

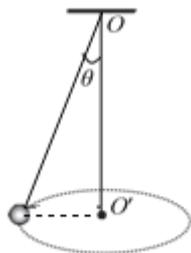
2024 北京广渠门中学高三 9 月月考

物 理

本试卷共 4 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题纸上，在试卷上作答无效

一、不定项选择题（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分）

1. 如图所示，长为 l 的细线上端固定于悬点 O ，细线下面悬挂一质量为 m 的小钢球。钢球在水平面内以 O' 为圆心做匀速圆周运动时，细线与 OO' 的夹角为 θ 。忽略空气阻力，重力加速度为 g 。则（ ）



A. 小钢球受重力、拉力和向心力

B. 细绳拉力大小为 $mg\cos\theta$

C. 小钢球受向心力大小为 $mg\tan\theta$

D. 小钢球运动的角速度大小为 $\sqrt{\frac{g \tan \theta}{l}}$



2. 某人造地球卫星因受高空稀薄空气的阻力作用，绕地球运转的轨道会慢慢改变，每次测量中卫星的运动可近似看作圆周运动，某次测量卫星的轨道半径 r_1 ，后来变为 r_2 ， $r_1 > r_2$ ，以 E_{k1} 、 E_{k2} 表示卫星在这两个轨道上的动能， T_1 、 T_2 表示卫星在这两个轨道上的周期则（ ）

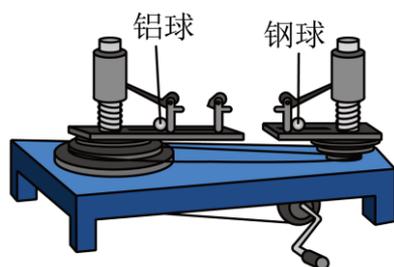
A. $E_{k2} > E_{k1}$ 、 $T_2 < T_1$

B. $E_{k2} < E_{k1}$ 、 $T_2 > T_1$

C. $E_{k2} < E_{k1}$ 、 $T_2 < T_1$

D. $E_{k2} > E_{k1}$ 、 $T_2 > T_1$

3. 如图所示，利用向心力演示仪，探究向心力的大小与质量、角速度和半径之间的关系，若皮带套在两个半径相等的塔轮上，且做匀速圆周运动，两侧分别放置铝球和钢球，则此时正在研究哪两个物理量之间的关系（ ）



A. 研究向心力与质量之间的关系

B. 研究向心力与角速度之间的关系

C. 研究向心力与半径之间的关系

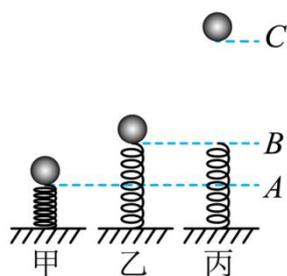
D. 研究向心力与线速度之间的关系

4. 如图所示，用水平传送带将质量为 m 的煤块从 A 端运送到 B 端。 AB 之间的距离为 L ，传送带始终保持以速率 v 匀速运动，煤块与传送带间的动摩擦因数为 μ 。将煤块轻轻放在传送带上后，煤块在传送带上留下一段长度为 l ($l < L$) 的痕迹。下列说法正确的是 ()



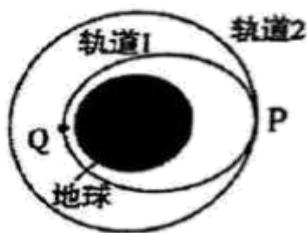
- A. 摩擦力对煤块做的功为 $\mu mg(L+l)$
- B. 摩擦力对煤块做的功为 $\frac{1}{2}mv^2$
- C. 摩擦力对传送带做功 $-\mu mgl$
- D. 一对滑动摩擦力对煤块与传送带系统做功之和为 $-\mu mgl$

5. 把一小球放在竖立的轻弹簧上，并把小球往下按至 A 的位置，如图甲所示。迅速松手后，弹簧把小球弹起，小球升至最高位置 C (图丙)，途中经过位置 B 时弹簧正好处于自由状态 (图乙)。不计空气阻力，下列说法正确的是 ()



- A. 小球从 A 运动到 B 的过程中，弹簧的弹性势能全都转化为小球的重力势能
- B. 小球从 A 运动到 C 的过程中，弹簧的弹性势能全都转化为小球的重力势能
- C. 小球从 A 运动到 B 的过程中，动能一直增大
- D. 小球从 A 运动到 B 的过程中，动能最大的位置为 AB 的中点

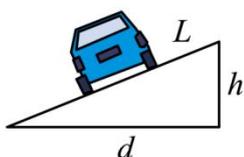
6. 某载人飞船运行的轨道示意图如图所示。飞船先沿椭圆轨道 1 运行，近地点为 Q ，远地点为 P ，当飞船经过点 P 时点火加速，使飞船由椭圆轨道 1 转移到圆轨道 2 上运行。关于飞船的运行过程，下列说法中正确的是 ()



- A. 飞船在圆轨道上运行时航天员处于完全失重状态
- B. 飞船在轨道 1 上的运动周期可能等于飞船在轨道 2 上的运动周期
- C. 飞船在轨道 1 上运行经过 P 点的加速度等于在轨道 2 上运行经过 P 点的加速度
- D. 飞船在轨道 1 上运行经过 P 点的速度等于在轨道 2 上运行经过 P 点的速度

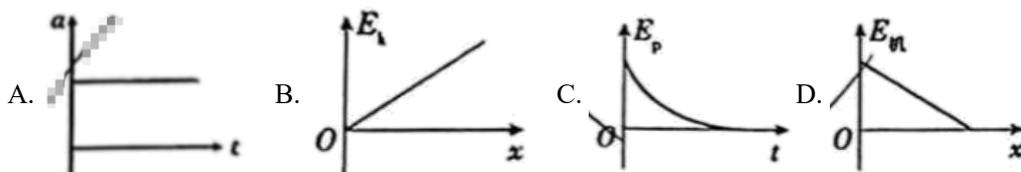


7. 在高速公路的拐弯处，通常路面都是外高内低。如图所示，在某路段汽车向左拐弯，司机左侧的路面比右侧的路面低一些。汽车的运动可看作是做半径为 R 的圆周运动。设内外路面高度差为 h ，路基的水平宽度为 d ，路面的宽度为 L 。已知重力加速度为 g 。要使车轮与路面之间的横向摩擦力（即垂直于前进方向）等于零，则汽车转弯时的车速应等于（ ）

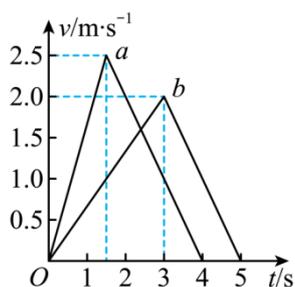


- A. $\sqrt{\frac{gRh}{L}}$ B. $\sqrt{\frac{gRh}{d}}$
 C. $\sqrt{\frac{gRL}{h}}$ D. $\sqrt{\frac{gRd}{h}}$

8. 司机卸载货物时，为了方便，经常将一块木板搭在车厢和地面之间，使货物沿木板滑下来。把货物的运动看作由静止开始的匀加速直线运动、设 a 、 E_k 、 E_p 、 $E_{机}$ 分别表示货物下滑过程中的加速度、动能、重力势能、机械能， x 和 t 表示货物下滑的位移和时间，取地面为零势能面，木板粗糙程度处处相同，则下列图像中可能正确的是（ ）



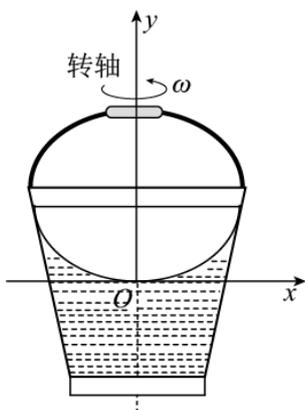
9. 两个物体 A、B 的质量分别为 m_1 和 m_2 ，并排静止在水平地面上，用同向水平拉力 F_1 、 F_2 分别作用于物体 A 和 B 上，分别作用一段时间后撤去，两物体各自滑行一段距离后停下来。两物体运动的速度-时间图象分别如图中图线 a 、 b 所示。已知拉力 F_1 、 F_2 分别撤去后，物体做减速运动过程的速度-时间图线彼此平行（相关数据已在图中标出）。由图中信息可以得出（ ）



- A. 若 $F_1 = F_2$ ，则 m_1 大于 m_2
 B. 若 $m_1 = m_2$ ，则力 F_1 对物体 A 所做的功较多
 C. 若 $m_1 = m_2$ ，则力 F_1 对物体 A 的冲量较大
 D. 若 $m_1 = m_2$ ，则力 F_1 的最大瞬时功率一定是力 F_2 的最大瞬时功率的 2 倍

10. 我们知道，处于自然状态的水都是向重力势能更低处流动的，当水不再流动时，同一滴水在水表面的不同位置具有相同的重力势能，即水面是等势面。通常稳定状态下水面为水平面，但将一桶水绕竖直固定

中心轴以恒定的角速度 ω 转动，稳定时水面呈凹状，如图所示。这一现象依然可用等势面解释：以桶为参考系，桶中的水还多受到一个“力”，同时水还将具有一个与这个“力”对应的“势能”。为便于研究，在过桶竖直轴线的平面上，以水面最低处为坐标原点、以竖直向上为 y 轴正方向建立 xOy 直角坐标系，质量为 m 的小水滴（可视为质点）在这个坐标系下具有的“势能”可表示为 $E_{px} = -\frac{1}{2}m\omega^2x^2$ 。该“势能”与小水滴的重力势能之和为其总势能，水会向总势能更低的地方流动，稳定时水表面上的相同质量的水将具有相同的总势能。根据以上信息可知，下列说法中正确的是（ ）

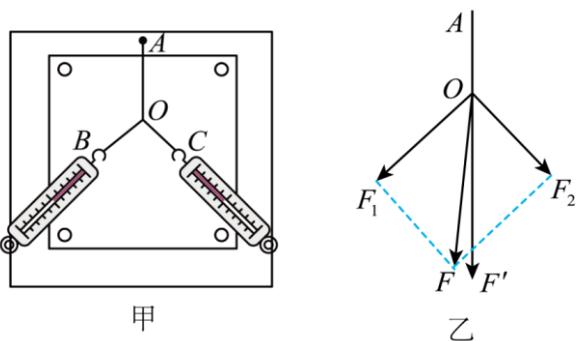


- A. 与该“势能”对应的“力”的方向指向 O 点
- B. 与该“势能”对应的“力”的大小随 x 的增加而减小
- C. 该“势能”的表达式 $E_{px} = -\frac{1}{2}m\omega^2x^2$ 是选取了 y 轴处“势能”为零
- D. 稳定时桶中水面的纵截面为圆的一部分

第二部分

二、实验题（本部分共 3 小题，共 18 分）。

11. 某同学做“探究两个互成角度的力的合成规律”的实验装置，如图所示。



(1) 为了使实验能够顺利进行，且尽量减小误差，你认为下列说法正确的是：_____；

- A. 两细绳必须等长
- B. 测量时，橡皮条、细绳和弹簧测力计应贴近并平行于木板
- C. 用弹簧测力计拉两个细绳套时，两拉力夹角越大越好

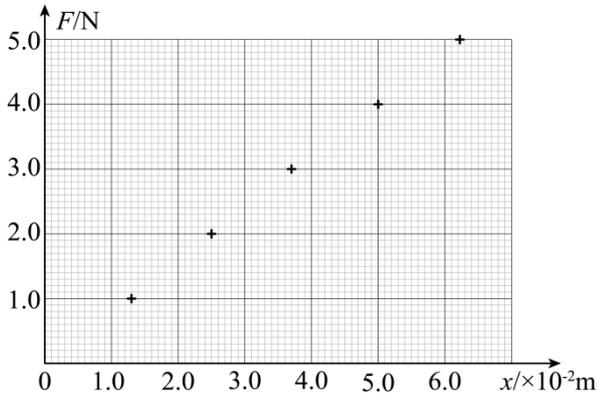
(2) 本实验采用的科学方法是_____。

- A. 理想实验法
- B. 等效替代法
- C. 控制变量法

(3) 按照正常实验操作，图乙中的 F 与 F' 两力中，方向一定沿 AO 方向的是_____。

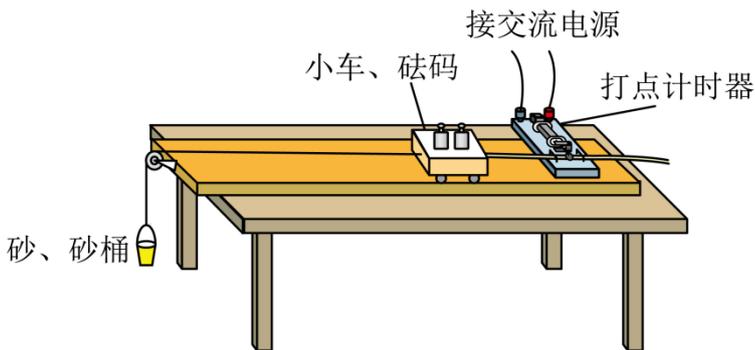
12. 某同学做“探究弹力与弹簧伸长关系”的实验，他先测出不挂钩码时竖直悬挂的弹簧长度，然后在弹簧下端挂上钩码，并逐个增加钩码，同时分别测出加挂不同钩码时弹簧的伸长量。在处理测量数据时，他将所有测得的弹簧伸长量 x 与相应的弹簧的弹力 F (F 的大小等于所挂钩码受到的重力) 的各组数据逐点标注在下图所示的坐标纸上。

(1) 请你在图中画出此弹簧弹力与弹簧伸长量的关系图线_____。



(2) 通过做出弹簧弹力与弹簧伸长量的关系图线可知，弹簧的弹力 F 随弹簧伸长量 x 变化的函数表达式是：_____ (变量均用国际单位)

13. 实验小组的同学在“验证牛顿第二定律”实验中，使用了如图所示的实验装置，



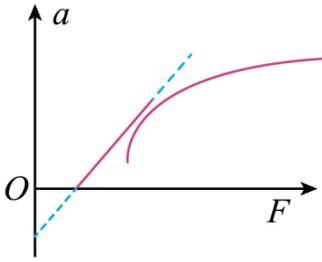
(1) 在下列测量工具中，本次实验需要用的测量仪器有_____ (选填测量仪器前的字母)

- A. 游标卡尺
- B. 刻度尺
- C. 秒表
- D. 天平

(2) 实验中，为了可以将细线对小车的拉力看成是小车所受的合外力，某同学先调节长木板一端滑轮的高度，使细线与长木板平行。接下来还需要进行的一项必须且正确的操作是_____。(选填选项前的字母)

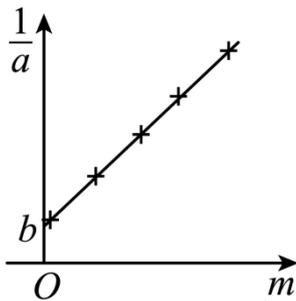
- A. 将长木板水平放置，让小车连着已经穿过打点计时器的纸带，给打点计时器通电，调节砂和砂桶的总质量的大小，使小车在砂和砂桶的牵引下运动，从打出的纸带判断小车是否做匀速运动
- B. 将长木板的右端垫起适当的高度，让小车连着已经穿过打点计时器的纸带，撤去砂和砂桶，给打点计时器通电，轻推一下小车，从打出的纸带判断小车是否做匀速运动
- C. 将长木板的右端垫起适当的高度，撤去纸带以及砂和砂桶，轻推一下小车，观察判断小车是否做匀速运动

(3)某同学在做保持小车质量不变，验证小车的加速度与其合外力成正比的实验时，根据测得的数据作出如图所示的 $a-F$ 图线，所得的图线既不过原点，又不是直线，原因可能是_____。（选填选项前的字母）



- A.木板右端所垫物体较低，使得木板的倾角偏小
- B.木板右端所垫物体较高，使得木板的倾角偏大
- C.小车质量远大于砂和砂桶的质量
- D.砂和砂桶的质量不满足远小于小车质量

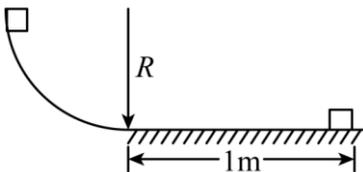
(4)在某次利用上述已调整好的装置进行实验中，保持砂和砂桶的总质量不变，小车自身的质量为 M 且保持不变，改变小车中砝码的质量 m ，并测出小车中不同砝码质量时所对应的加速度 a ，以 m 为横坐标， $\frac{1}{a}$ 为纵坐标，在坐标纸上作出如图所示的 $\frac{1}{a}-m$ 关系图线，实验结果验证了牛顿第二定律。如果图中纵轴上的截距为 b ，则小车受到的拉力大小为_____。



三、计算题：（本题共5小题，52分。解答应画出必要的示意图，写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。）

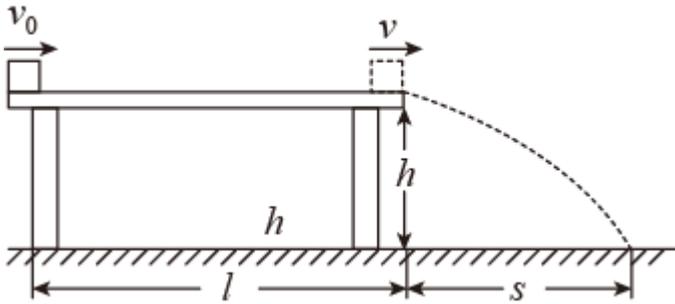
14. 如图，一质量为 $m=10\text{kg}$ 的物体，由 $\frac{1}{4}$ 圆弧轨道上端从静止开始下滑，到达底端时的速度 $v=2\text{m/s}$ ，然后沿水平面向右滑动 1m 距离后停止，已知轨道半径 $R=0.4\text{m}$ ， $g=10\text{m/s}^2$ 则：

- (1) 物体沿轨道下滑过程中克服摩擦力做多少功？
- (2) 物体与水平面间的动摩擦因数 μ 是多少？



15. 如图所示，质量为 m 的小物块在粗糙水平桌面上做直线运动，经距离 l 后以速度 v 飞离桌面，最终落在水平地面上。已知 $l=1.4\text{m}$ ， $v=3.0\text{m/s}$ ， $m=0.10\text{kg}$ ，物块与桌面间的动摩擦因数 $\mu=0.25$ ，桌面高 $h=0.45\text{m}$ 。不计空气阻力，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，求

- (1) 小物块落地点距飞出点的水平距离 s ;
- (2) 小物块落地时的动能 E_k ;
- (3) 小物块的初速度大小 v_0 。



16. 我国高速铁路使用的和谐号动车组是由动车和拖车编组而成，提供动力的车厢叫动车，不提供动力的车厢叫拖车。某列动车组由 8 节车厢组成，其中车头第 1 节、车中第 5 节为动车，其余为拖车，假设每节动车和拖车的质量均为 $m=2 \times 10^4 \text{kg}$ ，每节动车提供的最大功率 $P=600 \text{kW}$ 。



(1) 假设行驶过程中每节车厢所受阻力 f 大小均为车厢重力的 0.01 倍，若该动车组从静止以加速度 $a=0.5 \text{m/s}^2$ 加速行驶。

- a. 求此过程中，第 5 节和第 6 节车厢间作用力大小；
- b. 以此加速度行驶时所能持续的时间。

(2) 若行驶过程中动车组所受阻力与速度成正比，两节动车带 6 节拖车的动车组所能达到的最大速度为 v_1 。为提高动车组速度，现将动车组改为 4 节动车带 4 节拖车，则动车组所能达到的最大速度为 v_2 ，求 v_1 与 v_2 的比值。

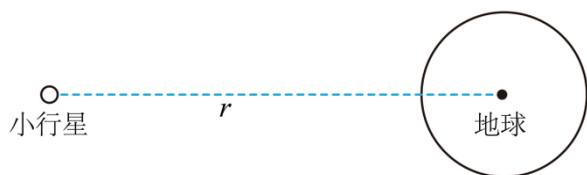
17. 小行星撞击地球虽然发生概率较低，却会使地球生命面临重大威胁。我国已经提出了近地小行星防御的发展蓝图，计划在 2030 年实现一次对小行星的动能撞击，2030 至 2035 年间实现推离偏转。已知地球质量为 M ，可视为质量分布均匀的球体，引力常量为 G 。若一颗质量为 m 的小行星距离地心为 r 时，速度的大小

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}, \quad m \text{ 远小于 } M. \text{ 不考虑地球运动及其它天体的影响。}$$

- (1) 若小行星的速度方向垂直于它与地心的连线，通过分析判断该小行星能否围绕地球做圆周运动。
- (2) 若小行星的速度方向沿着它与地心的连线指向地心。已知取无穷远处的引力势能为零，则小行星在距地心为 r 处的引力势能 $E_p = -G \frac{Mm}{r}$ 。

a. 设想提前发射质量为 $0.1m$ 的无人飞行器，在距离地心为 r 处与小行星发生迎面撞击，小行星撞后未解体。将撞击过程简化为完全非弹性的对心碰撞。为彻底解除小行星对地球的威胁，使其不与地球碰撞。求飞行器撞击小行星时的最小速度 v_0 。

b. 设想对小行星施加适当的“推力”后，使其在距离地心为 r 处的速度方向与它和地心连线的夹角变为 30° ，速度大小不变，也能解除对地球的威胁。已知小行星仅在地球引力作用下的运动过程，它与地心的连线在任意相等时间内扫过相等的面积。求小行星在此后的运动过程中，距地心的最近距离 r_0 。



18. 追寻守恒量是物理学的重要研究内容，在高中阶段我们探索守恒量时，除了实验手段，也常借助已有理论来进行分析。已知重力加速度为 g 。

(1) 如图 1 所示， A 和 B 两位置分别距离地面高度为 h_A 和 h_B ，质量为 m 的物体（可视为质点）在 A 和 B 两位置的速度大小分别为 v_A 和 v_B 。

a. 以地面为参考平面，分别写出物体在 A 和 B 两位置的机械能 E_A 和 E_B ；

b. 利用动能定理和重力做功的特点，证明沿光滑曲面下滑的物块在 A 位置的机械能与在 B 位置的机械能相等。

(2) 供暖系统、自来水系统都是通过管道运送液体的。管内液体稳定流动时具有这样的特点：①管内各处液体体积无法压缩且密度均相同；②管内各处液体流速不随时间改变。

如图 2 所示，选取横截面 C 和横截面 D 之间的液体为研究对象，当 C 处液体流动很小一段距离，到达 C' 时， D 处液体正好流动到 D' 处。已知液体密度为 ρ ， C 处的压强为 p_1 、流速为 u_1 、高度为 h_1 ， D 处的压强为 p_2 、流速为 u_2 、高度为 h_2 ， C 处管道半径为 R ， C 与 C' 间距离为 d ，且 R 、 d 均远远小于 h_2 。不计管道对液体的阻力，不考虑液体的黏滞性。在 C 、 D 间的液体流动至 C' 、 D' 的过程中

a. 求横截面 C 左侧液体对研究对象所做的功 W_1 ；

b. 求重力对研究对象所做的功 W_G ；

c. 研究表明，可运用动能定理对 C 、 D 间的液体进行分析。请依据动能定理探索压强 p 、流速 u 、高度 h 是否也存在着某种守恒的关系。若存在，请写出关系式；若不存在，请说明理由。

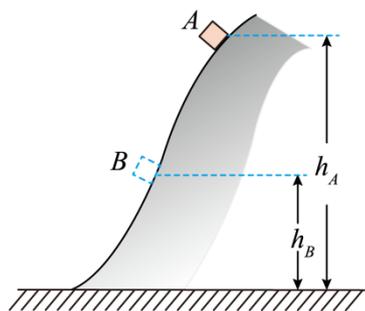


图1

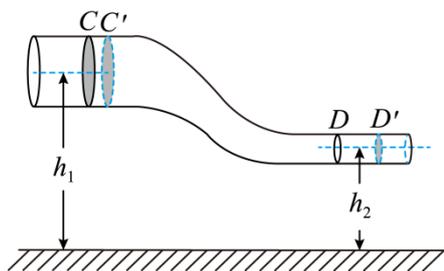


图2



参考答案

一、不定项选择题（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分）

1. 【答案】C

【详解】A. 小钢球受重力、拉力作用，合力提供了向心力，故 A 错误；

B. 线的拉力的竖直方向分力等于重力

$$mg = T \cos \theta$$

得

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

故 B 错误；

C. 线的水平分力提供了向心力

$$F_{\text{向}} = T \sin \theta = mg \tan \theta$$

故 C 正确；

D. 拉力的水平分力提供了向心力

T 根据

$$mg \tan \theta = m\omega^2 l \sin \theta$$

解得

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos \theta}}$$

故 D 错误。

故选 C。

2. 【答案】A

【分析】

【详解】因卫星受空气阻力，则速度变小，使得引力大于向心力从而做向心运动，则做圆周的半径变小；根据卫星所受万有引力提供向心力有

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

解得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$$

可得线速度变大，所以动能变大

$$E_{k2} > E_{k1}$$

周期变小，则



$$T_2 < T_1$$

故选 A。

3. 【答案】 A

【详解】铝球与钢球质量不同，转动的半径相等，线速度大小相等，本实验研究向心力与质量之间的关系，不是研究向心力与角速度、半径、线速度的关系。故 A 正确，BCD 错误。故选 A。

4. 【答案】 BD

【详解】AB. 设煤块与传送带的速度相等时，所用的时间为 t ，且煤块相对于地面的位移为 x ，则

$$x = \frac{0+v}{2}t$$

由于煤块在传送带上留下一段长度为 l ($l < L$) 的痕迹，则有

$$vt - x = l$$

联立解得

$$x = l$$

根据动能定理可得，摩擦力对煤块做的功为

$$W_f = \mu mgx = \mu mgl = \frac{1}{2}mv^2$$

故 A 错误，B 正确；

C. 摩擦力对传送带做功为

$$W_f' = -\mu mgx_{\text{传}} = -\mu mgvt = -2\mu mgl$$

故 C 错误；

D. 一对滑动摩擦力对煤块与传送带系统做功之和为

$$W_{\text{总}} = W_f + W_f' = \mu mgl + (-2\mu mgl) = -\mu mgl$$

故 D 正确。

故选 BD。

5. 【答案】 B

【详解】A. 小球从 A 运动到 B 的过程中，因小球在 B 点具有速度，所以弹簧的弹性势能一部分转化为小球的重力势能，还有一部分转化为小球的动能，故 A 错误；

B. 小球从 A 运动到 C 的过程中，由于小球在 C 点的速度为零，则弹簧的弹性势能全都转化为小球的重力势能，故 B 正确；

C. 小球从 A 运动到 B 的过程中，先向上作加速运动，后作减速运动，所以其动能不是一直增大，而是先增大后减小，故 C 错误；

D. 小球从 A 运动到 B 的过程中，动能最大的位置为小球的重力等于弹簧的弹力时的位置，而不一定是 AB 的中点位置，故 D 错误。

故选 B。

6. 【答案】 AC



【详解】A. 飞船在圆轨道上运行时航天员只受万有引力作用，万有引力充当向心力，航天员处于完全失重状态，故 A 正确；

B. 由开普勒第三定律

$$\frac{R^3}{T^2} = k$$

可知，轨道半径越大，公转周期越大，所以飞船在轨道 1 的运行周期小于其在轨道 2 的运行周期，故 B 错误；

C. 根据

$$\frac{GMm}{r^2} = ma$$

解得

$$a = \frac{GM}{r^2}$$

可知，飞船在轨道 1 上运行经过 P 点的加速度等于在轨道 2 上运行经过 P 点的加速度，故 C 正确；

D. 因为飞船由椭圆轨道 1 转移到圆轨道 2 上运行，需要飞船经过点 P 时点火加速，故飞船在轨道 1 上运行经过 P 点的速度小于在轨道 2 上运行经过 P 点的速度，故 D 错误。

故选 AC。

7. 【答案】B

【详解】由题意知，当横向摩擦力（即垂直于前进方向）等于零时

$$mg \tan \theta = m \frac{v^2}{R}$$

根据数学知识可得

$$\tan \theta = \frac{h}{d}$$

联立解得

$$v = \sqrt{\frac{gRh}{d}}$$

故选 B。

8. 【答案】AB

【详解】A. 设木板倾角为 θ ，货物质量为 m ，动摩擦因数为 μ ，根据牛顿第二定律

$$mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma$$

可得

$$a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$$

可知货物下滑过程中的加速度保持不变，故 A 正确；

B. 根据动能定理

$$E_k = mgx \sin \theta - \mu mgx \cos \theta = (mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta)x$$



可知 E_k 与 x 成正比，故 B 正确；

C. 设车厢距地面高度为 h ，货物的重力势能为

$$E_p = mg(h - x \sin \theta) = mgh - mgx \sin \theta$$

根据动力学公式

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

整理得

$$E_p = mgh - \frac{1}{2}mgat^2 \sin \theta$$

可知 $E_p - x$ 是开口向下的抛物线，故 C 错误；

D. 货物下滑过程，克服摩擦力做功，机械能减小，滑到地面时，重力势能为 0，但具有动能，因此机械能不为 0，故 D 错误。

故选 AB。

9. 【答案】D

【分析】根据撤除拉力后物体的运动情况进行分析，从而分析动摩擦因数的关系。由于水平拉力 F_1 和 F_2 的大小关系未知，故要求比较摩擦力对物体所做的功的多少，一定要知道两物体位移的大小关系；根据图象可求出拉力相同的情况下未撤力前加速度的关系，从而比较质量的大小。

【详解】A. 撤除拉力后两物体的速度图象平行，由速度-时间图线的斜率等于加速度知加速度大小相等，有

$$a_1 = a_2 = \mu g = 1\text{m/s}^2$$

则

$$\mu_1 = \mu_2 = 0.1$$

若 $F_1 = F_2$ ，对于 m_1 则有

$$F_1 - \mu_1 m_1 g = m_1 a_1$$

解得

$$m_1 = \frac{F_1}{a_1 + \mu_1 g}$$

对于 m_2 ，则有

$$F_2 - \mu_2 m_2 g = m_2 a_2$$

解得

$$m_2 = \frac{F_2}{a_2 + \mu_2 g}$$

由图可知 $a_1 > a_2$ ，则 $m_1 < m_2$ ，选项 A 错误；



B. 若 $m_1 = m_2$ ，则

$$f_1 = f_2$$

根据动能定理，对 a 有

$$W_{F1} - f_1 s_1 = 0$$

同理对 b 有

$$W_{F2} - f_2 s_2 = 0$$

则

$$s_1 = 4 \times 2.5 \times \frac{1}{2} \text{ m} = 5.0 \text{ m}$$

$$s_2 = 2 \times 5 \times \frac{1}{2} \text{ m} = 5.0 \text{ m}$$

所以

$$W_{F1} = W_{F2}$$

选项 B 错误；

C. 对两个物体的运动全程列动量定理得

$$I_F - ft = 0$$

即

$$I_F = ft$$

摩擦力相等，物体 B 运动的时间长，所以力 F_2 对物体 A 的冲量较大，选项 C 错误；

D. 由 A 项分析可知

$$F_1 - \mu_1 m_1 g = m_1 a_1$$

$$F_2 - \mu_2 m_2 g = m_2 a_2$$

得

$$F_1 = m_1 a_1 + \mu_1 m_1 g$$

$$F_2 = m_2 a_2 + \mu_2 m_2 g$$

解得

$$F_1 = \frac{8}{3} m_1$$

$$F_2 = \frac{5}{3} m_2$$

而瞬时功率为 $P = Fv$ ，则

$$P_1 = \frac{20}{3} m_1$$

$$P_2 = \frac{10}{3} m_2$$



所以力 F_1 的最大瞬时功率一定是力 F_2 的最大瞬时功率的 2 倍，选项 D 正确，

故选 D。

10. 【答案】C

【详解】A. 根据该“势能”的表达式

$$E_{\text{px}} = -\frac{1}{2}m\omega^2 x^2$$

可知，距离 y 轴越远，势能越小，当小水滴从 y 轴向外运动的过程中，对应的“力”一定做正功，因此“力”的方向背离 O 点向外，A 错误；

B. 该“势能”的表达式类比于弹簧弹性势能的表达式

$$E_{\text{p}} = \frac{1}{2}kx^2$$

弹簧离平衡位置越远，弹力越大，因此该“势能”对应的“力”的大小随 x 的增加而增大，B 错误；

C. 该表达式中，当 x 取 0 时，势能为零，因此选取了 y 轴处“势能”为零，C 正确；

D. 由于整个水面势能相等，在 O 点处势能为零，则一个小水滴在该水面上任何位置重力势能与该“势能”的和均为零，即

$$mgy - \frac{1}{2}m\omega^2 x^2 = 0$$

整理可得

$$y = \frac{\omega^2}{2g} x^2$$

因此稳定时，桶中水面的纵截面为抛物线的一部分，D 错误。

故选 C。

第二部分

二、实验题（本部分共 3 小题，共 18 分）。

11. 【答案】(1) B (2) B

(3) F'

【小问 1 详解】

A. 通过两细绳用两个弹簧秤互成角度地拉橡皮条时，并非要求两细绳等长，故 A 错误；

B. 测量力的实验要求尽量准确，为了减小实验中因摩擦造成的误差，操作中要求弹簧秤、细绳、橡皮条都应与木板平行，故 B 正确；

C. 实验中对两弹簧之间的夹角没有具体要求，只要夹角适当，便于作图，有利于减小误差即可，并非越大越好，故 C 错误。

故选 B。

【小问 2 详解】

一把弹簧测力计拉橡皮条的作用效果与两把弹簧测力计拉橡皮条的作用效果相同，故该实验中采用的科学方法是等效替代法。



故选 B。

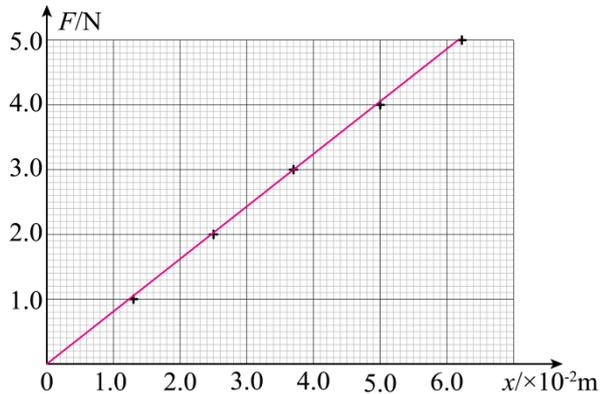
【小问 3 详解】

F 是通过平行四边形定则得到的合力的理论值，而 F' 是通过一个弹簧测力计沿 AO 方向拉橡皮条，使橡皮条伸长到 O 点，一个弹簧测力计的拉力与两个弹簧测力计的拉力效果相同，从而测量出的合力，故 F' 一定沿 AO 方向。

12. 【答案】(1) 见解析 (2) $F = 80x$

【小问 1 详解】

弹簧弹力与弹簧伸长量的关系图线如图所示



【小问 2 详解】



通过做出弹簧弹力与弹簧伸长量的关系图线可知，弹簧弹力与弹簧伸长量成正比；图线斜率为

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{4}{5.0 \times 10^{-2}} \text{ N/m} = 80 \text{ N/m}$$

则弹簧的弹力 F 随弹簧伸长量 x 变化的函数表达式为

$$F = 80x$$

13. 【答案】 ①. BD; ②. B; ③. AD; ④. $\frac{M}{b}$;

【详解】(1)[1]“验证牛顿第二定律”实验需要用天平测量小车、砂、砂桶的质量，需要用刻度尺测出计数点间的距离，故选 BD；

(2)[2]小车下滑时受到重力、细线的拉力、支持力和摩擦力，要使拉力等于合力，则应该用重力的下滑分量来平衡摩擦力，可以将长木板的一段垫高，撤去砂和砂桶，轻推小车，从打出的纸带判断小车是否做匀速运动，故 B 正确；故选 B；

(3)[3]由图 2 所示图像可知，直线没过原点，当 $a=0$ 时， $F>0$ 。也就是说当绳子上有拉力时小车没有加速度，说明小车的摩擦力大于重力沿斜面向下的分力，实验前没有平衡摩擦力或平衡摩擦力不足，平衡摩擦力时，所垫木板太低。

从图像上可以看出： F 从 0 开始增加，砝码和砝码盘的质量远小于车的质量，慢慢的砂的质量在增加，那么在后面砝码和砝码盘的质量就没有远小于车的质量呢，那么绳子的拉力与砝码和砝码盘的总重力就相差大。所以原因是砝码和砝码盘的质量没有远小于车的质量。故 AD 正确，BC 错误，故选 AD；

(4)[4]根据题意，由牛顿第二定律得

$$F=(M+m) a$$

则

$$\frac{1}{a} = \frac{M}{F} + \frac{1}{F} m$$

则 $\frac{1}{a} - m$ 图像的截距

$$b = \frac{M}{F}$$

小车受到的拉力大小

$$F = \frac{M}{b}$$



【点评】本题考查了实验器材、实验注意事项、实验数据处理；应用牛顿第二定律求出图像的函数表达式是求出小车所受合力的关键，要掌握应用图像法处理实验数据的方法。

三、计算题：（本题共5小题，52分。解答应画出必要的示意图，写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。）

14. 【答案】（1）20J；（2）0.2

【分析】

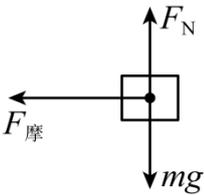
【详解】（1）对下滑过程，根据动能定理得

$$mgR - W_f = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

代入数据求得物体克服摩擦力做的功为

$$W_f = 20\text{J}$$

（2）物体沿水平面滑动的过程中受力情况如图所示



根据动能定理有

$$-\mu mgs = 0 - \frac{1}{2}mv^2$$

代入数据得

$$\mu = \frac{v^2}{2gs} = 0.2$$

15. 【答案】（1）0.90m；（2）0.90J；（3）4.0m/s

【详解】（1）物块飞出桌面后做平抛运动，在竖直方向上有

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

代入数据解得 $t = 0.3\text{s}$

在水平方向上有

$$s = vt$$

代入数据解得 $s=0.90\text{m}$

(2) 对物块从飞出桌面到落地, 由动能定理得

$$mgh = E_k - \frac{1}{2}mv^2$$

代入数据解得 $E_k = 0.90\text{J}$

(3) 对滑块从开始运动到飞出桌面, 根据动能定理有

$$-\mu mgl = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

代入数据解得 $v_0 = 4.0\text{m/s}$



16. 【答案】(1) a $F=3.6\times 10^4\text{N}$ b. 25s (2) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

【详解】(1) a. 以第 6、7、8 三节车厢为整体分析, 总质量为 $3m$, 所受拉力为 F , 据牛顿第二定律有

$$F - 3f = 3ma$$

$$f = 0.01mg$$

代入数据解得 $F=3.6\times 10^4\text{N}$

b. 设每个动车提供最大功率为 p , 提供的牵引力为 F , 动车匀加速行驶能达到的最大速度为 v_m , 对整个动车组进行分析, 据牛顿第二定律, 有

$$2F - 8f = 8ma$$

$$2P = 2Fv_m - 8f = 8ma$$

代入数据解得 $v_m = 12.5\text{m/s}$

$$\text{持续时间 } t = \frac{V_m}{a} = 25\text{s}$$

(2) 动车组以最大速度行驶时有 $F_{\text{牵}} = f_{\text{阻}} = kv$, 依据公式 $p = F_{\text{牵}} \times v$ $2p = kv_1 \times v_1$

$$4p = kv_2 \times v_2$$

$$\text{两式相比得 } \frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

17. 【答案】(1) 不能; (2) a. $v_0 = 21\sqrt{\frac{2GM}{r}}$; b. $r_0 = \frac{1}{4}r$

【详解】(1) 若小行星在该位置做匀速圆周运动, 设速度大小为 v_1 , 由万有引力提供向心力, 可得

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v_1^2}{r}$$

解得

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

由于

$$v \neq v_1$$

可知，小行星不能围绕地球做圆周运动。

(2) a. 设碰撞后小行星的速度大小为 v_2 ，为彻底解除小行星的威胁，应使小行星被撞后能运动至无穷远处。根据能量守恒定律有

$$-G \frac{(m+0.1m) \cdot M}{r} + \frac{1}{2}(m+0.1m) \cdot v_2^2 = 0$$

解得

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

以飞行器速度方向为正方向，飞行器撞击小行星的过程根据动量守恒定律有

$$0.1mv_0 - mv = (0.1m + m)v_2$$

解得

$$v_0 = 21\sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

b. 设小行星离地心最近时，速度的大小为 v_3 ，小行星与地心的连线在相等时间扫过相等面积有

$$vrsin\theta = v_3r_0$$

根据能量守恒定律有

$$-G \frac{Mm}{r} + \frac{1}{2}mv^2 = -G \frac{Mm}{r_0} + \frac{1}{2}mv_3^2$$

解得

$$r_0 = \frac{1}{4}r$$

18. 【答案】(1) a. $E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$ ， $E_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$ ； b. 见解析； (2) a. $W_1 = p_1\pi R^2d$ ； b.

$W_G = \rho\pi R^2dg(h_1 - h_2)$ ； c. 见解析

【详解】(1) a. 以地面为参考平面，物体在 A 位置的机械能

$$E_A = \frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A$$

物体在 B 位置的机械能

$$E_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

b. 物体从 A 位置运动到 B 位置，重力做功



$$W_G = mgh_A - mgh_B$$

根据动能定理，合外力做功

$$W_{\text{合}} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

从 A 位置运动到 B 位置，由于曲面光滑，仅有重力做功

即

$$W_{\text{合}} = W_G$$

因此

$$mgh_A - mgh_B = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

可得

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$$

即物体在 A 位置的机械能与在 B 位置的机械能相等。

(2) a. 横截面 C 左侧液体对研究对象所做的功

$$W_1 = Fs = p_1\pi R^2d$$

b. C 、 D 间液体流动至 C' 、 D' 间，可等效为 C' 、 D 间液体位置不变， C 、 C' 间液体流动至 D 、 D' 间。 C 、 C' 间液体质量

$$\Delta m = \rho\pi R^2d$$

重力对研究对象所做的功

$$W_G = \Delta mg \cdot \Delta h = \rho\pi R^2dg(h_1 - h_2)$$

c. 在相同的时间内，流过 C 处截面水的体积与流过 D 处截面水的体积 ΔV 相同。

由 C 、 C' 间液体体积

$$\Delta V = \pi R^2d$$

可知

$$W_1 = p_1\Delta V$$

设 D 处管道面积为 S_2 ， D 、 D' 间距离为 x ，则 D 、 D' 间液体体积

$$S_2x = \pi R^2d$$

横截面 D 右侧液体对研究对象所做的功

$$W_2 = -p_2S_2x = -p_2\pi R^2d = -p_2\Delta V$$

由动能定理，合外力做功

$$\Sigma W = \frac{1}{2}\Delta mu_2^2 - \frac{1}{2}\Delta mu_1^2$$

即



$$\rho\Delta Vg(h_1-h_2)+p_1\Delta V-p_2\Delta V=\frac{1}{2}\rho\Delta Vu_2^2-\frac{1}{2}\rho\Delta Vu_1^2$$

整理得

$$\rho gh_1-\rho gh_2+p_1-p_2=\frac{1}{2}\rho u_2^2-\frac{1}{2}\rho u_1^2$$

所以压强 p 、流速 u 、高度 h 是满足守恒的关系

$$p_1+\rho gh_1+\frac{1}{2}\rho u_1^2=p_2+\rho gh_2+\frac{1}{2}\rho u_2^2$$

即 $p+\rho gh+\frac{1}{2}\rho u^2$ 为守恒量。

