

物 理

班级：_____ 姓名：_____ 准考证号：_____

(本试卷共 14 页，15 题，考试用时 75 分钟，全卷满分 100 分)

注意事项：

1. 答题前，先将自己的班级、姓名、准考证号写在试题卷和答题卡上，并将准考证条形码粘贴在答题卡上的指定位置。
2. 选择题的作答：每小题选出答案后，用 2B 铅笔把答题卡上相应题目的答案标号涂黑。写在试题卷、草稿纸和答题卡上的非答题区域均无效。
3. 非选择题的作答：用签字笔直接答在答题卡上对应的答题区域内，写在试题卷、草稿纸和答题卡上的非答题区域均无效。
4. 考试结束后，将答题卡上交。

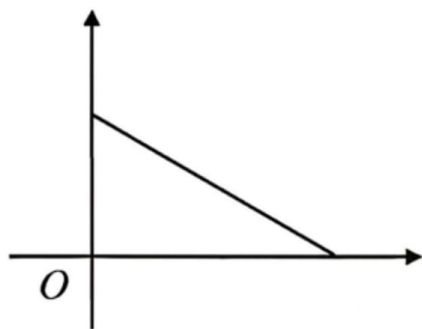
一、选择题：本题共 6 小题，每小题 4 分，共 24 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 2025 年 10 月 7 日，瑞典皇家科学院决定将 2025 年诺贝尔物理学奖授予科学家约翰·克拉克、麦克·H·德沃雷特、约翰·M·马蒂尼，以表彰他们在量子力学领域的贡献。在物理学发展的历史进程中，下面的陈述与事实相符的是
A. 德国科学家普朗克通过对黑体辐射的研究提出能量子的概念
B. 卢瑟福通过 α 粒子散射实验证明了原子核由质子和中子组成
C. 丹麦物理学家玻尔提出了玻尔原子模型并成功解释了所有原子的光谱
D. 英国物理学家汤姆逊通过对阴极射线的研究发现了电子，并精确测量出了电子的电荷量

【答案】A

【解析】A. 普朗克在研究黑体的热辐射问题中提出了能量子假设，故 A 选项正确；B. 卢瑟福通过 α 粒子散射实验提出了原子的核式结构理论，并预言了中子的存在，故 B 选项错误；C. 玻尔理论是一个过渡性、半经典的理论，只能解释氢原子的光谱，故 C 选项错误；D. 汤姆逊发现了电子但并未测出电子的电荷量，故 D 选项错误。

2. 为了更直观地描述和呈现物体的运动过程，我们常将物体的运动情况以图像的形式绘制出来。物理图像都能以其独特的方式，帮助我们深入理解物体的位移、速度、加速度等关键物理量随时间或其他变量的变化情况。现有一物体（可视为质点）以某一初速度在水平面上做直线运动，其运动图像如图所示，下列说法正确的是



- A. 若为 $\frac{1}{v}-x$ 图像, 则物体的速度随时间均匀变化
- B. 若为 $\frac{x}{t}-t$ 图像, 则图像的斜率的大小表示物体的加速度的大小
- C. 若为 $v-x$ 图像, 则物体做的是加速度逐渐减小的减速运动
- D. 若为 $a-t$ 图像, 物体的速度一定在减小

【答案】C

【解析】A. 若速度随时间均匀变化, 则该运动为匀变速直线运动, 则满足 $v^2 = kx + b$, 解得 $\frac{1}{v} = \frac{1}{\sqrt{kx+b}}$, 显然 $\frac{1}{v}-x$ 图像为曲线, 故 A 选项错误; B. 根据匀变速位移时间关系公式 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$, 整理可得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2}at$, 因此图像的斜率大小 $k = \frac{1}{2}a$, 故 B 选项错误; C. 若为 $v-x$ 图像, 根据 $k = \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} = a \cdot \frac{1}{v}$, 为了保持斜率不变, 速度减小, 加速度也要减小, 因此物体做的是加速度逐渐减小的减速运动, 故 C 选项正确; D. 若为 $a-t$ 图像, 图像的面积表示速度的变化量, 而图像的初速度未知, 若初速度方向与加速度相同, 则物体速度增加; 反之, 则速度减少, 故 D 选项错误。

3. 如图甲所示是春节贴春联的示意图, 简化图如图乙所示, 梯子斜靠在光滑的竖直墙壁上, 下端放在粗糙的水平地面上。对于人用手扶着梯子、脚踩在梯子上缓慢向上爬的过程, 下列说法正确的是



甲



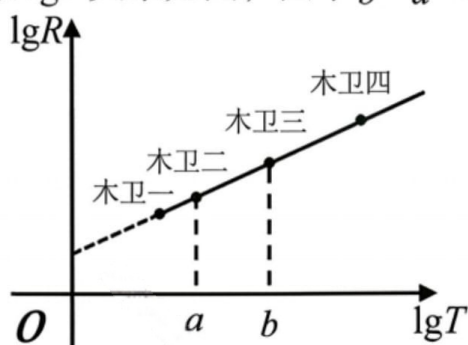
乙

- A. 地面对梯子的支持力逐渐变大
- B. 地面对梯子的摩擦力可能为 0
- C. 地面对梯子的作用力竖直向上
- D. 人对梯子的作用力竖直向下

【答案】D

【解析】AB. 对人和梯子组成的系统受力分析, 竖直方向受力为重力、地面支持力, 二力平衡, 支持力大小不变, 水平方向受到墙壁向右的弹力和地面水平向左的摩擦力, 摩擦力不为 0, 故 AB 选项错误; C. 地面对梯子的作用力为地面支持力和摩擦力的合力, 不是竖直向上, 故 C 选项错误; D. 对人受力分析, 人受到的重力和梯子对人的作用力, 两者等大反向合力为 0, 又根据牛顿第三定律, 人对梯子的作用力与梯子对人的作用力等大反向, 故 D 选项正确。

4. 木星是太阳系中拥有卫星最多的行星, 截至 2025 年 10 月, 发现木星共有卫星 92 颗, 其中四个卫星 (木卫一、木卫二、木卫三、木卫四) 是意大利天文学家伽利略在 1610 年发现的, 称为伽利略卫星。它们的运动可视为圆周运动, 轨道半径的对数 $\lg R$ 与周期的对数 $\lg T$ 关系如图, 图中 $b-a=\lg 2$, 则



- A. 木卫四的加速度比木卫三的加速度大
B. 四颗卫星中, 木卫二和木卫三的轨道半径之比为 $1:\sqrt[3]{2}$
C. 图线纵截距与木星的质量有关
D. 图线斜率等于 $\frac{3}{2}$

【答案】C

【解析】A. 由引力提供合力可知, $a = \frac{GM}{R^2}$, 而木卫四比木卫三的轨道半径更大,

故加速度更小, 故 A 选项错误; CD. 由引力提供向心力, 可知 $\frac{GMm}{R^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R$,

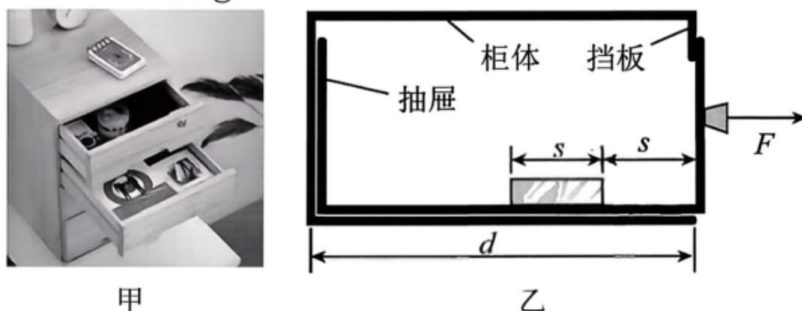
$\frac{R^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$, 两边取对数: $3\lg R - 2\lg T = \lg \frac{GM}{4\pi^2}$, 整体得: $\lg R = \frac{2}{3}\lg T + \frac{1}{3}\lg \frac{GM}{4\pi^2}$,

可知 C 选项正确、D 选项错误; B. 由题目条件: $b-a=\lg 2$, 可知 $\frac{T_3}{T_2} = 2$, 由开普

勒第三定律: $\frac{R_3}{R_2} = \sqrt[3]{\left(\frac{T_3}{T_2}\right)^2} = \sqrt[3]{4}$, 故 B 选项错误。

5. 如图甲为老师办公桌的抽屉柜。已知抽屉的质量 $M=1.8\text{ kg}$, 长度 $d=1.0\text{ m}$, 其中放有质量 $m=0.2\text{ kg}$, 长 $s=0.2\text{ m}$ 的书本, 书本的四边与抽屉的四边均平行。书本的右端与抽屉的右端相距也为 s , 如图乙所示。不计柜体和抽屉的厚度以

及抽屉与柜体间的摩擦，书本与抽屉间的动摩擦因数 $\mu=0.2$ 。现用水平恒力 F 将抽屉拉出，当抽屉遇到柜体的挡板时立即锁定不动。不考虑抽屉翻转，抽屉内无其他物品，重力加速度 $g=10 \text{ m/s}^2$ 。则下列说法正确的是

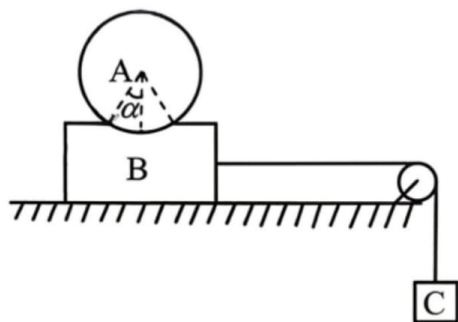


- A. 在拉动抽屉的过程中，为保证书本与抽屉不产生相对滑动，水平力不超过 4 N
 B. 在拉动抽屉的过程中，书本已相对抽屉滑动，若增大 F ，抽屉和书本的加速度均增大
 C. 在拉动抽屉的过程中，抽屉对书本的摩擦力与书本对抽屉的摩擦力做功之和一定为 0
 D. 若水平恒力 $F=2 \text{ N}$ ，抽屉被锁定不动后，书本不会与抽屉发生碰撞

【答案】A

【解析】A. 书本与抽屉刚发生相对滑动时，对书本： $a = \mu g = 2 \text{ m/s}^2$ ，对书本和抽屉整体： $F = (M + m)a = 4 \text{ N}$ ，故 A 选项正确；B. 在拉动抽屉的过程中，书本已相对抽屉滑动，若增大 F ，书本的加速度大小不会增大，故 B 选项错误；C. 当书本与抽屉之间相对滑动时，一对滑动摩擦力做功之和为负值，故 C 选项错误；D. 若水平恒力 $F=2 \text{ N}$ ，对抽屉和书本整体： $a' = \frac{F}{M + m} = 1 \text{ m/s}^2$ ，抽屉锁定时，书本的速度为 $v = \sqrt{2a'd} = \sqrt{2} \text{ m/s}$ ，之后书本因为惯性继续向右滑动，假设书本一直匀减速到停止，则 $x = \frac{v^2}{2\mu g} = 0.5 \text{ m} > s$ ，可知抽屉被锁定不动后，书本会与抽屉发生碰撞，故 D 选项错误。

6. 在水平面上放置一个上方有圆弧形凹槽的滑块 B，圆心与二者接触的左端点连线跟竖直方向夹角 $\alpha = 30^\circ$ ，圆柱 A 恰好能紧贴凹槽放置在其中，整个截面如图所示。物体 C 通过跨过定滑轮的不可伸长的轻质细绳与 B 相连，细绳张紧后由静止释放 C，A、B 在运动过程中始终保持相对静止。已知 A、B 的质量均为 m ，C 的质量为 M ，不计一切摩擦，B 离定滑轮足够远，重力加速度为 g ，下列说法正确的是



- A. 如果 A、B 能保持相对静止，则绳子对 B 的作用力大小为 Mg
- B. 如果 A、B 能保持相对静止，B 对 A 的作用力大小为 $mg\sqrt{\frac{M^2}{(2m+M)^2}+1}$
- C. 当 $M=(\sqrt{3}-1)m$ 时，A 恰要从凹槽中滚出
- D. 若 $\alpha=45^\circ$ 时，只要 M 足够大，A 一定可以从凹槽中滚出

【答案】B

【解析】AB. 若 A、B 相对静止，则根据牛顿第二定律 $Mg=(2m+M)a$ ，解得

系统加速度大小为 $a=\frac{Mg}{2m+M}$ ，则绳子对 B 的作用力大小为 $T=2ma=\frac{2Mmg}{2m+M}$ ，

对 A 做受力分析 $N_{BA}^2=(ma)^2+(mg)^2$ ，解得 $N_{BA}=mg\sqrt{\frac{M^2}{(2m+M)^2}+1}$ ，故 A 选

项错误，B 选项正确；C. 小球滚出凹槽的临界条件为小球受到槽的支持力沿着圆心与二者接触的左端点连线方向得 $N\sin\alpha=ma_1$ ， $N\cos\alpha=mg$ ，解得临界

加速度大小为 $a_1=\frac{\sqrt{3}}{3}g$ ；整体上有 $a_1=\frac{Mg}{(2m+M)}$ ，联立解得 $M=(\sqrt{3}+1)m$ ，

故 C 选项错误；D. 当 $\alpha=45^\circ$ 时，小球滚出凹槽的临界条件为小球受到槽的支持力沿着圆心与二者接触的左端点连线方向，有 $N\sin\alpha=ma_2$ ， $N\cos\alpha=mg$ ，

得临界加速度大小 $a_2=g$ ；由于 $\frac{Mg}{(2m+M)}<g$ ，所以无论 M 为多大，A 都不能

滚出凹槽，故 D 选项错误。

二、选择题：本题共 4 小题，每小题 5 分，共 20 分。在每小题给出的四个选项中，有多项符合题目要求。全部选对的得 5 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

7. 湖南冬季一般在 12 月下旬开始下雪，人们赏雪、玩雪的同时冰雪天气也给交通出行带来了挑战。如图所示，一汽车经过水平圆弧路段时做匀速圆周运动，天气晴好时，汽车所受路面的最大静摩擦力等于车重的 0.8 倍，此时汽车最大拐弯速度为 72 km/h。假设冰雪天气时，汽车在该路段所受路面的最大静摩擦力等于车重的 0.2 倍，且该汽车经过该路段时拐弯半径不变， $g=9.8\text{ m/s}^2$ ，则



- A. 冰雪天气时，汽车最大拐弯速度为 8 m/s
- B. 冰雪天气时，汽车最大拐弯速度为 10 m/s
- C. 适当减小拐弯半径，可以增大最大拐弯速度
- D. 适当增大拐弯半径，可以增大最大拐弯速度

【答案】BD

【解析】晴好天气时， $0.8mg = m\frac{v_1^2}{R}$ ，冰雪天气时， $0.2mg = m\frac{v_2^2}{R}$ ，可得：

$v_2 = \frac{1}{2}v_1 = 10 \text{ m/s}$ ，故 B 选项正确；根据 $kmg = m\frac{v^2}{R}$ ， $v = \sqrt{kRg}$ ，可知 R 增大， v 增大，故 D 选项正确，故选 BD。

8. 某快递员骑电动车在水平路面上以速度 v 匀速直线行驶，人、车以及车上货物的总质量为 m 。由于速度过快，某一时刻掉落一货物，该货物的质量为 $\frac{1}{8}m$ 。若电动车功率为 P 且保持不变继续向前行驶，所受阻力与重力成正比，下列说法正确的是

- A. 货物掉落瞬间，电动车所受合力为 $\frac{P}{8v}$
 B. 货物掉落瞬间，电动车的加速度为 $\frac{P}{8mv}$
 C. 货物掉落，电动车先做加速度逐渐增大的加速运动，最后匀速
 D. 货物掉落，电动车能达到的最大速度为 $\frac{8}{7}v$

【答案】AD

【解析】匀速时，电动车所受阻力 $f = \frac{P}{v} = kmg$ ，货物掉落，电动车所受阻力

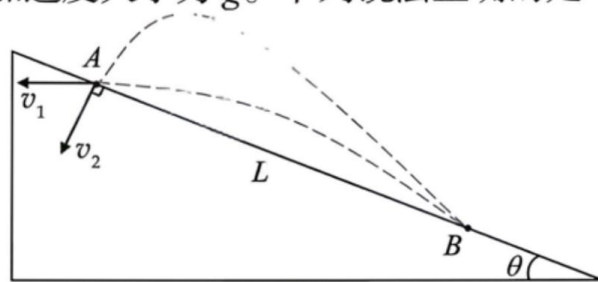
$f' = \frac{7}{8}kmg = \frac{7P}{8v}$ 。货物掉落瞬间，电动车所受合力 $F_{\text{合}} = \frac{P}{v} - f' = \frac{P}{8v}$ ，故 A 选

项正确；由牛顿第二定律： $a = \frac{F_{\text{合}}}{m} = \frac{P}{8mv}$ ，故 B 选项错误；电动车先做加速

度逐渐减小的加速运动，最后匀速，故 C 选项错误；电动车达到最大速度后匀

速运动， $v_m = \frac{P}{f'} = \frac{8}{7}v$ ，故 D 选项正确。故选 AD。

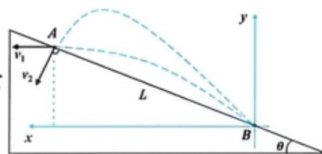
9. 如图所示，斜面上 B 点有一抛射装置（图中未画出，高度忽略不计），先后两次抛射相同的小球。第一次以速度大小为 v_1 水平击中心 A，第二次以速度大小为 v_2 垂直于斜面击中心 A。已知 AB 间的距离为 L ，斜面倾角为 θ ，小球先后两次落在点 A 的时间分别为 t_1 、 t_2 ，先后两次抛出离斜面最远距离分别为 H_1 、 H_2 。不计一切阻力，重力加速度大小为 g 。下列说法正确的是



- A. $\frac{t_1}{t_2} = \sin \theta$ B. $\frac{t_1}{t_2} = \cos \theta$ C. $v_1 = v_2$ D. $\frac{H_1}{H_2} = \frac{1}{\sin^2 \theta}$

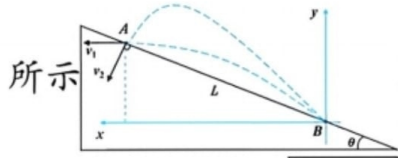
【答案】AC

【解析】第一次抛出如图所示



进行分解, $L \cos \theta = v_1 t_1$,

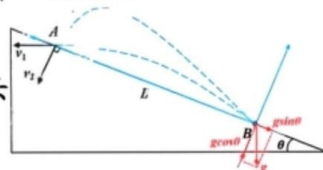
$L \sin \theta = \frac{1}{2} g t_1^2$; 联立解得, $t_1 = \sqrt{\frac{2L \sin \theta}{g}}$, $v_1 = \sqrt{\frac{2gL \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}$; 第二次抛出如图



所示 进行分解, $L \cos \theta = v_2 \sin \theta t_2$, $L \sin \theta = v_2 \cos \theta t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2$,

联立解得, $t_2 = \sqrt{\frac{2L}{g \sin \theta}}$, $v_2 = \sqrt{\frac{2gL \cos^2 \theta}{2 \sin \theta}}$; 因此, $\frac{t_1}{t_2} = \sin \theta$; $v_1 = v_2$; 故 AC

选项正确, B 选项错误; 如图所示



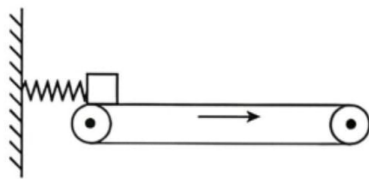
, 第一次离斜面最大高度,

沿斜面方向和垂直斜面方向进行分解, 则有 $(v_1 \sin \theta)^2 = 2g \cos \theta H_1$; 解得,

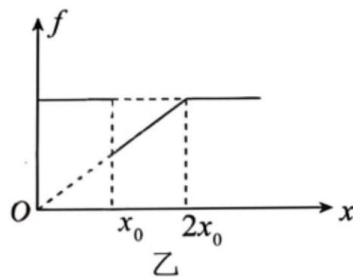
$H_1 = \frac{v_1^2 \sin^2 \theta}{2g \cos \theta}$; 第二次离斜面最大高度, 则有 $(v_2)^2 = 2g \cos \theta H_2$; 解得,

$H_2 = \frac{v_2^2}{2g \cos \theta}$; 因此, $\frac{H_1}{H_2} = \sin^2 \theta$; 故 D 选项错误。故选 AC。

10. 如图甲所示, 足够长的水平传送带以某一恒定速率顺时针转动, 一根轻弹簧两端分别与物块和竖直墙面连接, 将物块在传送带左端无初速度释放, 此时弹簧恰处于原长且为水平。物块向右运动的过程中, 受到的摩擦力大小与物块位移的关系如图乙所示。已知物块质量为 m , 物块与传送带间的动摩擦因数为 μ , 重力加速度为 g , 最大静摩擦力等于滑动摩擦力, 图乙中 x_0 为已知量, 则



甲

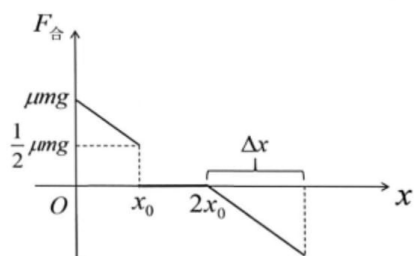


乙

- A. 弹簧的劲度系数为 $\frac{\mu mg}{x_0}$
- B. 传送带运行的速率为 $\sqrt{\frac{3}{2} \mu g x_0}$
- C. $0 \sim 2x_0$ 过程中, 物块和弹簧组成的系统机械能增加量为 $\frac{7}{4} \mu mg x_0$
- D. 物块第一次向右运动的最大位移为 $(2 + \sqrt{3}) x_0$

【答案】BCD

【解析】A. $0 \sim x_0$ 过程，物块在滑动摩擦力和弹簧弹力作用下向右做加速度减小的加速运动；当 $x = x_0$ 时，物块与传送带共速，滑动摩擦力突变为静摩擦力； $x_0 \sim 2x_0$ 过程，物块与传送带相对静止一起做匀速直线运动，弹簧弹力与静摩擦力大小相等且逐渐增大，当 $x = 2x_0$ 时，物块所受弹力等于最大静摩擦力，此后物块向右做减速运动并相对传送带滑动。当 $x = 2x_0$ 时有： $\mu mg = k \cdot 2x_0$ ，解得弹簧的劲度系数为 $k = \frac{\mu mg}{2x_0}$ ，故 A 选项错误；B. $x = x_0$ 时，物块的速度等于传送带的速度。作出物块所受合力与物块位移的关系图：



，由动能定理： $\frac{\mu mg + \frac{1}{2} \mu mg}{2} x_0 = \frac{1}{2} mv^2$ ，得

$v = \sqrt{\frac{3}{2} \mu g x_0}$ ，故 B 选项正确；C. $0 \sim 2x_0$ 过程中，物块和弹簧组成的系统机械能增加量等于摩擦力对物块做的功，由图乙中的面积可知： $\Delta E = \mu mg x_0 +$

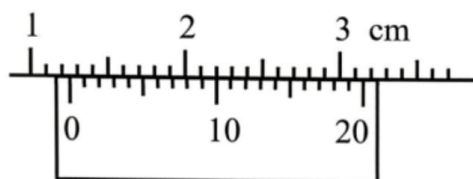
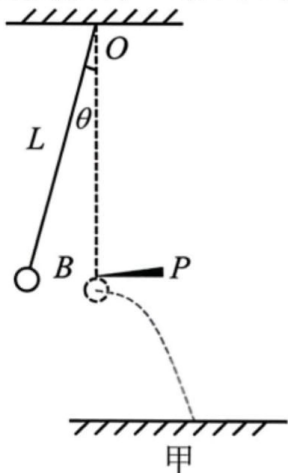
$\frac{\mu mg + \frac{1}{2} \mu mg}{2} x_0 = \frac{7}{4} \mu mg x_0$ ，故 C 选项正确；D. 根据合力与物块位移的关系

图，假设弹力等于最大静摩擦力之后，物体向右减速运动了 Δx 后速度为 0，由动能定理得： $-\frac{1}{2} k (\Delta x)^2 = 0 - \frac{1}{2} mv^2$ ，得 $\Delta x = \sqrt{3} x_0$ 。故最大位移为 $(2 + \sqrt{3}) x_0$ ，

D 选项正确。综上，答案为 BCD。

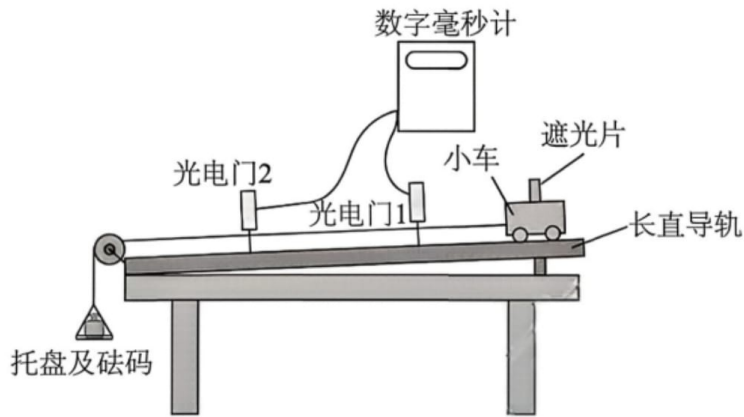
三、实验题：本题共 2 小题，每空 2 分，共 16 分。

11. (8 分) 如图甲所示，某同学用该装置验证单摆运动满足机械能守恒定律， O 点为固定的悬点，轻绳长为 L ，初始时小球从竖直平面成 θ 角的高度静止释放，在 P 处有一锋利的刀片，使得每次小球运动到最低点 B 位置，轻绳恰好断裂（刀片贴近小球但不会接触），之后小球水平抛出，竖直方向下落高度为 H 时小球落地。



甲

乙



甲

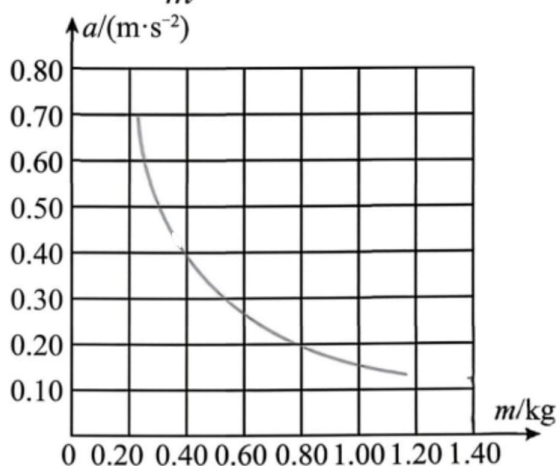
- (1) 将两光电门安装在长直轨道上，选择宽度为 d 的遮光片固定在小车上，调整轨道倾角，用跨过定滑轮的细线将小车与托盘及砝码相连。选用 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ cm (选填“5.00”或“1.00”) 的遮光片，可以较准确地测量遮光片运动到光电门时小车的瞬时速度；
- (2) 将小车自轨道右端由静止释放，从数字毫秒计分别读取遮光片经过光电门 1、光电门 2 时的速度为 $v_1 = 0.50 \text{ m/s}$ 、 $v_2 = 0.91 \text{ m/s}$ ，以及从遮光片开始遮住光电门 1 到开始遮住光电门 2 的时间 $t = 1.00 \text{ s}$ ，计算小车的加速度 $a = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}^2$ (结果保留 2 位有效数字)；
- (3) 为探究加速度 a 与质量 m 的关系，某小组依据实验数据绘制的 $a-m$ 图像如下图所示，很难直观看出图线是否为双曲线。如果采用作图法判断 a 与 m 是否成反比关系，以下选项可以直观判断的有 (多选，填正确答案标号)；

A. $a - \frac{1}{m}$ 图像

B. $a - m^2$ 图像

C. $am - m$ 图像

D. $a^2 - m$ 图像



m/kg	$a/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$
0.2	0.793
0.33	0.482
0.40	0.403
0.50	0.327
1.00	0.159

- (4) 为探究加速度与力的关系，在改变作用力时，甲同学将放置在实验桌上的砝码依次放在托盘上；乙同学将事先放置在小车上的砝码依次移到托盘上，在其他实验操作相同的情况下， (选填“甲”或“乙”) 同学的方法可以更好地减小误差。

【答案】 (1) 1.00 (2) 0.41 (3) AC (4) 乙

【解析】(1) 实验用遮光片通过光电门的平均速度代替瞬时速度，遮光片宽度越小，代替时的误差越小，故为较准确地测量遮光片运动到光电门时小车的瞬时速度，选择宽度较小的 $d=1.00\text{ cm}$ 的遮光片。

(2) 根据加速度的定义式可得 $a = \frac{v_2 - v_1}{t} = 0.41\text{ m/s}^2$ 。

(3) A. 作出图像，可以将图像“化曲为直”，便于判断， a 与 m 是否成反比关系，故 A 正确；B. 作出图像，无法体现 a 与 m 是否成反比关系，故 B 错误；C. 作出图像，由于 $F=ma$ ，若 a 与 m 是成反比关系，即 ma 为定值，则图像是一条平行与横轴的直线，可间接判断 a 与 m 是否成反比关系，故 C 正确；D. 作出图像，无法体现 a 与 m 是否成反比关系，故 D 错误。故选 AC。

(4) 设小车质量为 M ，砝码质量为 m ，砝码总个数为 n ，小车上砝码个数为 k 个。

对于甲同学方法来说， $F_{\text{拉}} = Ma = M \cdot \frac{nmg}{M+nm} = \frac{nmg}{1+\frac{nm}{M}}$ ，随着 n 增大，不满足

$nm \ll M$ 条件，拉力与 nmg 偏差增大，误差变大；对于乙同学的方法来说，

$F_{\text{拉}} = (M+km)a = (M+km) \cdot \frac{(n-k)mg}{M+nm} = \frac{(M+km)}{M+nm} \cdot (n-k)mg$ ，随着小车上槽

码移到槽码盘上，总质量 $nm+M$ 不变，随着 k 增大， $\frac{(M+km)}{M+nm} \approx 1$ ，

$F_{\text{拉}} \approx (n-k)mg$ ，拉力更接近理论值，系统误差更小，故乙同学方法更好。

四、计算题：本题共 3 小题，共 40 分。要求写出必要的文字描述和关系式。

13. (10 分) 小刚家今年买了一辆新能源汽车，能实时监测汽车轮胎内气体压强和温度。长沙的夏天天气炎热，小刚家的车一般停放在地下车库内。某天车内仪表盘实时显示四个轮胎内的气压均为 $p_1=2.5\text{ atm}$ ，温度为 $t_1=27\text{ }^\circ\text{C}$ ，小刚爸爸开车带他去商场购物，将车停在商场外的停车场。从商场出来后，小刚爸爸发现轮胎内空气的温度升高到了 $t_2=57\text{ }^\circ\text{C}$ 。忽略轮胎容积的变化，求：

(1) 轮胎内空气温度升高后，气体的压强 p_2 的大小；

(2) 小刚的爸爸担心胎压过高，就给车胎慢慢放气，直至将胎压恢复到 p_1 。假设此过程中胎内气体温度不变，则放气结束后，车胎内剩余气体的质量 m 与轮胎内原来气体质量 m_0 的比值。

【答案】(1) $p_2=2.75\text{ atm}$ (2) $m/m_0=10/11$

【解析】(1) 初态：压强 $p_1=2.5\text{ atm}$ ，温度 $T_1=300\text{ K}$

末态：压强 $p_2=?$ ，温度 $T_2=330\text{ K}$

根据查理定律： $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ (2 分)

代入数据，解得： $p_2=2.75\text{ atm}$ (2 分)

(2) 气体温度恒为 $T_2=330\text{ K}$, 则为等温变化。

放气后, 将放出的气体和胎内剩余气体视为一个整体,

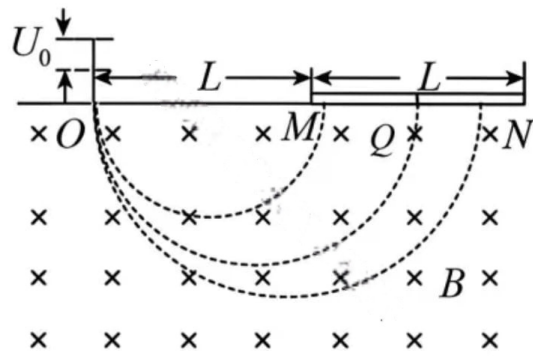
压强为 $p_3=p_1=2.5\text{ atm}$, 体积为 V_3

由玻意耳定律: $p_2V = p_3V_3 \dots\dots\dots(2\text{ 分})$

$$\frac{m}{m_0} = \frac{V}{V_3} \dots\dots\dots(2\text{ 分})$$

$$\text{解得 } \frac{m}{m_0} = \frac{10}{11} \dots\dots\dots(2\text{ 分})$$

14. (14分) 一台质谱仪的工作原理如图所示, 不同比荷的正离子飘入电压为 U_0 的加速电场, 其初速度几乎为零, 这些离子经过加速后通过狭缝 O 沿着与磁场垂直的方向进入磁感应强度为 B 的匀强磁场, 最后打在底片上, 已知放置底片的区域 $MN=L$, 且 $OM=L$ 。某次测量发现 MN 中左侧一半区域 MQ 损坏, 检测不到离子, 但右侧一半区域 QN 仍能正常检测到离子。在适当调节加速电压后, 原本打在 MQ 的离子即可在 QN 检测到。



- (1) 求原本打在 MN 中 M 点的离子的比荷 $\frac{q}{m}$;
- (2) 为使原本打在 M 的离子能打在 QN 区域, 求加速电压 U 的调节范围;
- (3) 是否可以仅调节一次加速电压, 使其为 nU_0 ($n>1$), 使原本打在 MQ 区域的所有离子全部打到 QN 区域, 若能, 请计算 n 的范围, 若不能, 请说明理由。

【答案】(1) $\frac{q}{m} = \frac{8U_0}{B^2L^2}$ (2) $\frac{9U_0}{4} \leq U \leq 4U_0$ (3) 不能, 理由见详解

【解析】(1) 离子在电场中加速: $qU_0 = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(2\text{ 分})$

在磁场中做匀速圆周运动: $qvB = m\frac{v^2}{r_0} \dots\dots\dots(2\text{ 分})$

$$\text{解得: } r_0 = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU_0}{q}}$$

$$\text{代入 } r_0 = \frac{L}{2}, \text{ 解得 } \frac{q}{m} = \frac{8U_0}{B^2L^2} \dots\dots\dots(1\text{ 分})$$

(2) 由(1)知, $U = \frac{4U_0 r^2}{L^2}$ 离子打在 Q 点 $r = \frac{3L}{4}$, 代入式子得 $U = \frac{9}{4}U_0$
(2分)

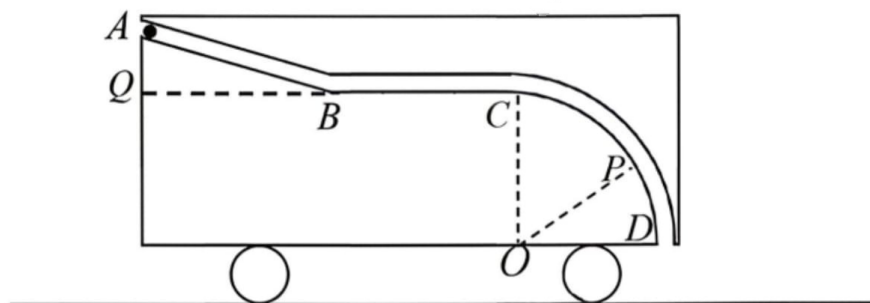
离子打在 N 点时 $r=L$, 代入得 $U = \frac{4U_0 r^2}{L^2} = 4U_0$ (2分)

则电压的范围 $\frac{9U_0}{4} \leq U \leq 4U_0$ (1分)

(3) 由(1)可知, $r \propto \sqrt{U}$, 由题意知, 电压变为 n 倍后, MQ 间的粒子半径变为原来的 \sqrt{n} 倍, 即 $\frac{\sqrt{n}L}{2} \sim \frac{3\sqrt{n}L}{4}$, 直径为 $\sqrt{n}L \sim \frac{3\sqrt{n}L}{2}$ (2分)

又 $n > 1$, 故离子能打到的范围为 $d = \frac{3\sqrt{n}L}{2} - \sqrt{n}L = \frac{\sqrt{n}L}{2} > \frac{L}{2}$, 超出了 QN 区间, 所以不能。.....(2分)

15. (16分) 如图所示, 一玩具车静止在光滑的水平面上, 玩具车内部设计有三段内径相同的光滑管道, 三段管道平滑连接。第一段 AB 为倾斜直管道, 其水平投影 QB 的长度为 R , 倾角 $\angle ABQ = 37^\circ$ 。第二段 BC 为水平直管道, 长度也为 R 。第三段 CD 为四分之一圆弧管道, 圆心为 O , 圆弧半径 OC 的长度也为 R 。将一个质量为 m 、半径略小于管道内径的光滑小球, 从管道 A 点由静止释放, 已知玩具车的质量 $M=9m$, 管道内径远小于 R , 重力加速度的值为 g , $\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$ 。



- (1) 求小球从 D 点滑离玩具车时, 小球的速度大小以及玩具车的位移大小;
- (2) 求小球在水平直管道内运动的时间;
- (3) 当小球滑到圆弧管道的 P 点处时, $\angle COP = 60^\circ$, 求此时小球和玩具车的速度大小。

【答案】 (1) $v = \sqrt{\frac{7gR}{2}}$ $x_M = \frac{3R}{10}$ (2) $t = \sqrt{\frac{3R}{5g}}$

(3) $v_{\text{车}} = \sqrt{\frac{gR}{156}}$ $v_{\text{球}} = \sqrt{\frac{127gR}{52}}$

【解析】 (1) 小球从 D 点滑离玩具车时, 水平方向一定与玩具车共速, 又因为系

统水平方向动量守恒且为 0，故小球在 D 点时，小球速度竖直向下，玩具车速度为 0，由系统机械能守恒： $mg(R \tan 37^\circ + R) = \frac{1}{2}mv^2$

..... (2 分)

$$v = \sqrt{\frac{7gR}{2}} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

由系统水平方向动量守恒： $mv_{mx} = Mv_M$ (1 分)

$$\sum mv_{mx} \Delta t = \sum Mv_M \Delta t$$

$$mx_m = Mx_M \quad \text{①} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

由几何关系： $x_m + x_M = 3R$ ② (1 分)

联立①②，得： $x_M = \frac{3R}{10}$ (1 分)

(2) 设小球刚进入水平直管道时，小球的速度为 v_1 ，玩具车的速度为 v_2 ，

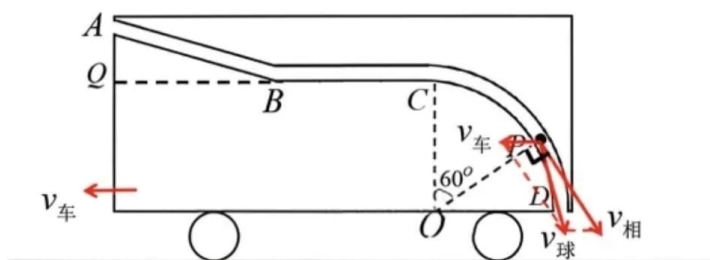
由系统水平方向动量守恒： $mv_1 = Mv_2$ ③ (1 分)

系统机械能守恒： $mgR \tan 37^\circ = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$ ④ (1 分)

设小球在水平直管道内运动的时间为 t ，则 $t = \frac{R}{v_1 + v_2}$ ⑤ (1 分)

联立③④⑤，得： $t = \sqrt{\frac{3R}{5g}}$ (1 分)

(3) 设小球滑到圆弧管道的 P 点处时，小球和玩具车的速度大小分别为 $v_{球}$ 和 $v_{车}$ ，考虑到 $\vec{v}_{球} = \vec{v}_{相} + \vec{v}_{车}$ ，作出矢量关系图。



由系统水平方向动量守恒： $m(v_{相} \cos 60^\circ - v_{车}) = Mv_{车}$ ⑥ · (1 分)

由系统机械能守恒： $mg\left(\frac{3}{4}R + \frac{1}{2}R\right) = \frac{1}{2}mv_{球}^2 + \frac{1}{2}Mv_{车}^2$ ⑦ (1 分)

$$v_{球}^2 = (v_{相} \cos 60^\circ - v_{车})^2 + (v_{相} \sin 60^\circ)^2 \quad \text{⑧} \dots\dots\dots (1 \text{ 分})$$

联立⑥⑦⑧，得： $v_{车} = \sqrt{\frac{gR}{156}}$ ， $v_{球} = \sqrt{\frac{127gR}{52}}$ (2 分)