

辽宁省名校联盟 2025 年高三 10 月份联合考试

物 理

命题人:辽宁名校联盟试题研发中心

审题人:海城市高级中学 王爽 大连市一〇三中学 郭成喜

注意事项:

1. 答卷前,考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。

2. 答选择题时,选出每小题答案后,用铅笔把答题卡对应题目的答案标号涂黑。如需改动,用橡皮擦干净后,再选涂其它答案标号。答非选择题时,将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。

3. 考试结束后,将本试卷和答题卡一并交回。

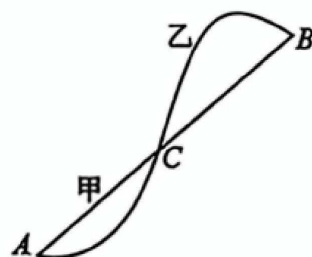
一、选择题:本题共 10 小题,共 46 分。在每小题给出的四个选项中,第 1~7 题只有一项符合题目要求,每小题 4 分;第 8~10 题有多项符合题目要求,每小题 6 分,全部选对的得 6 分,选对但不全的得 3 分,有选错的得 0 分。

1. 下列关于生活情境中物理原理的说法,正确的是

- A. 为增大拔河比赛中取胜的概率,应选体重较大的选手参赛
- B. 当火车在铁轨上转弯时,速度越快,火车对内侧铁轨的压力随之增大
- C. 人在蹦极时下落的过程中(忽略阻力),橡皮绳原长时速度最大
- D. 乘客系安全带是为了减小汽车突然启动时,由于人的惯性带来的伤害

2. 暑期,甲和乙均从 A 地同时出发前往 B 地游玩。如图所示,甲的运动轨迹为直线,乙的运动轨迹为曲线,最终两人同时到达 B 地。关于两人的运动过程,下列说法正确的是

- A. 整个过程中两人的路程一定相同
- B. 两人经过 C 点时的速度可能相同
- C. 整个过程两人的平均速度一定相同
- D. 整个过程两人的平均速率一定相同

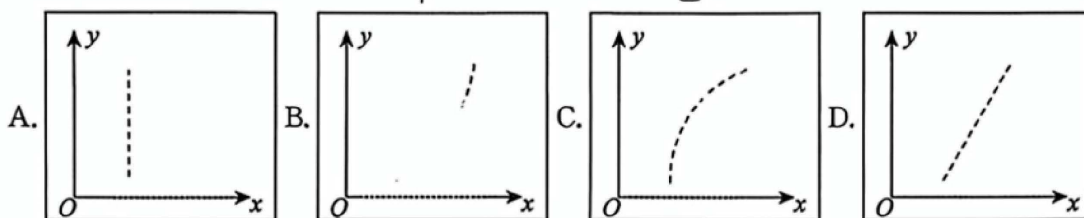
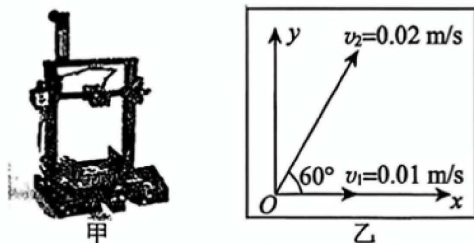


3. 学生在军训过程中,需掌握两种基本的站立姿势:一是“立正”,此时双腿可视为平行;二是“跨立”,双腿需分开一定的角度(如图所示)。当从“立正”姿势转变为“跨立”姿势并保持静止时(两次均站在水平地面上),下列说法正确的是

- A. 人受到的合力增大
- B. 地面对人的支持力增大
- C. 地面对一只脚的作用力增大
- D. 地面对人的支持力方向发生变化



4. 图甲为 3D 打印机,在水平面建立如图乙所示的平面直角坐标系。在某次打印过程中,打印机的喷头在某一固定高度处进行打印(高度保持不变),此时位于水平面内的托盘沿 x 轴正方向以 $v_1=0.01 \text{ m/s}$ 的速度匀速运动,而喷头以 $v_2=0.02 \text{ m/s}$ 的速度沿图乙所示方向做匀速直线运动。则在托盘上打印出的图案是

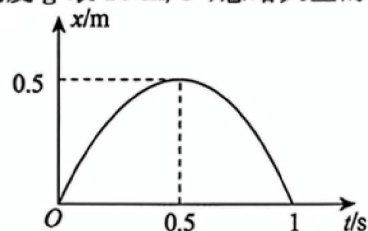


5. 在平直公路上,一辆公交车正以 16 m/s 的速度匀速行驶。司机突然注意到前方 17.5 m 处有一只小狗以 4 m/s 的速度沿直线匀速同向奔跑。司机随即紧急刹车(不考虑人的反应时间),加速度大小为 4 m/s^2 。对这一过程,下列说法正确的是

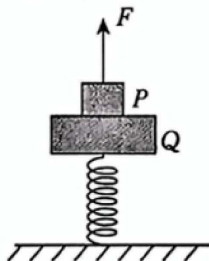
- A. 公交车不会撞到小狗
 B. 公交车与小狗相遇时距开始刹车的位置为 27.5 m
 C. 从公交车开始刹车到与小狗共速的过程历时 4 s
 D. 公交车与小狗相遇时公交车的速度为 5 m/s

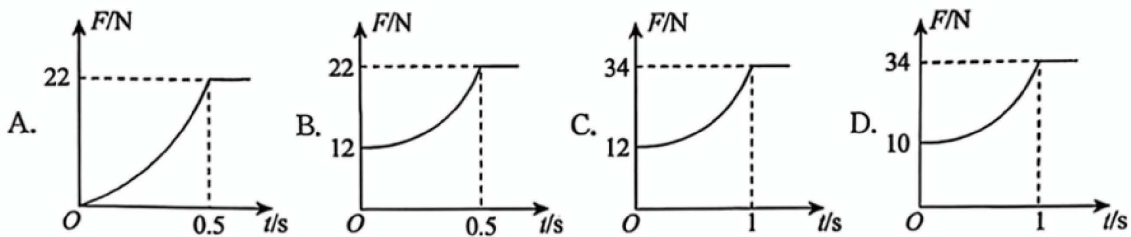
6. “祝融号”是我国首个火星探测器,这一成就为我们人类登陆火星迈出了重要一步。假想某一天宇航员成功登上火星,他们利用位移传感器和小球进行竖直上抛实验,记录下小球运动的位移 x 与时间 t 的关系图像如图所示。已知地球的半径约为火星半径的 2 倍,地球的第一宇宙速度为 7.9 km/s ,地球表面的重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,忽略火星的自转及表面的空气阻力, $\sqrt{5} \approx 2.2$ 。则下列说法正确的是

- A. 小球的初速度为 4 m/s
 B. 火星表面的重力加速度为 2 m/s^2
 C. 火星的第一宇宙速度约为 17.4 km/s
 D. 火星的密度约为地球密度的 $\frac{4}{5}$



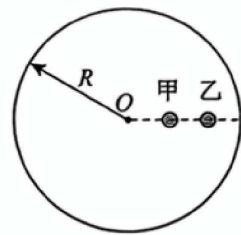
7. 水平面上竖直固定着一根轻质弹簧,劲度系数为 80 N/m ,弹簧上端叠放着两物块 P 和 Q 且处于静止状态,质量分别为 $m_P=2 \text{ kg}$, $m_Q=10 \text{ kg}$ 。 $t=0$ 时刻用一个竖直向上的外力拉物块 P,如图所示,使物块 P 以 1 m/s^2 的加速度匀加速竖直向上运动,重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,不计阻力。下列图像中能正确表示拉力 F 与时间 t 的变化关系的是





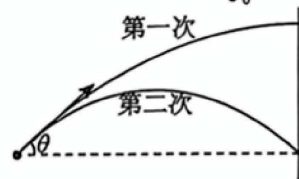
8. 为了方便顾客食用菜品,饭店的餐桌上常常配备大转盘,该转盘可根据顾客需求调节转速。在转盘桌上放置两个材质相同但质量不同的碗,甲碗的质量大于乙碗的质量(两只碗均可视为质点)。甲、乙两碗放置在转盘上的同一条半径上,且乙碗距圆心的距离大于甲碗(如图所示)。已知转盘的半径为 R ,最大静摩擦力等于滑动摩擦力,现通过调节使转速缓慢增加至 n (单位: r/s)时,下列说法正确的是

- A. 当转速增大到一定值后,乙碗一定先滑动
 B. 当转速 $n > \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$ 时,乙碗一定发生滑动(μ 为碗与转盘间的动摩擦因数, g 为重力加速度)
 C. 两只碗均未发生滑动时,甲碗所受的摩擦力一定较大
 D. 两只碗均未发生滑动时,乙碗的向心加速度一定较大



9. 在中国男篮 2025 年 7 月 16 日进行的国际热身赛中,中国男篮成功击败了荷兰队。假设某篮球运动员在练习投篮时,两次球出手的位置和速度方向保持不变(即抛出速度与水平方向的夹角 θ 保持不变),第一次击中篮板时速度方向为水平,第二次击中篮板的位置与抛出点处于同一高度,如图所示。则第一次与第二次投球过程中的初速度之比 $\frac{v_0}{v_0'}$ 、

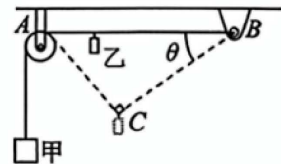
运动的总时间之比 $\frac{t}{t'}$ 、篮球上升的最大高度之比 $\frac{h}{h'}$,以及速度偏转角 α 的正切值之比 $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$ 的说法正确的是



- A. $\frac{v_0}{v_0'} = 2$ B. $\frac{t}{t'} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ C. $\frac{h}{h'} = 2$ D. $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{1}{2}$

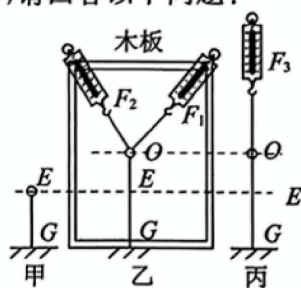
10. 如图所示,竖直面内一定滑轮固定在 A 点,轻绳绕过定滑轮后右端固定于 B 点,轻绳左端连接质量为 M 的物体甲,把一个质量为 m 的物体乙系在轻绳的结点 C 上,用手托至 BC 段轻绳水平静止。现放手使乙运动,运动过程中 BC 与水平方向的夹角用 α 表示。已知乙到达最低点时两段轻绳的夹角为 90° 且 $\alpha = \theta$ (如虚线所示),滑轮视为质点,重力加速度为 g ,不计一切摩擦,则下列说法正确的是

- A. 物体乙向下运动的过程中,物体甲先超重后失重
 B. 物体乙向下运动的过程中,甲和乙的速度关系为 $v_{\text{甲}} = \frac{v_{\text{乙}}}{\cos \alpha}$
 C. 物体乙到达最低点时 BC 段轻绳拉力为 $mg \sin \theta$
 D. 物体乙到达最低点时 AC 段轻绳的拉力为 $\frac{Mmg(1 + \cos \theta)}{M + m}$



二、非选择题:本题共 5 小题,共 54 分。

11. (6 分)在探究“两个力的合成规律”的实验中,首先将橡皮筋一端固定在水平地面上(如图甲所示),然后在靠近橡皮筋且垂直于地面的位置放置一块木板,并在木板上固定一张白纸(如图乙所示,仅图乙画出木板)。橡皮筋的另一端系有一个轻质小圆环,两个弹簧测力计分开一定角度共同拉动小圆环,将小圆环拉至 O 点。在白纸上用铅笔记 O 点的位置、两条细线的方向以及弹簧测力计的示数 F_1 、 F_2 。接着使用一个弹簧测力计拉该小圆环,将小圆环拉至_____ (如图丙所示),记录细线的方向,并读出弹簧测力计的示数 F_3 ,最终采用图示法表示三个拉力。针对上述操作,请回答以下问题:



(1)完成上述填空。

(2)为了减小误差,以下操作中正确的是_____。

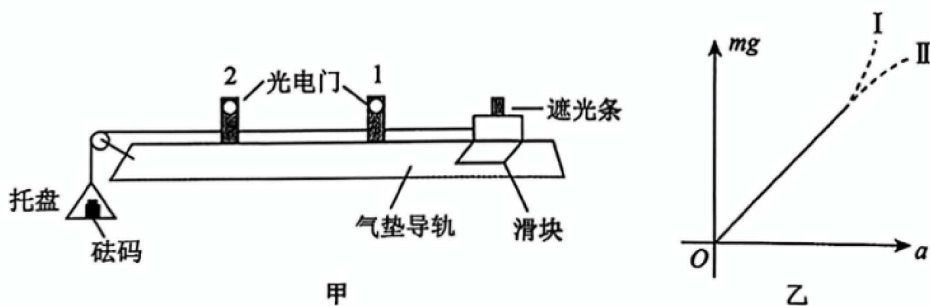
- A. 选用两个完全相同的弹簧测力计
- B. 确保弹簧测力计和细线与木板平行
- C. 保证两个弹簧测力计的示数相同

(3)以下是该小组同学测量的几组数据,你认为不合理的是_____。

- A. $F_1=2.10\text{ N}; F_2=2.30\text{ N}; F_3=2.10\text{ N}$
- B. $F_1=2.10\text{ N}; F_2=2.80\text{ N}; F_3=5.10\text{ N}$
- C. $F_1=0.80\text{ N}; F_2=1.30\text{ N}; F_3=1.10\text{ N}$
- D. $F_1=0.70\text{ N}; F_2=1.10\text{ N}; F_3=0.30\text{ N}$

12. (8 分)某小组在验证“物体的加速度与合力和质量的关系”的实验中,使用了以下器材:气垫导轨(包含滑轮和气泵)、滑块(附带遮光条)、光电门(2 个)、数字计时器、天平、若干砝码及托盘,以及若干细线,其中重力加速度为 g 。操作步骤如下:

- ①安装好实验器材,测量两个光电门之间的距离,调整气垫导轨至水平状态,并用细线将滑块与托盘连接,使其跨过定滑轮。
- ②保持滑块质量不变,在托盘上放置一定质量的砝码,测量滑块上的遮光条通过光电门 1 和光电门 2 时的挡光时间。
- ③逐步增加托盘中的砝码数量,重复上述操作,绘制出砝码及托盘的总重力 mg 与滑块加速度 a 的函数关系图像。



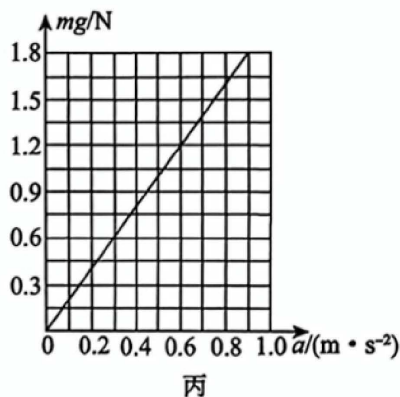
根据上述操作回答问题：

(1) 该实验_____ (填“需要”或“不需要”)平衡阻力。

(2) 若在逐渐增加砝码的过程中,发现图像不再是直线,这是由于砝码的质量不再远小于滑块的质量,导致细线的拉力与砝码及托盘的总重力偏差较大。在如图乙所示的图线中对应的图线是_____ (填“ I ”或“ II ”)。

(3) 截取图乙中图线的直线部分如图丙所示,根据图丙结果可得出滑块及遮光条的总质量为_____ kg (结果保留 1 位有效数字)。

(4) 为了解决(2)中的系统误差,另一小组同学将滑块(含遮光条)、砝码及托盘整体视为一个系统,通过绘制滑块加速度 a 的倒数与砝码及托盘总质量 m 的倒数的图像,即 $\frac{1}{a} - \frac{1}{m}$,也可以验证当物体质量保持不变时,物体的加速度与所受合外力成正比,该图像纵轴的截距为_____ (用题中所给物理量的字母表示)。



13. (11 分) 机场安检是保障乘客安全的必要程序。如图甲所示,在某机场安检员将乘客的物品放入置物筐后,无初速度地将置物筐放在传送带上,此时置物筐的左端恰好在传送带的最左端 A 点(物品与置物筐均无初速度),安检机简化为如图乙所示。已知物品与置物筐之间的动摩擦因数为 $\mu_1 = 0.05$,置物筐与传送带之间的动摩擦因数为 $\mu_2 = 0.1$,传送带顺时针转动的速度恒定为 $v = 0.3 \text{ m/s}$ 。物品的质量和置物筐的质量均为 $m = 1 \text{ kg}$,传送带 AB 间的距离 $L = 3 \text{ m}$,置物筐的长度为 $d = 0.6 \text{ m}$,物品可视为质点,不考虑其他因素的影响,重力加速度 g 取 10 m/s^2 。

(1) 求物品加速过程的加速度大小；

(2) 若物品与置物筐恰好不相撞,求最初物品应放置在距离置物筐左端的长度；

(3) 在(2)的基础上求从置物筐放在传送带上至置物筐的右端到达 B 点的总时间。



甲



乙

14. (13分) 2025年4月27日,天链二号05星搭载长征三号乙运载火箭成功发射,该卫星是静止轨道同步卫星,其轨道半径为 kR (R 为地球半径, k 为已知常量)。已知引力常量为 G ,地球的自转周期为 T_0 。

(1)求地球两极的重力加速度大小 g ;

(2)求地球的密度 ρ ;

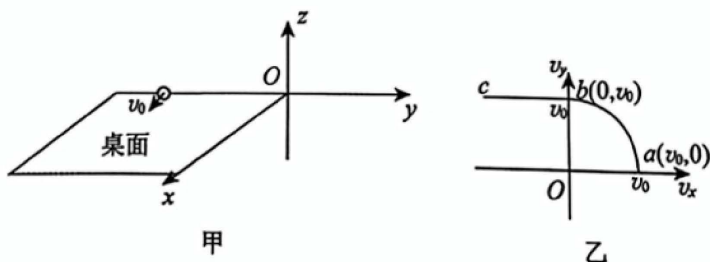
(3)同一轨道上需部署三颗卫星(轨道平面仍为赤道平面),可实现地球赤道上任意两点间的无线电通信,求该轨道上卫星运行的最小周期 T 。

15. (16分) 在一个足够大的光滑水平正方形桌面上,以桌子的一角为原点,相邻的两条边所在的直线为 x 轴和 y 轴,建立一个三维直角坐标系 $O-xyz$,如图甲所示。当物体进入桌子右侧 $y \geq 0$ 的空间内立刻对物体施加一个平行于 Oxz 平面的恒力 F 。现将一根细绳的一端固定在 O 点,另一端拴着一个质量为 m 的小球,由 y 轴上的某点以初速度 v_0 垂直于 y 轴沿 x 轴正方向抛出,此时细绳的拉力为小球重力的 $\frac{1}{5}$ 。小球到达了离开桌面后距离 x 轴最远位置的 M 点(之后的运动不做研究)。小球在运动过程中的速度可用图乙二维直角坐标系的一个点 $P(v_x, v_y)$ 表示(x 方向没有速度分量), v_x, v_y 为小球的速度在坐标轴方向上的分量,小球出发时 P 位于 $a(v_0, 0)$ 点,之后沿着 $\frac{1}{4}$ 圆弧运动到了 $b(0, v_0)$ 点后,又沿着直线运动到了 c (坐标未知)点结束。已知 P 点在任意相等的时间内在图乙 ab 段通过的曲线长度是 bc 段的 $\frac{1}{5}$,忽略一切阻力,重力加速度为 g 。求:

(1)绳长 l ;

(2)恒力的大小 F 及方向;

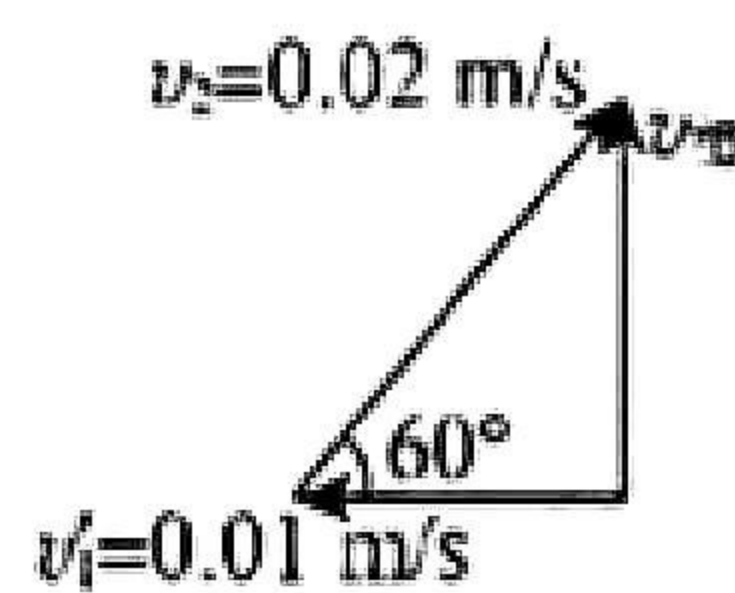
(3)抛出点与 M 点的距离 d 。



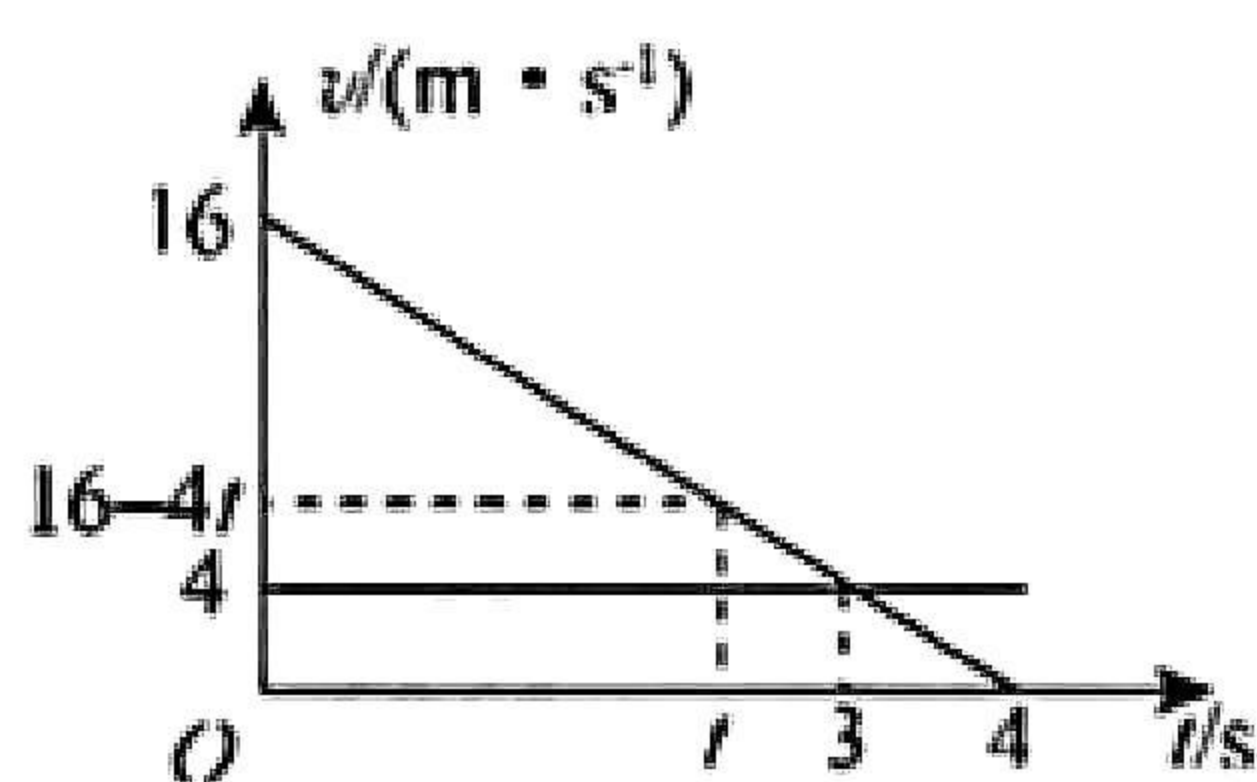
参考答案及解析

一、选择题

1. A 【解析】增大摩擦力可通过增加重量或增加接触面的粗糙程度, A 项正确; 火车转弯时, 速度越快, 火车所需的向心力越大, 火车对内侧铁轨的压力不会随之增大, B 项错误; 人的加速度为零时速度最大, 即橡皮绳的弹力等于重力时, C 项错误; 系安全带是为了减小突然刹车时, 由于人的惯性带来的伤害, D 项错误。
2. C 【解析】路程是轨迹的长度, 位移是质点运动的初位置指向末位置的有向线段, 由于时间相同, 根据公式 $v = \frac{\Delta x}{t}$ 可知, 两人的平均速度相同, A 项错误, C 项正确; 由于两人在 C 点运动方向不同, 故两人在 C 点的速度一定不同, B 项错误; 平均速率是路程与时间的比值, D 项错误。
3. C 【解析】“立正”与“跨立”人均处于静止状态, 人受到的合力均为零, A 项错误; “立正”时, 地面对人的支持力竖直向上, 没有摩擦力, “跨立”时, 支持力大小和方向不变, 但是两脚受到地面的摩擦力, 地面对一只脚的作用力为支持力与摩擦力的合力, 所以地面对一只脚的作用力增大, B、D 项错误, C 项正确。
4. A 【解析】根据题意可知, 托盘沿 x 轴正方向运动, 喷头与 x 轴正方向成 60° 角匀速运动(以地面为参考系), 以托盘为参考系的运动速度为 $v_{\text{喷}}$, 根据勾股定理可得, 相对速度为沿 y 轴正方向的直线, 故选 A 项。



5. B 【解析】根据题目信息画出二者的速度—时间图像, 设经过时间 t , 公交车与小狗相遇, 则此时公交车的速度为 $16 - 4t$ (m/s), 如图所示,



根据相对位移等于二者间的距离有 $\frac{16-4t-4+12}{2}t = 17.5$ m, 解得 $t = 2.5$ s 或 3.5 s(舍), 故公交车会撞到小狗, A、C 项错误; 此时公交车的速度为 6 m/s, D 项错误; 公交车的位移为 $x = 16 \times 2.5 - \frac{1}{2} \times 4 \times 6.25 = 27.5$ m, B 项正确。

6. D 【解析】由图中可知, 小球上升的最大高度为 0.5 m, 则有 $0 = -v_0 + g_x t$, $x = -v_0 t + \frac{1}{2} g_x t^2$, 解得 $g_x = 4$ m/s², $v_0 = 2$ m/s, A、B 项错误; 根据第一宇宙速度的计算公式可得 $v_1 = \sqrt{gR}$, 其中 $\frac{g_{\text{星}}}{g_{\text{地}}} = \frac{5}{2}$, $\frac{R_{\text{星}}}{R_{\text{地}}} = 2$, 解得 $\frac{v_{1\text{星}}}{v_{1\text{地}}} \approx 2.2$, 故火星的第一宇宙速度约为 3.6 km/s, C 项错误; 星球的密度根据黄金代换 $GM = gR^2$, 可得 $\rho = \frac{3g}{4\pi GR}$, 即 $\frac{\rho_{\text{星}}}{\rho_{\text{地}}} = \frac{g_{\text{星}} R_{\text{地}}}{g_{\text{地}} R_{\text{星}}} = \frac{4}{5}$, D 项正确。

7. B 【解析】一开始系统静止, 弹簧的弹力等于 P 和 Q 的重力, 即 $(m_P + m_Q)g = kx_0$, 施加拉力后, 二者一起做匀加速直线运动, 此时拉力最小, 即 $F_{\text{min}} = (m_P + m_Q)a$; 当 P 和 Q 分离的瞬间, 拉力最大, 即 $F_{\text{max}} - m_P g = m_P a$, 弹簧的形变量为 x' 有 $kx' - m_Q g = m_Q a$, $x_0 - x' = \frac{1}{2} a t^2$, 解得 $F_{\text{max}} = 22$ N, $F_{\text{min}} = 12$ N, $t = 0.5$ s. 故选 B 项。

8. AD 【解析】两只碗由摩擦力提供向心力, 当达到最大静摩擦力时, 即 $f_{\text{max}} = \mu mg = m\omega^2 r$ 时, 距离远的先滑动, A 项正确; 题目给出整个转盘的半径为 R , 代入数据得 $\omega^2 = \frac{\mu g}{R} = (2\pi n)^2$, 解得 $n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$, 但是两只碗的轨迹半径均小于 R , 转速达到该值乙碗不发生滑动, B 项错误; 甲碗的质量大, 半径小, 无法确定静摩擦力的大小, C 项错误; 根据向心加速度公式 $a = \omega^2 r$, 可得半径大的向心加速度大, D 项正确。

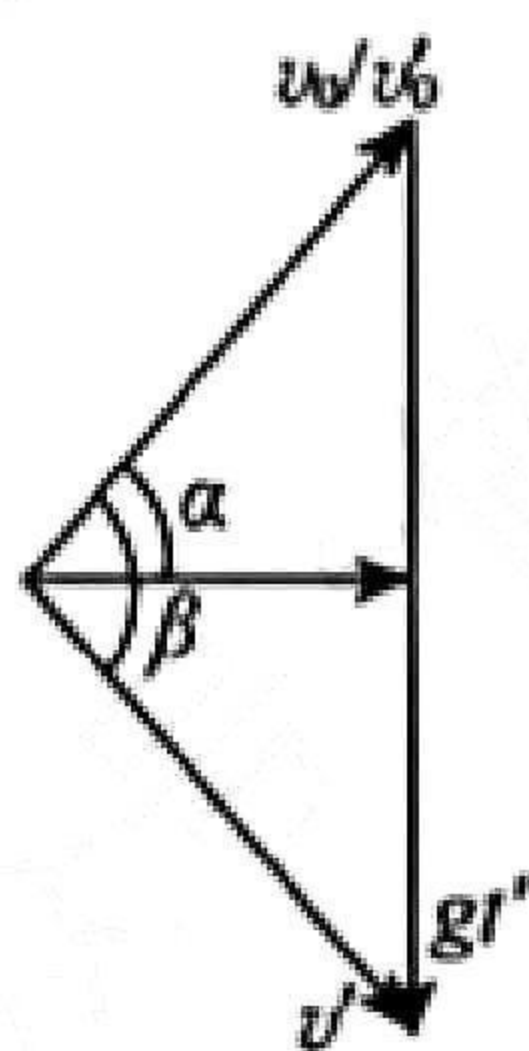
9. BC 【解析】将两次的初速度正交分解, 由于每次的抛出角度不变, 两次水平位移相同, 即 $x = v_0 t \cos \theta = v'_0 t' \cos \theta$, $t = \frac{v_0 \sin \theta}{g}$, $t' = 2 \frac{v'_0 \sin \theta}{g}$, 可得 $\frac{v_0}{v'_0} = \sqrt{2}$, $\frac{t}{t'} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, A 项错

误, B项正确; 根据位移公式有 $h = v_0 t \sin \theta - \frac{1}{2} g t^2$, 可得

$\frac{h}{h'} = 2$, C项正确; 第二次的末速度与初速度的大小相

同, 速度矢量关系如图所示, 速度偏转角 $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{1}{2}$, 正切

值非 2 倍的关系, D项错误。



10. ACD 【解析】由于物体乙的运动情况是速度由零加速后再减速为零, 故物体甲同样向上运动先加速后减速, 即物体甲先超重后失重, A项正确; 甲、乙两物体沿轻绳方向的速度相同, 将物体乙的速度正交分解, 根据已知可得物体乙做圆周运动, 如图 1 所示, 但是分解后没有已知角度, 无法求出甲和乙两个物体的速度关系, B项错误; 当物体乙运动到最低点时, 甲、乙两个物体的速度均为零, BC 段轻绳的拉力等于物体乙重力沿 BC 方向的分力, 沿 AC 方向, 甲、乙两物体的加速度相同, 力的分解情况如图 2 所示, BC 的拉力等于 $mg \sin \theta$, 设 AC 的拉力为 F_T , $F_T - mg \cos \theta = ma$, 甲物体只受重力和竖直向上的拉力, 则 $Mg - F_T = Ma$, 解得 $F_T = \frac{Mmg(1 + \cos \theta)}{M + m}$, C、D项正确。

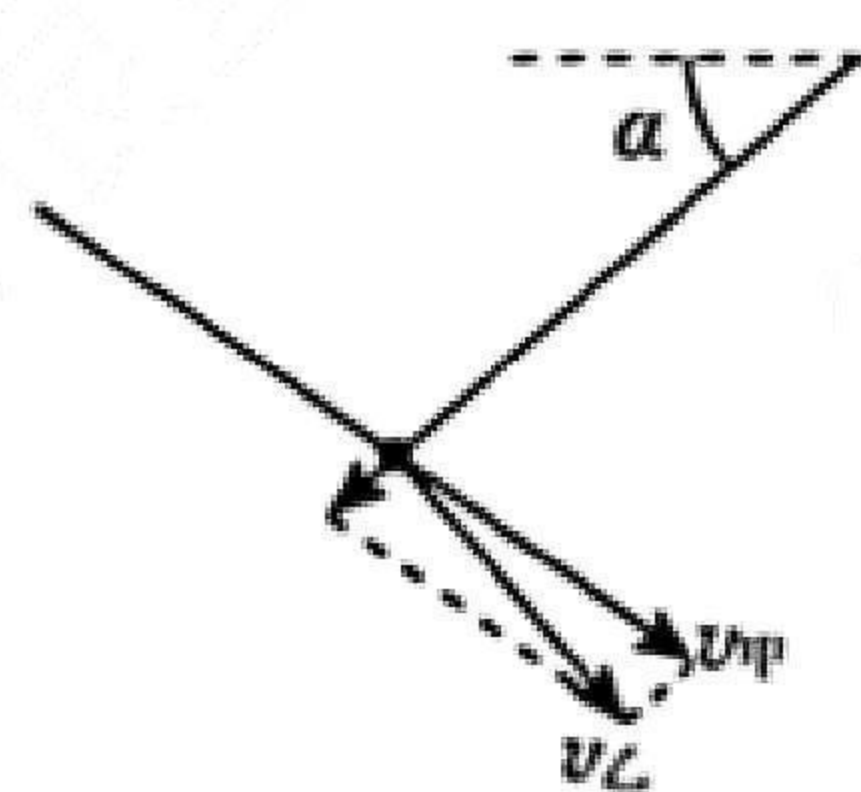


图1

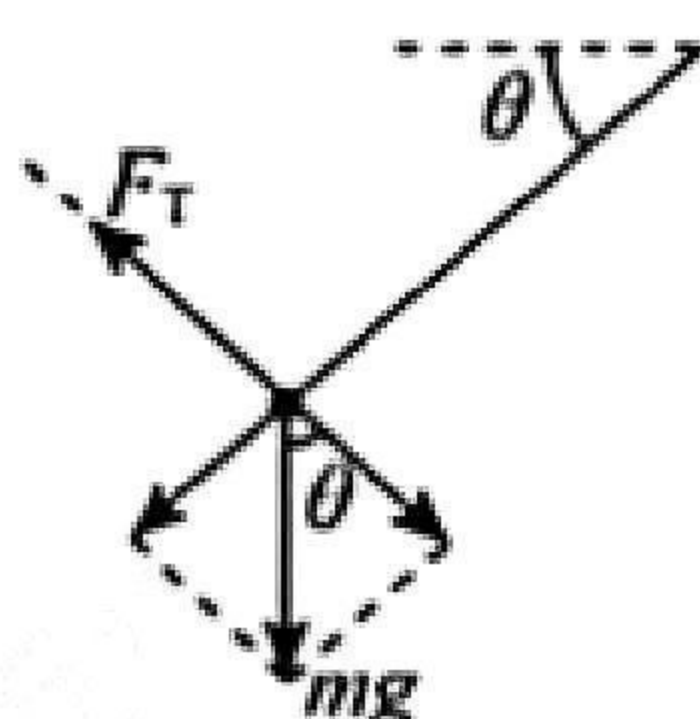


图2

二、非选择题

11. (1) O点(合理即可)(2分)

(2) B(2分)

(3) BD(2分)

【解析】(1) 本实验用到了等效替代法, 第二次用一个弹簧测力计拉小圆环时需仍拉至 O 点。

(2) 选用两个完全相同的弹簧测力计对实验无影响, A项错误; 为了减小误差本实验操作时应注意弹簧测力

计和细线要与木板平行, B项正确; 两个弹簧测力计的示数不一定相同, C项错误。

(3) 由于两个合力范围是 $|F_1 - F_2| \leq F_{\text{合}} \leq F_1 + F_2$, 故选 B、D 项。

12. (1) 不需要(2分)

(2) I(2分)

(3) 2(2分)

(4) $\frac{1}{g}$ (2分)

【解析】(1) 实验中使用了气垫导轨, 故不需要平衡阻力。

(2) 根据牛顿第二定律可知, $mg - F_T = ma$, 拉力 F_T 小于砝码及托盘的重力 mg , 当砝码及托盘的重力远大于拉力时, 砝码及托盘的加速度趋于重力加速度, 故选图线 I。

(3) 由题意可得 $mg = Ma$, 故该图线的斜率为滑块的质量, 即 $M = \frac{1.8 \text{ N}}{0.9 \text{ m/s}^2} = 2 \text{ kg}$ 。

(4) 根据系统的牛顿第二定律有 $mg - F_T = ma$, $F_T = Ma$, 可得 $\frac{1}{a} = \frac{M}{g} \cdot \frac{1}{m} + \frac{1}{g}$, 由此可知纵轴的截距为 $\frac{1}{g}$ 。

13. (1) 0.5 m/s^2

(2) 0.06 m (或 6 cm)

(3) 8.1 s

【解析】(1) 由于物品和置物筐没有初速度, 所以根据牛顿第二定律可得物品的加速度 $a_1 = \frac{\mu_1 mg}{m} = 0.5 \text{ m/s}^2$

(3分)

(2) 置物筐的加速度 $a_2 = \frac{2\mu_2 mg - \mu_1 mg}{m} = 1.5 \text{ m/s}^2$

(1分)

二者共速后物品不再相对滑动, 物品与传送带共速的时间为 $t_1 = \frac{v}{a_1} = 0.6 \text{ s}$

(1分)

置物筐与传送带共速的时间为 $t_2 = \frac{v}{a_2} = 0.2 \text{ s}$

(1分)

综上可得 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = 0.09 \text{ m}$, $x_2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 + v(t_1 - t_2) = 0.15 \text{ m}$

(1分)

相对位移为 $\Delta x = 0.06 \text{ m}$, 即物品放置在距置物筐左侧 6 cm 的位置

(1分)

(3) 根据(2)可知, 共速时置物筐已经运动了 0.15 m , 剩余的位移置物筐做匀速直线运动, 即 $x_{\text{余}} = L - x_2 - d = 2.25 \text{ m}$

(1分)

所以置物筐剩余的时间为 $t_3 = \frac{x_{全}}{v} = 7.5 \text{ s}$ (1分)

置物筐在传送带上运动的总时间为 $t = t_1 + t_3 = 8.1 \text{ s}$ (1分)

14. (1) $\frac{4\pi^2 k^3 R}{T_0^2}$

(2) $\frac{3\pi k^3}{GT_0^2}$

(3) $\sqrt{\frac{8}{k^3}} T_0$

【解析】(1) 静止轨道卫星的周期等于地球的自转周期, 有 $\frac{GMm}{(kR)^2} = mkR \left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2$ (2分)

根据黄金代换 $GM = gR^2$ (2分)

联立解得 $g = \frac{4\pi^2 k^3 R}{T_0^2}$ (1分)

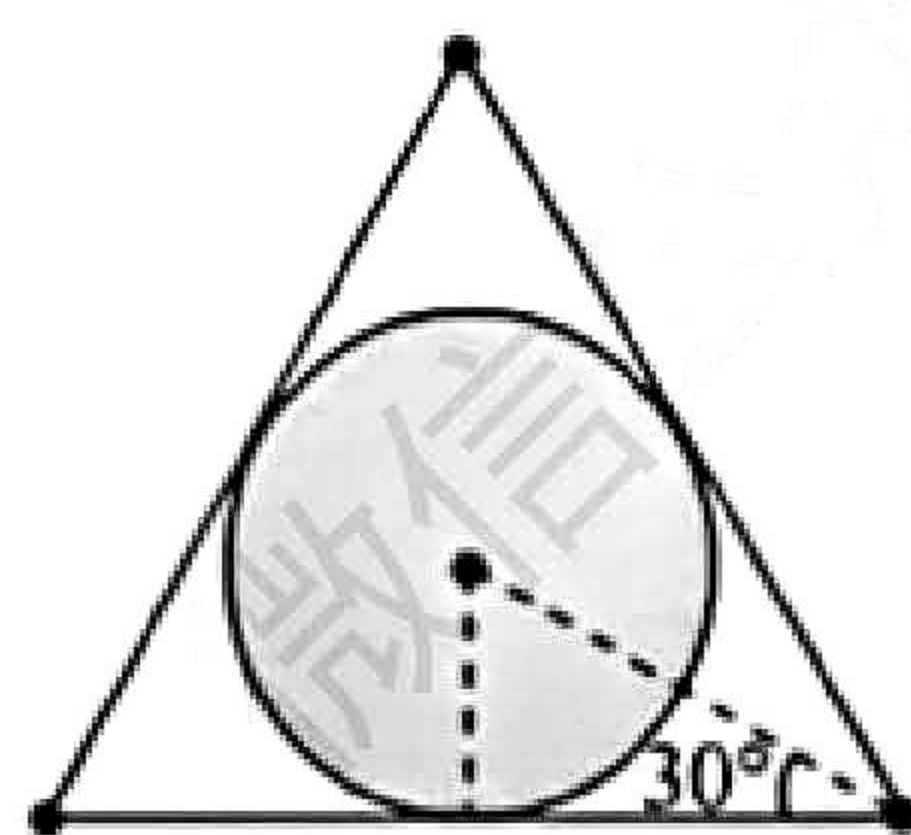
(2) 根据(1)可知 $M = \frac{gR^2}{G}$ (1分)

则地球的密度 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3\pi k^3}{GT_0^2}$ (2分)

(3) 由题意可知, 三个卫星的分布在赤道平面上的外切正三角形的三个顶点上, 如图所示, 由几何关系可知, 此轨道半径为 $2R$ (1分)

$\frac{GMm}{(2R)^2} = m \times 2R \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2$ (2分)

联立黄金代换式解得 $T = \sqrt{\frac{8}{k^3}} T_0$ (2分)



15. (1) $\frac{5v_0^2}{g}$

(2) $\sqrt{2}mg$ 方向与 x 轴负方向成 45° 角 (或与 z 轴正方向成 45° 角)

(3) $\frac{3\sqrt{10}v_0^2}{g}$

【解析】(1) 由题意得, 小球在桌面上做圆周运动, 细绳的拉力提供向心力, 即 $F_T = \frac{mv_0^2}{l}$ (2分)

且 $F_T = \frac{1}{5}mg$

代入数据得 $l = \frac{5v_0^2}{g}$ (2分)

(2) 当小球离开桌面后由图乙可得, 小球在 Oxy 平面内做类平抛运动, 此时加速度方向沿 x 轴负方向, 由于恒力平行于平面 Oxz , 故小球受到的重力和恒力的合力沿 x 轴负方向, 根据题意可知, 小球做圆周运动时的加速度为 $a_1 = \frac{g}{5}$, 小球在 $y \geq 0$ 的区域内的加速度为 $a_2 = g$ (2分)

由此可得恒力和重力的关系为 $F = \sqrt{2}mg$ (2分)

方向与 x 轴负方向成 45° 角 (1分)

(3) 设小球沿 x 轴负方向做匀加速直线运动, 位移为 $x+l$ (x 为绝对值), 沿 y 轴正方向的位移为 y , 如图所示, 可得 $x+l = \frac{1}{2}gt^2$, $y = v_0 t$, $l^2 = y^2 + x^2$ (用三角函数表示也可) (3分)

解得 $y = \frac{4}{5}l$, $x = \frac{3}{5}l$ (1分)

则出发点至 M 点的距离为

$d = \sqrt{\frac{81}{25}l^2 + \frac{9}{25}l^2} = \frac{3\sqrt{10}}{5}l = \frac{3\sqrt{10}v_0^2}{g}$ (3分)

