 $t$ ,则有: (3分)

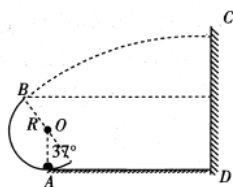
$$\theta_M - \theta_G = \pi$$

(说明:若写成 $\theta_M - \theta_G = 2\pi$ 不给分数,但不影响后面得分)

$$\left(\frac{2\pi}{T_2} - \frac{2\pi}{T_1}\right)t = \pi$$

最短时间间隔为:  $t = \frac{T_1 T_2}{2(T_1 - T_2)}$  (1分)

18. 如图是固定在竖直面内的圆心为  $O$ 、半径为  $R$  的光滑半圆轨道，原轨道的最低点  $A$  与水平地面相切， $A$  点静止一质量为  $m$  的小球。现在  $A$  点给小球一向左的水平瞬时冲量，小球沿轨道开始顺时针运动，到达  $B$  点时对轨道的弹力恰好减为零， $OB$  与竖直方向的夹角为  $37^\circ$ 。小球飞离半圆轨道后，垂直撞在竖直挡板  $CD$  上。不考虑空气阻力，求：（重力加速度为  $g$ ，取  $\sin 37^\circ = 0.6, \cos 37^\circ = 0.8$ ）



- (1) 冲量作用后，小球在  $A$  点对圆轨道的压力大；  
 (2) 小球与  $CD$  碰撞点距水平地面的高度。

解析：

(1) 设小球在  $B$  点的速度为  $v_B$ ，由牛顿第二定律得：

$$mg \cos \theta = m \frac{v_B^2}{r}$$

① (2分)

$$v_B = \sqrt{\frac{4gR}{5}}$$

因为

小球从  $A$  运动到  $B$  的过程，由动能定理得：

$$-mgR(1 + \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

② (2分)

小球在  $A$  点时，由牛顿第二定律得：

$$N - mg = m \frac{v_A^2}{r}$$

③ (2分)

由牛顿第三定律得小球对轨道的压力：

$$N' = N = 5.4mg$$

④ (2分)

(2) 小球从  $B$  到  $C$  的过程，由平抛运动规律得：

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

⑤ (1分)

$$v_y = gt$$

⑥ (1分)

$$v_y = v_0 \sin 37^\circ$$

⑦ (1分)

小球与  $CD$  碰撞点距水平地面的高度：

$$H = h + R(1 + \cos 37^\circ)$$

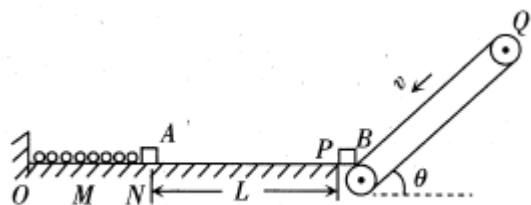
⑧ (1分)

$$H = \frac{243}{125}R$$

⑨ (2分)



19. 如图所示，水平轨道 OP 固定，ON 段光滑，NP 段粗糙且长  $L=1.5m$ 。一根轻弹簧的一端固定在轨道左侧 O 点的竖直挡板上，另一端自然伸长时在 N 点。P 点右侧有一与水平方向  $\theta=37^\circ$ 、足够长的传送带 PQ 与水平面在 P 点平滑连接，传送带逆时针转动的速率恒为  $v=3m/s$ 。质量  $m=2kg$  小物块 A 放在 N 点，与 A 相同的物块 B 静止在 P 点。现用力通过 A 缓慢向左压缩弹簧，当弹簧的弹性势能  $E_p=31.0J$  时由静止释放，A 开始向右运动。当 A 运动到 P 点时与 B 发生正碰，碰撞时间极短且无机械能损失。已知 A 与 NP 段间的动摩擦因数  $\mu_1=0.2$ ，B 与传送带间的动摩擦因数  $\mu_2=0.25$ ，取  $g=10m/s^2$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ ，求：



- (1) A 第一次运动到 P 点时的速度大小；
- (2) 第一次碰撞后 A、B 的速度大小；
- (3) A、B 第一次碰撞分离到第二次碰撞时经历的时间。

解析：(1) 设 A 第一次运动到 P 点时的速度大小为  $v_0$ ，由动能定理得：

$$W - \mu_1 mg = \frac{1}{2} m v_0^2 \quad \text{① (2分)}$$

弹力做功等于弹性势能的减少量得：

$$W = E_p \quad \text{② (1分)}$$

所以  $v_0 = 5m/s$  ③ (1分)

(2) 设 A 与 B 碰撞后，A 的速度为  $v_A$ ，B 的速度为  $v_B$ ，有动量守恒定律得：

$$m v_0 = m v_A + m v_B \quad \text{④ (2分)}$$

由动能定理得：

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v_A^2 + \frac{1}{2} m v_B^2 \quad \text{⑤ (2分)}$$

解得： $v_A = 0$ ， $v_B = v_0 = 5m/s$  ⑥ (1分)

(3) B 先沿传送带向上匀减速至零，再向下匀加速至速度为  $3m/s$ ，由牛顿第二定律：

$$m g \sin \theta + \mu_2 m g \cos \theta = m a_1 \quad \text{⑦ (2分)}$$

$$a_1 = 8m/s^2$$

由运动学公式：

$$v^2 - v_B^2 = -2 a_1 x \quad \text{⑧ (1分)}$$

$$t_1 = \frac{v_B - v}{a_1} = 1s$$

由于  $\mu_2 < \tan \theta$ ，B 沿传送带向下继续加速：

$$m g \sin \theta - \mu_2 m g \cos \theta = m a_2 \quad \text{⑨ (2分)}$$

$$a_2 = 4m/s^2$$

$$x = v t_1 + \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \quad \text{⑩ (1分)}$$

$$t_2 = \frac{\sqrt{17} - 3}{4} s$$

A、B 第一次碰撞分离到第二次碰撞时经历的时间

$$t = t_1 + t_2 = \frac{\sqrt{17} + 1}{4} s \quad \text{⑪ (1分)}$$

