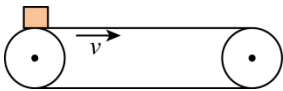


()

- A. “墨子号”科学实验卫星相对于地面是静止的
- B. “墨子号”科学实验卫星的轨道平面可以不通过地球的球心
- C. “墨子号”科学实验卫星运行的线速度大于地球通讯卫星的线速度
- D. “墨子号”科学实验卫星运行的质量一定大于地球通讯卫星的质量

6. 如图所示，水平传送带在电动机带动下始终保持以速度 v 匀速运动，某时刻质量为 m 的物块无初速地放在传送带的左端，经过一段时间物块能与传送带保持相对静止。已知物块与传送带间的动摩擦因数为 μ 。若当地的重力加速度为 g ，对于物块放上传送带到物块与传送带相对静止的过程，下列说法中正确的是

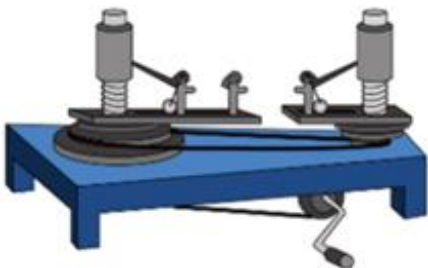
()



- A. 物块所受摩擦力的方向水平向左
- B. 物块运动的时间为 $\frac{v}{2\mu g}$
- C. 物块相对地面的位移大小为 $\frac{v^2}{\mu g}$
- D. 物块相对传送带的位移大小为 $\frac{v^2}{2\mu g}$



7. 向心力演示器装置如图所示，两个塔轮通过皮带连接。实验时，匀速转动手柄，使长槽和短槽分别随相应的塔轮匀速转动，槽内的金属小球就做匀速圆周运动。横臂的挡板对小球的压力提供向心力，小球对挡板的反作用力通过横臂的杠杆作用使弹簧测力筒下降，从而露出标尺（黑白相间的等分格）。为了探究金属球的向心力 F 的大小与轨道角速度 ω 之间的关系，下列说法正确的是 ()



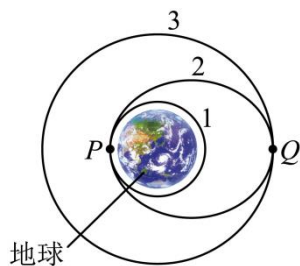
- A. 应使用两个质量不等的小球
- B. 应使两小球离转轴的距离不相同
- C. 应将皮带套在两边半径相等的变速塔轮上
- D. 若皮带套在两个塔轮的最下端，则右边标尺上漏出的黑白相间的等分格多

8. 滑雪运动员沿斜坡滑道下滑了一段距离，重力对他做功 1000J，阻力对他做功-200J。此过程关于运动员的说法，下列选项正确的是 ()

- A. 重力势能减少了 800J
- B. 动能增加了 1200J
- C. 机械能增加了 1000J
- D. 机械能减少了 200J

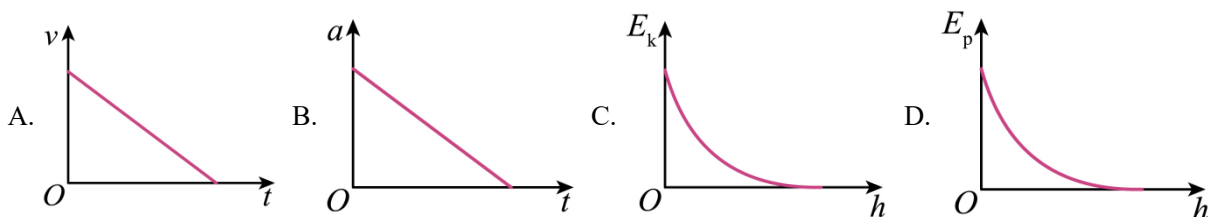
9. 图示为一颗人造地球卫星发射过程的简化示意图。卫星先进入圆轨道 1 做匀速圆周运动，再经椭圆轨道

2, 最终进入圆轨道 3 做匀速圆周运动。轨道 2 分别与轨道 1、轨道 3 相切于 P 、 Q 两点。下列说法正确的是 ()

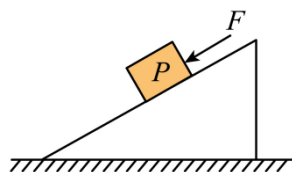


- A. 卫星在轨道 2 的运行周期大于其在轨道 3 的运行周期
- B. 卫星在轨道 2 上从 P 点运动到 Q 点过程中, 卫星内部的仪器处于完全失重状态, 机械能不变
- C. 卫星在轨道 1 的向心加速度小于在赤道上随地球自转的物体的向心加速度
- D. 卫星在轨道 2 运行经过 Q 点的加速度小于在轨道 3 运行时经过 Q 点的加速度

10. 将一个物体竖直向上抛出, 若物体所受空气阻力大小与物体速率成正比, 下图中可能正确反映小球抛出后上升过程中速度 v 、加速度 a 随时间 t 的变化关系, 以及其动能 E_k 、重力势能 E_p 随上升高度 h 的变化关系的是 ()

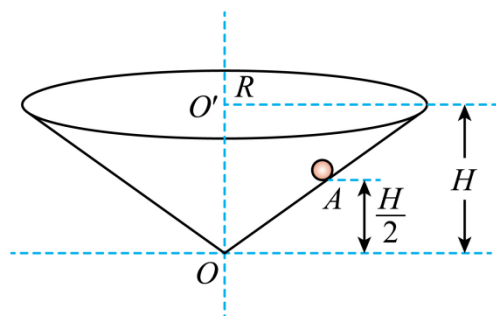


11. 如图所示, 斜面静止于粗糙水平面上, 质量为 m 的小物块 P 恰好能沿斜面匀速下滑, 该过程斜面保持静止. 现给 P 施加一沿斜面向下的推力 F , 使 P 沿斜面匀加速下滑. 施加 F 后, 下列说法不正确的是



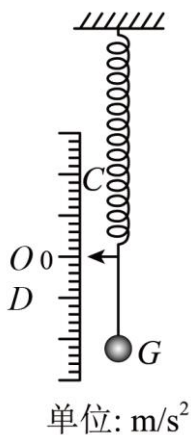
- A. 斜面对 P 的支持力和摩擦力都不变
- B. P 对斜面的作用力方向竖直向下
- C. 水平面对斜面的支持力增大
- D. 小物块的加速度为 $a=F/m$

12. 如图所示, 一个内壁光滑的圆锥筒, 其轴线垂直于水平面, 圆锥筒固定不动. 有一个质量为 m 的小球 A 紧贴着筒内壁在水平面内做匀速圆周运动, 筒口半径和筒高分别为 R 和 H , 小球 A 所在的高度为筒高的一半. 已知重力加速度为 g , 则 ()



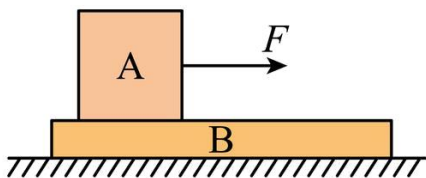
- A. 小球 A 受到重力、支持力和向心力三个力作用
- B. 小球 A 受到的合力方向垂直于筒壁斜向上
- C. 小球 A 受到的合力大小为 $\frac{mgH}{2R}$
- D. 小球 A 做匀速圆周运动的角速度 $\omega = \frac{\sqrt{2gH}}{R}$

13. 某同学制作了一个“竖直加速度测量仪”，可以用来测量竖直上下电梯运行时的加速度，其构造如图所示。把一根轻弹簧上端固定在小木板上，下端悬吊 0.9N 重物时，弹簧下端的指针指木板上刻度为 C 的位置，把悬吊 1.0N 重物时指针位置 O 的刻度标记为 0，以后该重物就固定在弹簧上，和小木板上的刻度构成了一个“竖直加速度测量仪”。加速度的方向向上为正、向下为负，g 取 10m/s^2 ，()



- A. 当指针在位置 C 时弹簧的弹力为 0.8N
- B. CO 之间的弹力之差为 0.2N
- C. 位置 C 标注的加速度为 -1.0m/s^2
- D. 位置 D 标注的加速度为 1.0m/s^2

14. 如图所示，A、B 两物块的质量分别为 $2m$ 和 m ，静止叠放在水平地面上。A、B 间的动摩擦因数为 μ ，B 与地面间的动摩擦因数为 $\frac{\mu}{2}$ 。最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g 。现对 A 施加一水平拉力 F ，则下列说法错误的是 ()



- A. 当 $F < 2\mu mg$ 时，A、B 都相对地面静止
- B. 当 $F = \frac{5}{2}\mu mg$ 时，A 的加速度为 $\frac{1}{3}\mu g$
- C. 当 $F > 3\mu mg$ 时，A 相对 B 滑动
- D. 无论 F 为何值，B 的加速度不会超过 $\frac{1}{2}\mu g$

二、实验题（本题共 2 小题，共 18 分。）

15. 用图 1 所示的实验装置探究加速度与力、质量的关系。

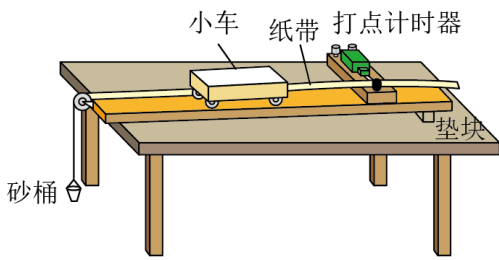


图1

(1) 除图中器材外，还需要两种测量工具是_____（选填选项前的字母）。

- A.秒表 B.天平（含砝码） C.弹簧测力计 D.刻度尺

(2) 实验中，需要平衡摩擦力和其它阻力，在此过程中，下列说法正确的是_____

- A.小车后面不能拖纸带
B.系在小车的细绳上不能悬挂小桶
C.打点计时器必须接通电源

(3) 图 2 所示为实验中得到的一条纸带，纸带上相邻两计数点之间的时间间隔为 $T = 0.10\text{s}$ 。由图中数据可计算出小车的加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{m/s}^2$ 。（结果保留 2 位有效数字）

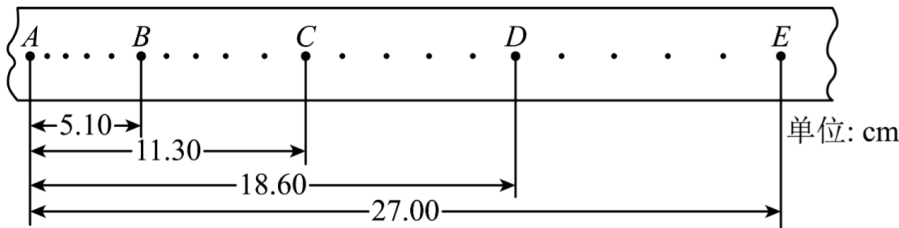


图2

(4) 若实验中砂和桶的总质量为 m' ，则从理论分析可得砂和桶的总重力 $m'g$ 与细绳对小车的拉力 F 的大小关系为 $m'g$ _____ F （选填“略大于”或“略小于”，由此带来的误差属于_____误差（选填“偶然”或“系统”））。

(5) 某同学猜想加速度与力成正比，与质量成反比，因此他认为可以不测量加速度的具体数值，仅测量不同条件下物体加速度的比值即可。他采用图 3 所示的实验装置，将轨道分为上下双层排列，两小车尾部的刹车线由后面的刹车系统同时控制，能使两小车同时运动或同时停下来。实验中通过比较两辆小车的位移来比较它们的加速度。你认为这位同学的方法可行吗？请说明理由。_____

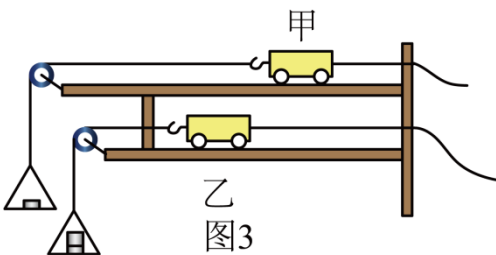


图3

16. 某同学探究平抛运动的特点。

(1) 用如图 1 所示装置探究平抛运动竖直分运动的特点。用小锤打击弹性金属片后，A 球沿水平方向飞

出，同时 B 球被松开并自由下落，比较两球的落地时间。

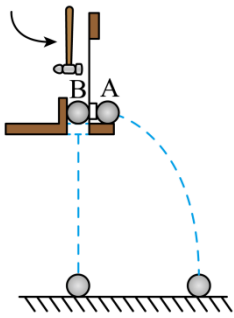


图1



①关于该实验，下列说法正确的是_____（选填选项前的字母）

- A. A、B 两球应选用体积小、质量大的小球
- B. 打击弹性金属片后两球需要落在同一水平面上
- C. 比较两球落地时间必须要测量两球下落的高度

②多次改变 A、B 两球释放的高度和小锤敲击弹性金属片的力度，发现每一次实验时都只会听到一下小球落地的声响，由此说明 A 球_____。

(2) 用如图 2 所示装置研究平抛运动水平分运动的特点。将白纸和复写纸对齐重叠并固定在竖直硬板上。A 球沿斜槽轨道 PQ 滑下后从斜槽末端 Q 飞出，落在水平挡板 MN 上。由于挡板靠近硬板一侧较低，钢球落在挡板上时，A 球会在白纸上挤压出一个痕迹点。移动挡板，依次重复上述操作，白纸上将留下一系列痕迹点。下列操作中有必要的是_____（选填选项前的字母）。

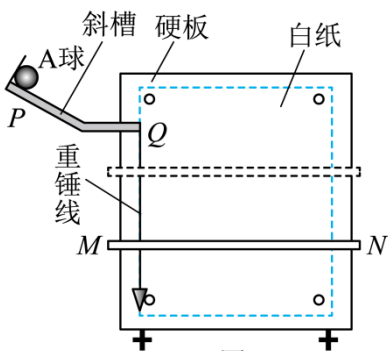


图2

- A. 通过调节使斜槽末段保持水平
- B. 挡板高度等间距变化
- C. 通过调节使硬板保持竖直
- D. 尽可能减小 A 球与斜槽之间的摩擦
- E. 以小球在 Q 点时球心在白纸上对应点为起始点

(3) 若遗漏记录平抛轨迹的起始点，也可按下述方法处理数据：如图 3 所示，在轨迹上取 A、B、C 三点，AB 和 BC 的水平间距相等且均为 x ，测得 AB 和 BC 的竖直间距分别是 y_1 和 y_2 ，则 $\frac{y_1}{y_2}$ _____

$\frac{1}{3}$ （选填“大于”、“等于”或者“小于”）。可求得钢球平抛的初速度大小为_____（已知当地重力加速度为 g ，结果用上述字母表示）。

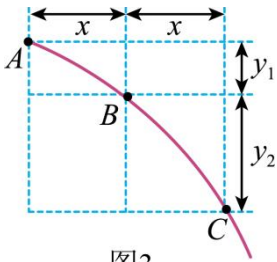


图3

三、计算论述题（本题共 4 小题，共 40 分。解答应有必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。解题过程中需要用到，但题目中没有给出的物理量，要在解题时做必要的说明。只写出最后答案的不能得分。有数值计算的，答案中必须写出数值和单位。）

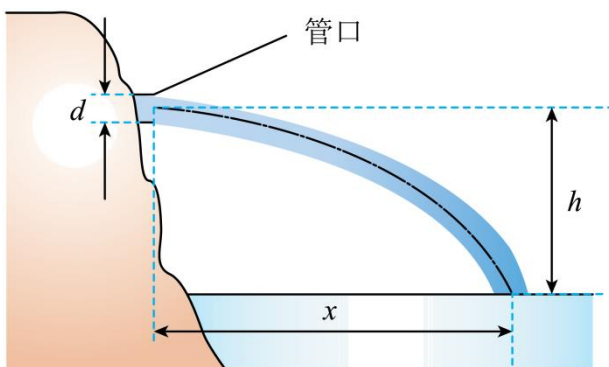
17. 人类从事滑雪活动已有数千年历史，滑雪爱好者可在雪场上轻松、愉快地滑行，饱享滑雪运动的乐趣。一名滑雪爱好者以 1m/s 的初速度沿山坡匀加速直线滑下，山坡的倾角为 30° 。若人与滑板的总质量为 60kg ，受到的总阻力为 60N ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，求：

- (1) 滑雪者加速度的大小；
- (2) 3s 内滑雪者下滑位移的大小；
- (3) 3s 末人与滑板总重力的瞬时功率。



18. 流量是指单位时间内通过管道横截面的流体的体积，在生活中经常需要测量流量来解决实际问题。环保人员在检查时发现一根排污管正在向外满口排出大量污水，如图所示。他测出水平管口距落点的竖直高度为 h ，管口的直径为 d ，污水落点距管口的水平距离为 x ，重力加速度为 g 。请根据这些测量量估算：

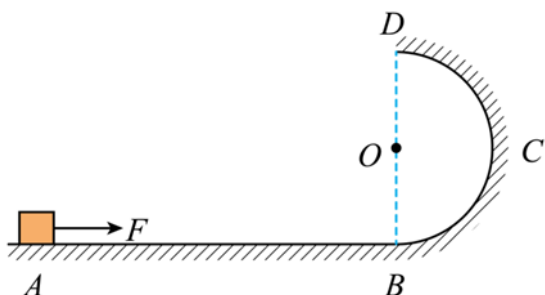
- (1) 污水离开管口后在空中的时间 t ；
- (2) 污水离开管口时的速度大小 v ；
- (3) 排出污水的流量 Q 。



19. 如图所示，水平轨道 AB 与位于竖直面内半径为 R 的半圆形光滑轨道 BCD 相连，半圆形轨道的 BD 连线与 AB 垂直。质量为 m 可看作质点的小滑块在恒定合外力作用下从水平轨道上的 A 点由静止开始向右运动，到达水平轨道的末端 B 点时撤去外力，小滑块继续沿半圆形光滑轨道运动，且恰好能通过轨道最高点

D ，滑块脱离半圆形轨道后又刚好落到 A 点。已知重力加速度为 g ，求：

- (1) 滑块通过 D 点的速度大小；
- (2) 滑块经过 B 点进入圆形轨道时对轨道压力的大小；
- (3) 滑块在 AB 段受到的恒定合外力的大小。



20. 建立物理模型对实际问题进行分析，是重要的科学思维方法。已知质量分布均匀的球壳对壳内物体的引力为零。假设地球可视为一个质量分布均匀且密度为 ρ 的球体，地球的半径为 R ，引力常量为 G ，不考虑地球自转的影响。

- (1) 试推导第一宇宙速度 v 的表达式；
- (2) 如图-1 所示，假设沿地轴的方向凿通一条贯穿地球南北两极的小洞，把一个质量为 m 的小球从北极的洞口由静止状态释放后，小球能够在洞内运动，不考虑其它星体的作用，以地心为原点，向北为正方向建立 x 轴，在图-2 中画出小球所受引力 F 随 x ($-R \leq x \leq R$) 变化的图像，求出小球在洞内运动过程中的最大速度 v_m ；

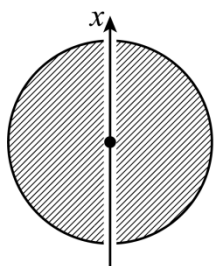


图-1

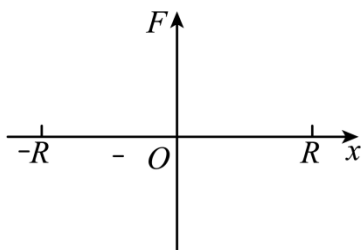


图-2

- (3) 在科幻电影《流浪地球》中有这样一个场景：地球在木星的强大引力作用下，加速向木星靠近，当地球与木星球心之间的距离小于某个值 d 时，地球表面物体就会被木星吸走，进而导致地球可能被撕裂。这个临界距离 d 被称为“洛希极限”。已知，木星和地球的密度分别为 ρ_0 和 ρ ，木星和地球的半径分别为 R_0 和 R ，且 $d \gg R$ 。请据此近似推导木星使地球产生撕裂危险的临界距离 d ——“洛希极限”的表达式。【提示：当 x 很小时， $(1+x)^n \approx 1+nx$ 。】

参考答案

一、单项选择题（本题共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。每小题列出的四个备选项中只有一个是符合题目要求的，不选、多选、错选均不得分）

1. 【答案】A

【详解】国际单位制中的基本单位分别是：长度的单位是米，符号 m；质量的单位是千克，符号 kg；时间的单位是秒，符号 s；电流的单位是安培，符号是 A；热力学温度的单位是开尔文，符号 K；物质的量单位是摩尔，符号 mol；发光强度的单位是坎德拉，符号 cd。

故选 A。

2. 【答案】B

【详解】镜框受重力和两根绳子的拉力处于平衡，合力等于 0。可知两根绳子拉力的合力等于重力，绳子的夹角越小，绳子拉力越小，故选 B。

3. 【答案】B

【分析】

【详解】A. 物体的形状和大小对所研究的问题没有影响，属于无关或次要因素时，即可以把物体看成质点，故 A 错误；

B. 图像可以描述质点的运动， $v-t$ 图像可以反映速度随时间的变化规律，图像的斜率反映加速度的大小和方向，故 B 正确；

C. 因为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

是定义式，不能说加速度 a 与速度变化量 Δv 成正比，故 C 错误；

D. 平均速度公式

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时，其值可以用来作为该时刻的瞬时速度，这在物理学上应用了极限方法，故 D 错误。

故选 B。

4. 【答案】C

【详解】AC. 石块 B 受向下的重力 mg 和周围的物体对它的作用力 F ，两个力的合力为 ma ，方向水平向右，则石块 B 周围的物体对它的作用力的合力大小为

$$F = \sqrt{(mg)^2 + (ma)^2} = m\sqrt{a^2 + g^2}$$

选项 A 错误，C 正确；

B. 石块 B 周围的物体对它的作用力的合力的水平分量为 ma ，则做功为 max ，选项 B 错误；

D. 物块的速度

$$v = \sqrt{2ax}$$



根据动量定理，石块 B 所受的合外力（周围物体对它作用力的合力与 B 的重力的矢量和）的冲量大小为

$$I = mv = m\sqrt{2ax}$$

选项 D 错误。

故选 C。

5. 【答案】C

【详解】AC. 根据万有引力提供向心力

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

可得

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

可知“墨子号”科学实验卫星运行的线速度大于地球通讯卫星的线速度，地球同步卫星与地球相对静止，故“墨子号”科学实验卫星相对于地面是运动的，故 A 错误，C 正确；

B. 根据万有引力提供向心力，“墨子号”科学实验卫星的轨道平面一定通过地球的球心，故 B 错误；

D. 两卫星的质量关系不能确定，故 D 错误。

故选 C。

6. 【答案】D

【详解】物块相对传送带向左滑动，摩擦力方向水平向右，对物块由牛顿第二定律

$$f = \mu mg = ma$$

加速度

$$a = \mu g$$

达到共速时物块运动的时间

$$t = \frac{v}{\mu g}$$

物块相对地面的位移大小

$$s = \frac{v^2}{2\mu g}$$

物块相对传送带的位移大小

$$\Delta s = vt - s = \frac{v^2}{2\mu g}$$

故选 D。

【点睛】根据相对运动方向求得摩擦力方向；由受力分析求得合外力，即可由牛顿第二定律求得加速度，然后根据匀变速运动规律求得运动时间、位移，然后由几何关系求得相对位移。

7. 【答案】D

【详解】AB. 根据向心力 F 的大小与轨道角速度 ω 之间的关系式可知



$$F = m\omega^2 r$$

则探究 F 的大小与轨道角速度之间的关系需要用控制变量法，则要使用两个质量相等的小球和保证两小球离转轴的距离相同，故 AB 错误；

C. 控制变量只需保证两小球质量及离转轴的距离相同即可，变速塔轮的半径必须不同，才能使 ω 为变量。故 C 错误；

D. 皮带套在两个塔轮的最下端，塔轮之间是皮带转动，则线速度相同，由于

$$v = \omega r$$

可知 r 越小， ω 越大，故右侧 F 大，则右边标尺上漏出的黑白相间的等分格多，故 D 正确。

故选 D。

8. 【答案】D

【详解】A. 重力对他做功 1000J，根据功能关系可知重力势能减少了 1000J，故 A 错误；

B. 根据动能定理可知，动能增加了

$$\Delta E_k = W_G + W_f = 800J$$

故 B 错误；

CD. 机械能变化量为

$$\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p = -1000 + 800J = -200J$$

故机械能减少了 200J，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

9. 【答案】B

【详解】A. 根据开普勒第三定律可知，卫星在轨道 2 的半长轴小于轨道 3 的半径，则卫星在轨道 2 的运行周期小于其在轨道 3 的运行周期，选项 A 错误；

B. 卫星在轨道 2 上从 P 点运动到 Q 点过程中仅受万有引力作用，则卫星内部的仪器处于完全失重状态，因只有引力做功，则机械能不变，选项 B 正确；

C. 根据

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

可知，卫星在轨道 1 的向心加速度大于同步卫星的向心加速度，而根据

$$a = \omega^2 r$$

可知，同步卫星的向心加速度大于在赤道上随地球自转的物体的向心加速度，则卫星在轨道 1 的向心加速度大于在赤道上随地球自转的物体的向心加速度，选项 C 错误；

D. 根据

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

可知，卫星在轨道 2 运行经过 Q 点的加速度等于在轨道 3 运行时经过 Q 点的加速度，选项 D 错误。

故选 B。



10. 【答案】C

【详解】A. 由题意可得

$$f = kv$$

根据牛顿定律可得

$$mg + f = ma$$

速度减小则加速度减小，所以物体不是匀变速运动，故 A 错误；

B. 根据牛顿第二定律可得

$$mg + kv = ma$$

即加速度和速度是线性关系，因速度和时间不是线性关系，因此加速度与时间不成线性关系，故 B 错误；

C. 上升过程，由动能定理可得

$$-mgh - fh = E_k - E_{k0}$$

解得

$$E_k = E_{k0} - (mg + f)h = E_{k0} - (mg + kv)h$$

由于速度减小，则 $E_k - h$ 图像的斜率逐渐减小，故 C 正确；

D. 设初位置的重力势能为 E_{p0} ，则有

$$E_p - E_{p0} = mgh$$

可得

$$E_p = mgh + E_{p0}$$

可知 $E_p - h$ 图像为一条倾斜直线，故 D 错误。

故选 C。

11. 【答案】C

【详解】施加 F 后，不改变物体与斜面间的正压力，因此也不改变物体与斜面间的滑动摩擦力，即物块和斜面的相互作用力没有任何改变，则水平面对斜面的支持力不变，选项 A 正确，C 错误；因开始时 P 对斜面的作用力方向竖直向下，加力 F 后，物块和斜面的相互作用力没有任何改变，P 对斜面的作用力方向仍然竖直向下，选项 B 正确；加力 F 后，物体受的合外力为 F，则小物块的加速度为 $a=F/m$ ，选项 D 正确；此题选择不正确的选项，故选 C。

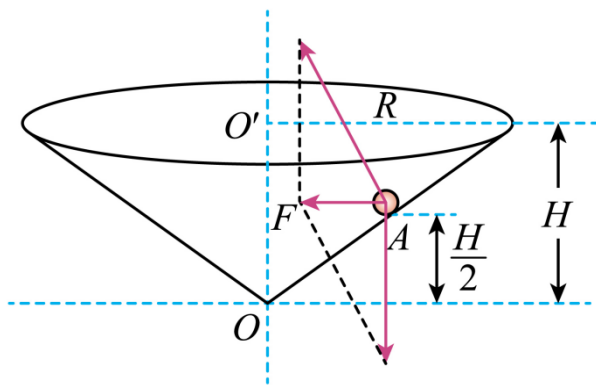
12. 【答案】D

【详解】A. 小球 A 受到重力、支持力，向心力是由重力和支持力的合力来提供，故 A 错误；

B. 如图所示，小球受重力和支持力而做匀速圆周运动，由合力提供向心力，合力一定指向圆心，故 B 错误；

C. 设漏斗内壁倾角为 θ ，合力的方向水平且指向转轴，受力分析如图





则

$$F_{\text{合}} = mg \tan \theta$$

其中

$$\tan \theta = \frac{H}{R}$$

解得小球 A 受到的合力大小为

$$F_{\text{合}} = \frac{mgH}{R}$$

故 C 错误;

D. 由合力提供向心力, 则

$$F_{\text{合}} = m\omega^2 r$$

其中

$$r = \frac{R}{2}$$

解得

$$\omega = \frac{\sqrt{2gH}}{R}$$

故 D 正确。

故选 D。

13. 【答案】C

【详解】A. 当弹簧下端悬吊 0.9N 的重物时, 指针指在位置 C, 根据平衡条件可得位置 C 时弹簧的弹力为 0.9N, 故 A 错误;

B. CO 之间的弹力之差为

$$\Delta F = 1.0 - 0.9\text{N} = 0.1\text{N}$$

故 B 错误;

C. 由题意可知, 每一小格代表 0.01N, 指针在 C 点时, 电梯加速度向下, 由牛顿第二定律得

$$-0.01 \times 10 = ma_1$$

其中 $m=0.1\text{kg}$, 解得

$$a_1 = -1\text{m/s}^2$$

故 C 正确;

D. 当电梯加速度向上时, 指针指在 D 点, 由牛顿第二定律

$$0.01 \times 5 = ma_2$$

解得

$$a_2 = 0.5\text{m/s}^2$$

故 D 错误。

故选 C。

14. 【答案】A

【详解】A. 因 AB 间最大静摩擦力为

$$f_{AB\max} = 2\mu mg$$

对 AB 的整体分析, 则当

$$F < \frac{\mu}{2}(2m+m)g = \frac{3}{2}\mu mg$$

时, A、B 都相对地面静止, 选项 A 错误;

BCD. 当 AB 恰能产生相对滑动时, 则对整体

$$F - \frac{3}{2}\mu mg = 3ma_0$$

对 B

$$2\mu mg - \frac{3}{2}\mu mg = ma_0$$

解得

$$a_0 = \frac{1}{2}\mu g$$

$$F = 3\mu mg$$

则当 $F > 3\mu mg$ 时, A 相对 B 滑动; 当 $F = \frac{5}{2}\mu mg$ 时, AB 没有产生相对滑动, 则此时 A 的加速度为

$$a = \frac{F - \frac{3}{2}\mu mg}{2m+m} = \frac{1}{3}\mu g$$

由以上分析可知, 无论 F 为何值, B 的加速度不会超过

$$a_0 = \frac{1}{2}\mu g$$

选项 BCD 正确;

此题选择错误的, 故选 A。



二、实验题（本题共 2 小题，共 18 分。）

15. 【答案】 ①. BD##DB ②. BC##CB ③. 1.1 ④. 略大于 ⑤. 系统 ⑥. 这位同学的方法可行两小车做初速度为 0 的匀加速直线运动，运动时间 t 相等，根据 $x = \frac{1}{2}at^2$ ，有 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{x_1}{x_2}$ ，它们的位移之比就等于

加速度之比

【详解】(1) [1] 实验利用打点计时器打出纸带探究加速度与力、质量的关系，纸带记录运动时间和位移。时间由打点周期可得，不需要秒表；位移需要刻度尺测量，小车质量需要天平测量，故还需要天平和刻度尺。故 B、D 正确，A、C 错误。故选 BD。

(2) [2] 在平衡摩擦力时，系在小车的细绳上不能悬挂小桶，另外，在使用电磁打点计时器时，机械振动打点会产生摩擦力，所以小车后面要拖纸带，并且打点计时器必须接通电源，故 B、C 正确，A 错误。故选 BC。

(3) [3] 根据逐差法可得小车的加速度为

$$a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{4T^2} = \frac{27.0 - 11.30 - 11.30}{4 \times 0.1^2} \times 10^{-2} = 1.1 \text{m/s}^2$$

(4) [4] 对整体进行分析有

$$m'g = (M + m')a$$

解得

$$a = \frac{m'g}{M + m'}$$

绳子的拉力为

$$F = Ma = \frac{Mm'g}{M + m'} = \frac{1}{1 + \frac{m'}{M}} \cdot m'g < m'g$$

故砂和桶的总重力略大于拉力。

[5] 在实验过程，小车所受拉力实际上是小于砂和桶的重力，而认为小车所受拉力等于砂和桶重力，由此带来的误差属于系统误差。

(5) [6] 这位同学的方法可行，两小车做初速度为 0 的匀加速直线运动，运动时间 t 相等，根据 $x = \frac{1}{2}at^2$ ，有 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{x_1}{x_2}$ ，它们的位移之比就等于加速度之比。

16. 【答案】 ①. AB##BA ②. 在竖直方向做自由落体运动 ③. ACE ④. 大于 ⑤. $x\sqrt{\frac{g}{y_2 - y_1}}$

【详解】(1) ①[1]A. 为了减小小球运动过程中空气阻力的影响，实验中应选择体积小，质量大的小球，故 A 正确；

B. 实验中需要确保两小球下落高度相等，则打击弹性金属片后两球需要落在同一水平面上，故 B 正确；

C. 根据



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

解得

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$



可知，当两小球下落高度相等时，两球同时落地，实验中只需比较两球是否同时落地，并不要求出时间的具体值，因此不需要测量两球下落的高度，故 C 错误。

故选 AB；

②[2]每一次实验时都只会听到一下小球落地的声响，说明小球 A 在竖直方向的分运动是自由落体运动；

(2) [3]AB. 通过调节使斜槽末段保持水平，保证小球做平抛运动，挡板高度可以等间距变化，也可以不等间距变化，故 A 正确，B 错误；

C. 小球平抛运动的轨迹位于竖直平面，为了减小误差，准确作出小球运动的轨迹，实验时，需要通过调节使硬板保持竖直，故 C 正确；

D. 实验时每次小球均从斜槽同一高度静止释放，小球克服阻力做功相同，小球飞出的初速度大小相同，因此斜槽的摩擦对实验没有影响，故 D 错误；

E. 因为 A 球沿斜槽轨道 PQ 滑下后从斜槽末端 Q 飞出，Q 点是球的抛出点，所以以小球在 Q 点时球心在白纸上的对应点为起始点，故 E 正确。

故选 ACE；

(3) [4]因为 A、B 和 B、C 间水平距离相等，所以 A、B 和 B、C 间对应钢球运动的时间相同，设为 T，设钢球在 A、B 点时的竖直分速度大小分别为 v_{Ay} 、 v_{By} ，则有

$$y_1 = v_{Ay}T + \frac{1}{2}gT^2$$

$$y_2 = v_{By}T + \frac{1}{2}gT^2 = (v_{Ay} + gT)T + \frac{1}{2}gT^2 = v_{Ay}T + \frac{3}{2}gT^2$$

所以

$$\frac{y_1}{y_2} > \frac{1}{3}$$

[5]根据运动学规律有

$$\Delta y = y_2 - y_1 = gT^2$$

可得

$$T = \sqrt{\frac{y_2 - y_1}{g}}$$

钢球平抛的初速度大小为

$$v_0 = \frac{x}{T} = x\sqrt{\frac{g}{y_2 - y_1}}$$

三、计算论述题（本题共 4 小题，共 40 分。解答应有必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。解题过程中需要用到，但题目中没有给出的物理量，要在解题时做必要的说明。只写出最后答案的不能得分。有数值计算的，答案中必须写出数值和单位。）

17. 【答案】(1) 4m/s^2 ; (2) 21m ; (3) 3900W

【详解】(1) 由牛顿第二定律

$$mg \sin 30^\circ - f = ma$$

解得滑雪者加速度的大小为

$$a = 4\text{m/s}^2$$

(2) 由运动学公式

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

其中

$$v_0 = 1\text{m/s}, \quad t = 3\text{s}$$

解得 3s 内滑雪者下滑位移的大小为

$$x = 21\text{m}$$

(3) 由运动学公式

$$v = v_0 + at$$

重力的瞬时功率

$$P = mgv \sin 30^\circ$$

联立解得，3s 末人与滑板总重力的瞬时功率为

$$P = 3900\text{W}$$

18. 【答案】(1) $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$; (2) $v = x\sqrt{\frac{g}{2h}}$; (3) $Q = \frac{1}{4}\pi x d^2 \sqrt{\frac{g}{2h}}$

【详解】(1) 污水由管口流出后可近似认为做平抛运动，竖直方向有

$$h = \frac{1}{2} g t^2$$

可得

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

(2) 水平方向有

$$x = vt$$

解得

$$v = x\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

(3) 排出污水的流量为



$$Q = Sv$$

截面积为

$$S = \frac{1}{4} \pi d^2$$

排出污水的流量

$$Q = \frac{1}{4} \pi x d^2 \sqrt{\frac{g}{2h}}$$

19. 【答案】(1) $v_D = \sqrt{gR}$; (2) $N_B' = 6mg$; (3) $F = \frac{5}{4}mg$

【详解】(1) 设滑块恰好通过最高点 D 的速度为 v_D ，根据牛顿第二定律有

$$mg = \frac{mv_D^2}{R}$$

解得

$$v_D = \sqrt{gR}$$

(2) 滑块自 B 点到 D 点的过程机械能守恒，设滑块在 B 点的速度为 v_B ，则有

$$\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_D^2 + 2mgR$$

解得

$$v_B^2 = 5gR$$

设滑块经过 B 点进入圆形轨道时所受的支持力为 N_B ，根据牛顿第二定律有

$$N_B - mg = \frac{mv_B^2}{R}$$

解得

$$N_B = 6mg$$

由牛顿第三定律可知，滑块经过 B 点时对轨道的压力大小

$$N_B' = 6mg$$

(3) 对于滑块自 D 点平抛到 A 点，设其时间为 t ，则有

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

$$s_{AB} = v_D t$$

解得

$$s_{AB} = 2R$$

滑块由 A 点到 B 点的过程中，根据动能定理

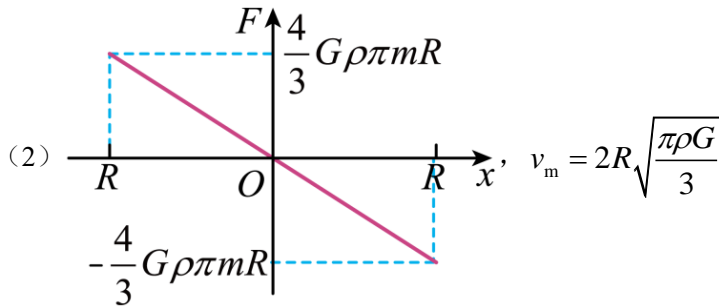
$$Fs_{AB} = \frac{1}{2}mv_B^2$$



解得

$$F = \frac{5}{4}mg$$

20. 【答案】(1) $v = 2R\sqrt{\frac{\pi\rho G}{3}}$



(3) $d = R_0\sqrt[3]{\frac{2\rho_0}{\rho}}$

【小问 1 详解】

根据万有引力提供向心力

$$G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$$

地球的质量为

$$M = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$$

联立解得第一宇宙速度为

$$v = 2R\sqrt{\frac{\pi\rho G}{3}}$$

【小问 2 详解】

距离地心为 x 时, 小球受到的万有引力大小为

$$F = G\frac{M'm}{x^2}$$

又

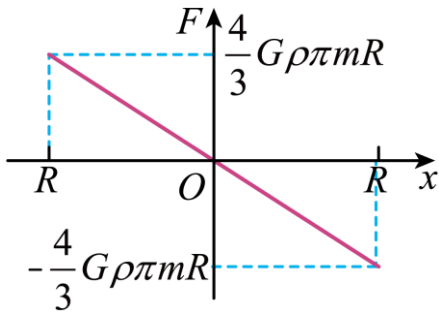
$$M' = \rho V' = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi x^3$$

可得

$$F = \frac{4}{3}\pi G\rho mx$$

当 $0 < x \leq R$ 时, 引力方向指向南方, 当 $-R \leq x < 0$ 时, 引力方向指向北方, 故小球所受引力 F 随 x ($-R \leq x \leq R$) 变化的图像如图所示





小球位于地心时速度最大，根据动能定理

$$0 + \frac{4}{3} \pi G \rho m R = \frac{1}{2} m v_m^2$$

解得

$$v_m = 2R \sqrt{\frac{\pi \rho G}{3}}$$

【小问3详解】

设木星质量为 M_0 ，地球质量为 M ，地球表面上距离木星最近的地方有一质量为 m 的物体，地球在木星引力作用下向木星靠近，根据牛顿第二定律，有

$$G \frac{M_0 m}{d^2} = M a$$

物体 m 在木星引力和地球引力作用下，有

$$G \frac{M_0 m}{(d-R)^2} - G \frac{M m}{R^2} = m a'$$

其中

$$M_0 = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R_0^3, \quad M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$$

当 $a' > a$ 时，地球将被撕裂；由 $a' = a$ 可得

$$G \frac{M_0}{(d-R)^2} - G \frac{M}{R^2} = G \frac{M_0}{d^2}$$

整理得

$$\frac{M_0}{d^2} \left[\left(1 - \frac{R}{d}\right)^2 - 1 \right] = \frac{M}{R^2}$$

因为 $d \gg R$ ，所以 $\frac{R}{d}$ 很小，则有

$$\left(1 - \frac{R}{d}\right)^2 \approx 1 - \frac{2R}{d}$$

代入可得

$$\frac{M_0}{d^2} \cdot \frac{2R}{d} = \frac{M}{R^2}$$



可得“洛希极限”的表达式为

$$d = R_0 \sqrt[3]{\frac{2\rho_0}{\rho}}$$

