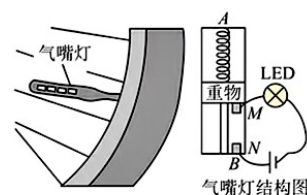


江苏省苏州市、南京市九校 2025-2026 学年高三上学期一轮复习学情联合 调研物理试题

一、单选题

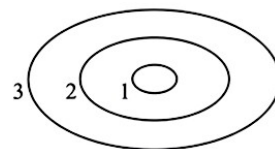
1. 如图为自行车气嘴灯及其结构图，弹簧一端固定在 A 端，另一端拴接重物，当 M 、 N 接触时，LED 灯就会发光。下列说法正确的是（ ）

- A. 安装时 A 端比 B 端更远离车轮圆心
- B. 只要车轮转动起来，气嘴灯就能发光
- C. 增大重物质量可使气嘴灯在较低车速下也能发光
- D. 自行车匀速行驶时，若气嘴灯转到最低点时能发光，则在最高点时也一定能发光

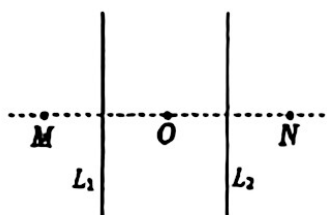


2. 一浮筒（视为质点）在池塘水面以频率 f 上下振动，水面泛起圆形的涟漪（视为简谐波），用实线表示波峰位置，某时刻第 1 圈实线的半径为 r ，第 3 圈实线的半径为 $9r$ ，则（ ）

- A. 该波的波长为 $8r$
- B. 该波的波速为 $2fr$
- C. 此时浮筒在最高点
- D. 再经过 $\frac{1}{4f}$ ，浮筒将在最低点



3. 如图所示，空间中存在两根无限长直导线 L_1 与 L_2 ，通有大小相等、方向相反的电流。两导线所在平面内存在 M 、 O 、 N 三点， M 与 O 关于 L_1 对称， O 与 N 关于 L_2 对称且 $OM = ON$ 。初始时， M 处的磁感应强度大小为 B_1 ， O 点磁感应强度大小为 B_2 ，现保持 L_1 中电流不变，仅将 L_2 撤去，则 N 点的磁感应强度大小为（ ）

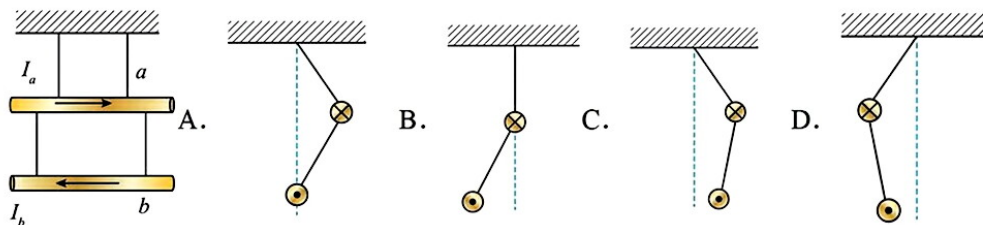


- A. $\frac{B_2}{2} - B_1$
- B. $B_2 - \frac{B_1}{2}$
- C. $\frac{B_1}{2} - B_2$
- D. $B_1 - \frac{B_2}{2}$

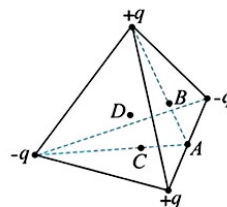
4. 塑胶跑道由一种特殊的材料制成，这种材料具备良好的减震和回弹效果。经测试，将一重为 G 的鸡蛋分别从水泥路面和塑胶跑道路面上方相同高度自由释放，碰后鸡蛋的速度均变为零。已知鸡蛋与水泥路面的碰撞时间为 t_0 ，鸡蛋受到水泥路面的平均作用力为 $4G$ ；鸡蛋与塑胶跑道路面的撞击时间为 $3t_0$ ，则鸡蛋受到塑胶跑道路面的平均作用力为（ ）

- A. $1.5G$
- B. $2G$
- C. $2.5G$
- D. $\frac{4}{3}G$

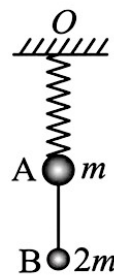
5. 如图，用四根相同的绝缘轻质细绳把两根质量和长度都相同的通电导体棒 a 、 b 水平悬挂起来。电流方向如图所示，大小满足 $I_a = 3I_b$ ，现在导体棒所处的空间内，加范围足够大、竖直向上的匀强磁场，最终达到静止状态，下列从左往右看的侧视图中正确的是（ ）



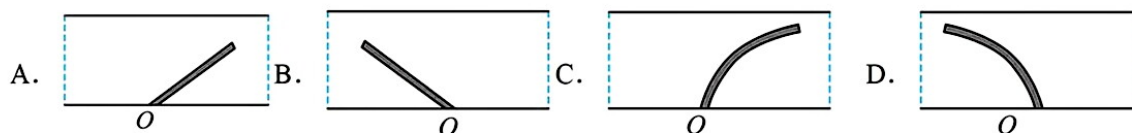
6. 如图所示，真空中正四面体的四个顶点处分别固定四个等量点电荷， A 点为底边棱的中点， B 点为右侧面的中心， C 点为底面的中心， D 点为正四面体的体心（到四个顶点的距离均相等）。下列说法正确的是（ ）



- A. B 点电势小于 C 点电势
 B. 取无穷远处电势为零，则 D 点电势大于零
 C. 一正电荷从 A 点运动到 D 点过程中，电场力做正功
 D. 若其中一对等量异种点电荷在 D 点产生的场强大小为 E ，则 D 点的合场强大小为 $\sqrt{2}E$
7. 如图，轻质弹簧上端固定，下端悬挂质量为 m 的小球 A ，质量为 $2m$ 的小球 B 与 A 用细线相连，整个系统处于静止状态，弹簧劲度系数为 k ，弹簧原长足够长，重力加速度为 g 。现剪断细线，下列说法正确的是（ ）

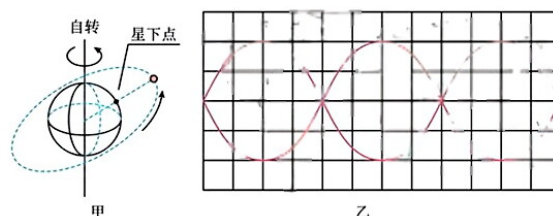


- A. 剪断细线后的瞬间，小球 A 的加速度大小为 g
 B. 小球 A 运动到弹簧原长处时速度最大
 C. 小球 A 的最大速度为 $2g\sqrt{\frac{m}{k}}$
 D. 小球 A 运动到最高点时，弹簧的伸长量为 $\frac{mg}{k}$
8. 如图所示，一底面涂有墨汁的棋子从匀速运动的水平传送带边缘 O 点垂直弹入，棋子在传送带表面滑行一段时间后随传送带一起运动，棋子在传送带上留下的墨迹（俯视图）为（ ）



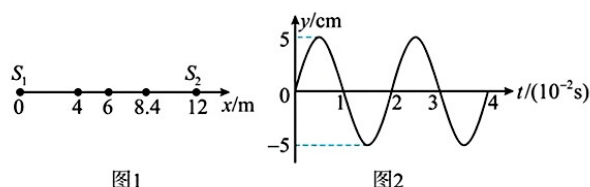
9. 如图甲，“星下点”是指卫星和地心连线与地球表面的交点，图乙是航天控制中心大屏幕上显示某气象卫星的“星下点”在一段时间内的轨迹。地球可视为球体，地球匀速自转，则（ ）

- A. 该气象卫星绕地球运动的轨道是椭圆
- B. 地球自转周期是该气象卫星绕地球运动周期的 3 倍
- C. 该气象卫星线速度介于第一、第二宇宙速度之间
- D. 该气象卫星受地球的引力一定大于地球同步卫星受地球的引力



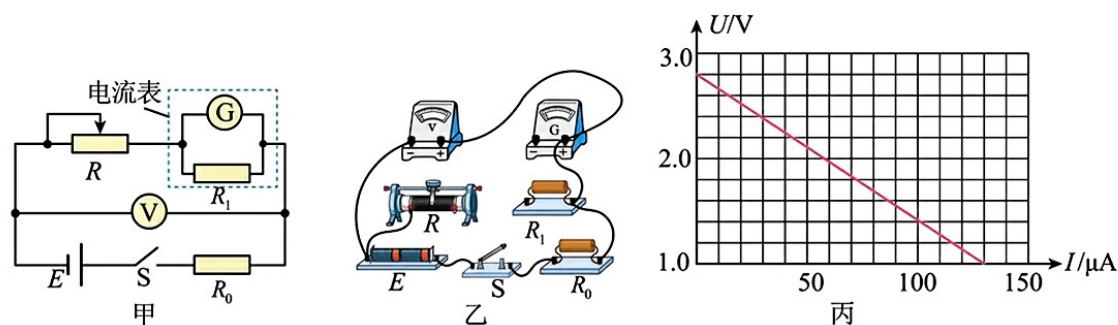
10. 如图 1 所示，两波源 S_1 和 S_2 分别位于 $x=0$ 与 $x=12\text{m}$ 处，以 $x=6\text{m}$ 为边界，两侧为不同的均匀介质。 $t=0$ 时两波源同时开始振动，其振动图像相同，如图 2 所示。 $t=0.1\text{s}$ 时 $x=4\text{m}$ 与 $x=6\text{m}$ 两处的质点开始振动，不考虑反射波的影响，则（ ）

- A. $t=0.15\text{s}$ 时两列波开始相遇
- B. 在 $6\text{m} < x \leq 12\text{m}$ 间 S_1 波的波长为 0.8m
- C. 两列波叠加稳定后， $x=8.4\text{m}$ 处的质点振动加强
- D. 两列波叠加稳定后，在 $0 < x < 6\text{m}$ 间共有 15 个振动加强点



二、实验题

11. 某物理实验小组测量某款国产新能源汽车上电池小组件的电动势和内阻，实验原理如图甲所示，其中，虚线框内为用灵敏电流计 G 改装的电流表 A ， V 为电压表， E 为待测电池组， S 为开关， R 为滑动变阻器， R_0 是标称值为 4.0Ω 的定值电阻。

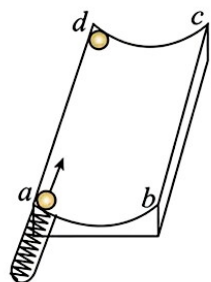


- (1) 已知灵敏电流计 G 改装的电流 $I_g = 200\mu\text{A}$ 、内阻 $r_g = 2.0\text{k}\Omega$ ，若要改装后的电流表满偏电流为 400mA ，应并联一只阻值约为 Ω 的定值电阻 R_1 。（结果保留 2 位有效数字）
- (2) 根据图甲，用笔画线代替导线将图乙连接成完整电路。
- (3) 调节滑动变阻器的滑片在不同位置，多次记录下对应的电压表的示数 U 和灵敏电流计的示数 I ，得到如图丙所示的 $U-I$ 图像，则电池的电动势 $E =$ V ，内阻 $r =$ Ω 。（结果均保留 2 位有效数字）

(4)小明同学认为，考虑到本实验使用的电压表是非理想电表，将定值电阻 R_0 替换成更大阻值的电阻将有利于减小电动势测量值的系统误差，你是否赞同他的观点？并请简述理由_____。

三、解答题

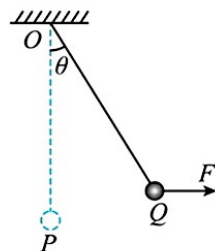
12. 某同学自己制作了一套玩具，利用剖开的半径为 R 的圆管一部分作为轨道，固定在水平面内，如图所示，弧 $\overset{\circ}{ab} = R$ ， ad 长为 L ，在 d 处挖一小洞。游戏时，用弹簧枪将一质量为 m 的小球（比洞略小）沿 ad 方向射出，通过控制弹出时的速度大小，可使小球落入洞中， a 、 b 、 c 、 d 在同一水平面上，不计一切阻力，小球可视为质点，当地重力加速度为 g 。若使小球能够进入洞中，求：



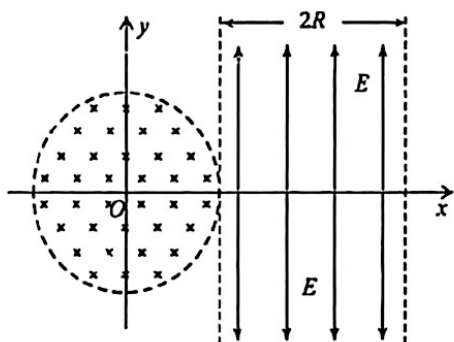
- (1)小球从 a 点射出时可能的速率；
- (2)发射前，弹簧弹性势能的最大可能值。

13. 如图所示，一质量为 m 的小球，用一根不可伸长的轻绳静止悬挂于 O 点的正下方 P 点。小球在大小恒为 $\frac{3}{4}mg$ 的水平力作用下，从 P 点运动到 Q 点（此时，轻绳与竖直方向夹角 $\theta = 30^\circ$ ），立即撤去水平力，已知当地重力加速度为 g 。

- (1)求小球回到 P 点时绳子拉力 F_T 的大小；
- (2)问在水平力作用过程中，小球速率如何变化？并请阐述理由。

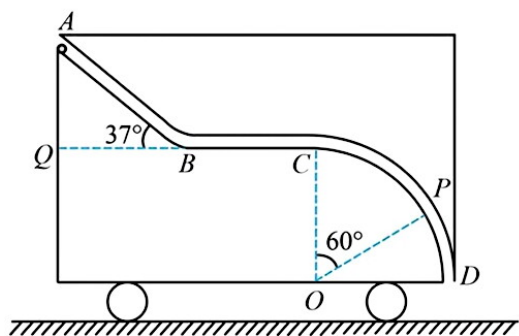


14. 直角坐标系 xOy ，在以 O 为圆心，半径为 R 的圆柱形区域 I 中有一垂直纸面向里的匀强磁场。在 $R \leq x \leq 3R$ 且 $y > 0$ 的区域 II 中充满沿 y 轴正方向的匀强电场，在 $R \leq x \leq 3R$ 且 $y < 0$ 的区域 III 中充满沿 y 轴负方向的匀强电场，电场强度大小均为 E ，其他区域视为真空。坐标原点 O 处有一粒子源可以在纸面内沿各个方向发射速率为 v 的带负电粒子，粒子电荷量为 q ，质量为 m 。不计粒子的重力以及粒子间的相互作用，并忽略场的边界效应。已知某粒子可以从磁场边界上的 $N\left(\frac{3R}{5}, \frac{4R}{5}\right)$ 点沿 x 轴正方向离开磁场，电场强度大小 $E = \frac{9mv^2}{10qR}$ 。



- (1) 求匀强磁场的磁感应强度 B 的大小；
- (2) 求从 N 点离开磁场的粒子经电场偏转后，离开电场右边界时位置的坐标；
- (3) 将粒子源粒子的发射速率改为 $\frac{4}{5}v$ ，在从 O 点发时的大量粒子中，求能进入电场的粒子在磁场中经过的区域面积 S ，并在答题卡对应图中标出该区域（画出边界，内部画上斜线）。

15. 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 ，直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 ，已知当地重力加速度为 g ，取 $\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$ 。求：



- (1) 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) 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 ($\angle COP = 60^\circ$) 时，小球和玩具车的速度大小。

《江苏省苏州市、南京市九校 2025-2026 学年高三上学期一轮复习学情联合调研物理试题》

参考答案

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	C	D	A	B	A	D	C	B	B	D

1. C

【知识点】绳/单层轨道模型、离心运动

【详解】A. 当 M 、 N 接触时，LED 灯就会发光，应使重物做离心运动，则 A 端应靠近车轮圆心，安装时 A 端比 B 端更靠近车轮圆心，故 A 错误；

B. 车轮转动时，重物随车轮做圆周运动，所需要的向心力由弹簧弹力与重力的合力提供，车轮转速越大，弹簧长度越长，重物上的触点 M 与固定在 B 端的触点 N 越近，当车轮达到一定转速时，重物上的触点 M 与固定在 B 端的触点 N 接触后，气嘴灯就会被点亮，故 B 错误；

C. 灯在最低点时，对重物有 $F_{\text{弹}} - mg = m\omega^2 r$

$$\text{解得 } \omega = \sqrt{\frac{F_{\text{弹}}}{mr} - \frac{g}{r}}$$

故增大重物质量可使 LED 灯在较低转速下也能发光，故 C 正确；

D. 灯在最低点时，有 $F_1 - mg = m\omega^2 r$

$$\text{即 } F_1 = m\omega^2 r + mg$$

灯在最高点时，有 $F_2 + mg = m\omega^2 r$

$$\text{即 } F_2 = m\omega^2 r - mg$$

故 $F_1 > F_2$ ，即匀速行驶时，在最低点时弹簧比在最高点时长，因此匀速行驶时，若 LED 灯转到最低点时能发光，则在最高点时不一定能发光，故 D 错误。

故选 C。

2. D

【知识点】波长、频率和波速的关系

【详解】A. 根据题意某时刻第 1 圈实线的半径为 r ，第 3 圈实线的半径为 $9r$ ，故可得 $2\lambda = 9r - r$

即 $\lambda = 4r$ ，故 A 错误；

B. 该波的波速为 $v = \lambda f = 4rf$ ，故 B 错误；

CD. 由 $\lambda = 4r$, 根据某时刻第 1 圈实线的半径为 $r = \frac{1}{4}\lambda$

可得此时浮筒处于平衡位置, 由于波向外传播, 根据同侧法可知此时浮筒处于平衡位置向下

振动, 故再经过 $\frac{1}{4f} = \frac{1}{4}T$

浮筒将在最低点, 故 C 错误, D 正确。

故选 D。

3. A

【知识点】磁感应强度的矢量性与叠加

【详解】根据安培定则, 两导线在 O 点处产生的磁感应强度方向相同大小相等, 则单个导

线在 O 点处产生的磁感应强度大小为 $B_0 = \frac{B_2}{2}$

根据对称性, 两导线在 N 处的磁感应强度大小应该与 M 点一样 (即为 B_1), 根据对称性,

L_2 在 N 点处产生的磁感应强度为 $B_0 = \frac{B_2}{2}$

由于 L_2 在 N 点处产生的磁感应强度大于 L_1 在 N 点处产生的磁感应强度, 且方向相反, 将

L_2 撤去, N 点的磁感应强度为 $\frac{B_2}{2} - B_1$ 。

故选 A。

4. B

【知识点】用动量定理解释缓冲现象

【详解】设鸡蛋自由落体阶段末速度为 v , 两次下落高度相等, 落地瞬间的速度也相等, 碰水泥路面的过程, 由动量定理得

$$Gt_0 - 4Gt_0 = 0 - mv$$

鸡蛋碰塑胶跑道路面的过程, 由动量定理得

$$G \cdot 3t_0 - F \cdot 3t_0 = 0 - mv$$

解得

$$F = 2G$$

5. A

【知识点】左手定则的内容及初步应用

【详解】设竖直向上的匀强磁场的磁感应强度大小为 B , 两导线的质量均为 m 、长度均为 L , 导线 b 中的电流为 I , 则导线 a 中的电流为 $3I$ 。对导线 a 分析, 根据左手定则, 可知其所受

安培力的方向为水平向右，大小为 $F_a = BI_a L = 3BIL$

对导线 b 分析，根据左手定则，可知其所受安培力的方向为水平向左，大小为 $F_b = BI_b L = BIL$

将导线 a 与导线 b 看成一个整体，因 $F_a > F_b$ ，故整体所受的安培力方向为水平向右，大小为 $F = F_a - F_b = 2BIL$

对整体受力分析，如图 1 所示

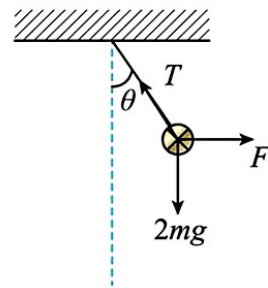


图1

可知上边两根绝缘轻质细绳向右倾斜，设两绳拉力的合力大小为 T ，其与竖直方向的夹角为 θ ，根据几何关系可得 $\tan \theta = \frac{F}{2mg} = \frac{2BIL}{2mg} = \frac{BIL}{mg}$

对导线 b 受力分析，如图 2 所示

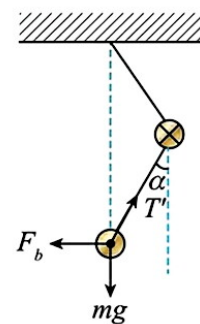


图2

可知下边两根绝缘轻质细绳向左倾斜，设两绳拉力的合力大小为 T' ，其与竖直方向的夹角为 α ，根据几何关系可得 $\tan \alpha = \frac{F_b}{mg} = \frac{BIL}{mg}$

由上分析，可得 $\tan \alpha = \tan \theta$ ，即 $\alpha = \theta$ ，故两导线最终达到静止状态如 A 选项所示。

故选 A。

故选 A。

6. D

【知识点】电场强度的叠加法则、点电荷周围电势及叠加计算

【详解】AB. 根据对称性原理可知，空间中固定的四个点电荷在 A 、 D 两点的电势代数和为 0，则 A 、 D 两点电势均为 0，在 B 、 C 两点的电势代数和分别大于 0 和小于 0，则 B 点电势高于 C 点电势，故 AB 错误；

C. 由于 A 、 D 两点电势均为 0，则一正电荷从 A 点运动到 D 点过程中，电场力不做功，故 C 错误；

D. 若其中一对等量异种点电荷在 D 点产生的电场强度大小为 E ，则另外一对在 D 点产生的电场强度大小也是 E ，两者方向互相垂直，根据电场叠加原理可知，则 D 点的合场强大小为 $\sqrt{2}E$ ，故 D 正确。

故选 D。

7. C

【知识点】机械能守恒定律在弹簧类问题中的应用、简谐运动的定义及特征、牛顿第二定律求瞬时加速度问题

【详解】A. 未剪断细线时，对 A、B 整体由平衡条件可知，弹簧弹力 $F_0 = (m+2m)g = 3mg$ 剪断细线的瞬间弹簧弹力不变，对 A 根据牛顿第二定律得： $F_0 - mg = ma$

解得小球 A 的加速度大小为 $a = 2g$ ，故 A 错误；

B. 小球 A 的速度最大时其加速度为零，其合力为零，此时弹簧弹力与小球 A 的重力等大反向，故小球 A 运动到速度最大时弹簧不是在原长处，而是处于伸长状态，故 B 错误；

D. 剪断细线后小球 A 在竖直方向做简谐运动，初始位置即为小球简谐运动的最低点，由 A 选项的解答可知，小球 A 运动到最低点时，弹簧弹力方向向上，大小为 $3mg$ ，由胡克定律可得此时弹簧的伸长量为 $\frac{3mg}{k}$ ；小球 A 在最低点时所受合力向上，大小为 $F_0 - mg = 2mg$ ，由简谐运动的对称性可知，小球 A 运动到最高点时，所受合力向下，大小亦为 $2mg$ ，因小球 A 的重力为 mg ，故此时弹簧弹力应向下，大小为 mg ，故此弹簧为压缩状态，其压缩量为 $\frac{mg}{k}$ ，故 D 错误；

C. 小球在平衡位置时弹簧伸长量为 $\frac{mg}{k}$ ，则从最高点到平衡位置，弹簧弹性势能不变，则

$$\text{由能量关系 } mg\left(\frac{mg}{k} + \frac{mg}{k}\right) = \frac{1}{2}mv^2$$

解得在平衡位置的速度 $v = 2g\sqrt{\frac{m}{k}}$ ，故 C 正确。

故选 C。

8. B

【知识点】两个变速直线运动的合成

【详解】对棋子进行受力分析可知，棋子在传送带上滑动时，棋子所受的合外力就是传送带给棋子的滑动摩擦力，而在传送带这个参考系中，滑动摩擦力方向始终与棋子的相对运动方

向相反，故棋子的合速度方向和滑动摩擦力的方向在一条直线上，所以棋子的运动轨迹应该是一条直线，又因为棋子相对于传送带往后运动，所以棋子在传送带上留下的墨迹（俯视图）为选项 B。

故选 B。

9. B

【知识点】比较不同轨道上的卫星物理量、卫星的追及相遇问题、第一宇宙速度

【详解】A. 由图乙可知，该气象卫星相邻两次经过赤道正上方所用的时间相等，所以，该气象卫星的轨道是圆，故 A 错误；

B. 由图乙可知，在地球自转一周的时间内，该气象卫星转了 3 周，即 $T_{\text{地}} = 3T_{\text{卫}}$ ，故 B 正确；

C. 因轨道半径越大线速度越小，第一宇宙速度是最大环绕速度，所以，该气象卫星线速度应小于第一宇宙速度，故 C 错误；

D. 因该卫星与地球静止卫星的质量关系未知，所以无法比较该气象卫星受地球的引力与静止卫星受地球的引力的大小关系，故 D 错误。

故选 B。

10. D

【知识点】波的图像、波的干涉图样、判断干涉加强和减弱区、波长、频率和波速的关系

【详解】A. 波在 $x=6\text{m}$ 左侧的波速为 $v_1 = \frac{4}{0.1} \text{m/s} = 40\text{m/s}$

右侧的波速为 $v_2 = \frac{6}{0.1} \text{m/s} = 60\text{m/s}$

从 0.1s 开始到两波相遇用时 $\Delta t = \frac{6\text{m} - 4\text{m}}{2v_1} = 0.025\text{s}$

故两波相遇时间 $t = 0.1\text{s} + \Delta t = 0.125\text{s}$ ，故 A 错误；

B. 图 2 可知波的传播周期为 $T=0.02\text{s}$ ，则在 $6\text{m} < x \leq 12\text{m}$ 间 S_1 波的波长为

$\lambda_1 = v_2 T = (60 \times 0.02)\text{m} = 1.2\text{m}$ ，故 B 错误；

C. 左侧波传到 $x=8.4\text{m}$ 用时为 $t_1 = \left(\frac{6}{40} + \frac{8.4-6}{60} \right) \text{s} = 0.19\text{s}$

此时右侧波在该质点已经振动 $\Delta t = 0.19\text{s} - \frac{12-8.4}{60} \text{s} = 0.13\text{s} = 6T + \frac{T}{2}$

即此刻左侧波在该点的振动在平衡位置向上运动，右侧波在该点的振动也在平衡位置向下振动，可知该点的振动减弱，故 C 错误；

D. 当右侧波传到 $x=6\text{m}$ 位置时用时间为 $0.1\text{s}=5T$ ，即此时 $x=6\text{m}$ 处质点从平衡位置向上振动；

此时 $x=0$ 处的波源 S_1 也在平衡位置向上振动，即振动方向相同，可知在 $0 < x < 6\text{m}$ 内到 $x=0$ 和 $x=6\text{m}$ 两点的路程差为波长整数倍时振动加强，波在该区间内的波长 $\lambda_2 = v_1 T = 0.8\text{m}$

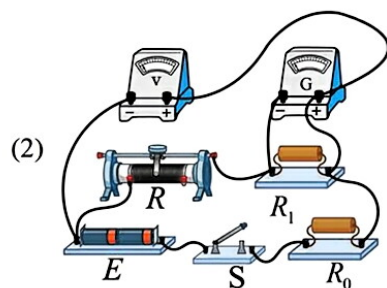
$$\text{可知 } x - (16 - x) = n\lambda_2 \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots)$$

$$\text{解得 } x = 3 + 0.4n(\text{m})$$

可知 n 可取 $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4, \pm 5, \pm 6, \pm 7$ ，则在 $0 < x < 6\text{m}$ 间共有 15 个振动加强点，故 D 正确。

故选 D。

11. (1)1.0



(3) 2.8 2.9

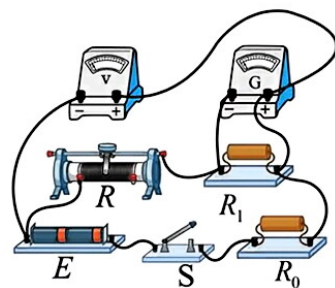
(4)不赞同，当电流表读数为 0 时电压表读数（即开路电压）为 E 的测量值，所以

$$E_{\text{测}} = \frac{E}{R_V + R_0 + r} \cdot R_V, \quad R_0 \text{ 越大, } E \text{ 的测量值越小, 系统误差越大}$$

【知识点】利用伏安法测量电源的电动势和内阻、灵敏电流计改装成电流表

$$\text{【详解】(1) 改装电流表需并联的电阻为 } R_1 = \frac{I_g r_g}{I - I_g} = \frac{200 \times 10^{-6} \times 2000}{400 \times 10^{-3} - 200 \times 10^{-6}} \Omega \approx 1.0 \Omega$$

(2) 电路连线如图



(3) [1][2]由电流表改装可知，电流表量程扩大为原来的 2000 倍，则 $U = E - 2000I(R_0 + r)$

$$\text{由图像可知 } E = 2.8\text{V}; \quad 2000(R_0 + r) = \frac{2.8 - 1.0}{130 \times 10^{-6}}$$

解得 $r \approx 2.9 \Omega$

(4) 不赞同, 当电流表读数为 0 时电压表读数 (即开路电压) 为 E 的测量值, 所以

$$E_{\text{测}} = \frac{E}{R_V + R_0 + r} \cdot R_V, \quad R_0 \text{ 越大, } E \text{ 的测量值越小, 系统误差越大。}$$

$$12. (1) \frac{L}{2\pi n} \sqrt{\frac{g}{R}} (n=1, 2, 3 \text{ L L})$$

$$(2) \frac{mgL^2}{8\pi^2 R}$$

【知识点】单摆的周期、一个匀速和一个变速运动的合成、机械能守恒定律在弹簧类问题中的应用

【详解】(1) 小球的运动可看作沿 ad 方向的匀速直线运动和简谐运动的合成, 其简谐运动

$$\text{相当于单摆模型, 故其简谐运动的周期为 } T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$$

小球要进入洞中, 其可能的运动时间为 $t = nT (n=1, 2, 3 \text{ L L})$

又因为小球沿 ad 方向做匀速直线运动, 则小球从 a 点射出时的速率满足 $v = \frac{L}{t}$

$$\text{联立解得 } v = \frac{L}{2\pi n} \sqrt{\frac{g}{R}} (n=1, 2, 3 \text{ L L})$$

$$(2) \text{ 当 } n \text{ 取 } 1 \text{ 时小球弹出的速率最大, 即 } v_m = \frac{L}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R}}$$

$$\text{根据能量守恒定律可知, 弹簧弹性势能的最大可能值为 } E_{\text{pm}} = \frac{1}{2} mv_m^2 = \frac{mgL^2}{8\pi^2 R}$$

$$13. (1) \frac{7}{4} mg$$

(2) 一直变大, 理由见解析

【知识点】动能定理的初步应用

【详解】(1) 设小球回到 P 点速度为 v , 从小球从 P 点到 Q 点再回到 P 点, 根据动能定理有

$$F \cdot L \sin \theta = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\text{设绳长为 } L, \text{ 在 } P \text{ 点有 } F_r - mg = m \frac{v^2}{L}$$

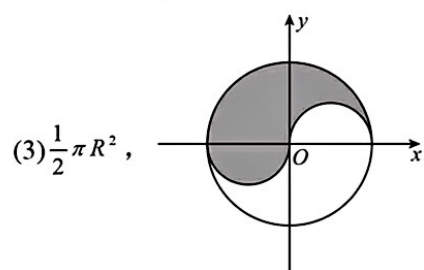
$$\text{代入已知得 } F_r = \frac{7}{4} mg$$

(2) 小球速率一直变大;

水平力沿圆弧切向的分力减小, 重力的切向分力增大, 至 30° 处时水平力沿圆弧切向的分力仍大于重力的切向分力, 所以切向合力始终与速度方向相同, 小球一直加速。

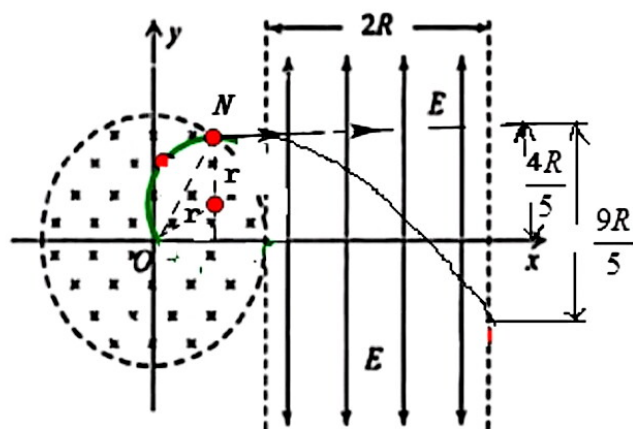
$$14. (1) \frac{8mv}{5qR}$$

$$(2) \left(3R, -\frac{3}{5}R \right)$$



【知识点】带电粒子在匀强电场中做类抛体运动的相关计算、带电粒子在圆（弧）形边界磁场中运动、粒子由磁场进入电场

【详解】(1) 某粒子从 O 点发射从磁场边界上的 $N\left(\frac{3R}{5}, \frac{4R}{5}\right)$ 点沿 x 轴正方向离开磁场
设其在磁场中做圆周运动的半径为 r



$$\text{由几何关系得 } r^2 = \left(\frac{3}{5}R\right)^2 + \left(\frac{4}{5}R - r\right)^2$$

$$\text{解得 } r = \frac{5R}{8}$$

$$\text{由洛伦兹力提供向心力可得 } qvB = m\frac{v^2}{r}$$

$$\text{解得 } B = \frac{8mv}{5qR}$$

(2) 粒子先在 N 点和电场左边界之间做匀速直线运动，进入电场后做类平抛运动

$$\text{竖直方向有 } qE = ma$$

$$\text{解得 } a = \frac{9v^2}{10R}$$

若粒子在通过 x 轴射出区域 II

$$\text{又 } y = \frac{4}{5}R = \frac{1}{2}at_1^2$$

$$\text{解得 } x_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{4}{3}R$$

假设成立，再经过 t_2 时间粒子从电场中射出： $2R - x_1 = vt_2$

$$\text{竖直方向 } y_2 = v_y t - \frac{1}{2}at^2 = \frac{3}{5}R$$

故粒子离开电场右边界时位置的坐标为 $\left(3R, -\frac{3}{5}R\right)$

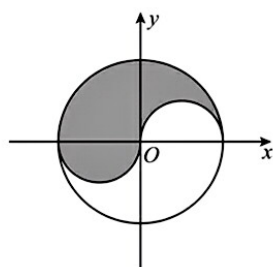
$$(3) \text{ 由洛伦兹力提供向心力可得 } qv'B = m\frac{v'^2}{r'}$$

$$\text{又 } v' = \frac{4}{5}v$$

$$\text{可得 } r' = \frac{R}{2}$$

$$\text{则有 } S = \frac{1}{2}\pi R^2$$

能够进入电场的粒子经过的区域如图所示



$$15. (1) \sqrt{\frac{7gR}{2}}, \frac{3}{10}R$$

$$(2) \sqrt{\frac{3R}{5g}}$$

$$(3) \sqrt{\frac{127gR}{52}}, \sqrt{\frac{gR}{156}}$$

【知识点】机械能守恒定律在曲线运动中的应用、人船模型及其变式、应用动能定理解决多段过程问题

【详解】(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

$$\text{守恒 } mg(R \tan 37^\circ + R) = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{得 } v = \sqrt{\frac{7gR}{2}}$$

由系统水平方向动量守恒 $mv_{mx} = Mv_M$

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

所以 $mx_m = Mx_M$

又因为 $x_m + x_M = 3R$

$$\text{得 } x_M = \frac{3}{10}R$$

(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: $mv_1 = Mv_2$

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

$$\text{得 } v_1 = \frac{3}{10}\sqrt{15gR}, \quad v_2 = \frac{1}{30}\sqrt{15gR}$$

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

$$\text{得 } t = \sqrt{\frac{3R}{5g}}$$

(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 $v_{\text{球}}$ 和 $v_{\text{车}}$, 小球相对车的速度大小为 $v_{\text{相}}$

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

由系统机械能守恒 $mg[R \tan 37^\circ + (R - R \cos 60^\circ)] = \frac{1}{2}mv_{\text{球}}^2 + \frac{1}{2}Mv_{\text{车}}^2$

又因为 $v_{\text{球}}^2 = (v_{\text{相}} \cos 60^\circ - v_{\text{车}})^2 + (v_{\text{相}} \sin 60^\circ)^2$

$$\text{得 } v_{\text{球}} = \sqrt{\frac{127gR}{52}}, \quad v_{\text{车}} = \sqrt{\frac{gR}{156}}$$