

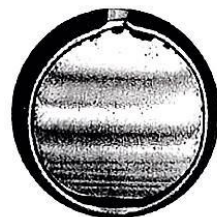
# 重庆市 2026 届高考模拟调研卷（四）

## 物理试题

一、单项选择题：共 7 题，每题 4 分，共 28 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. 如题 1 图所示，肥皂膜在光的照射下呈现彩色条纹。下列关于该现象的说法，正确的是

- A. 该彩色条纹是由于光的衍射形成的
- B. 不同颜色的条纹对应薄膜不同厚度处的干涉加强
- C. 该彩色条纹呈水平分布，是因为肥皂膜厚度沿水平方向均匀变化
- D. 若用红光照射该肥皂膜，则条纹中心间距会比用紫光照射时更窄



题 1 图

2. 关于高压锅的工作过程，下列说法正确的是

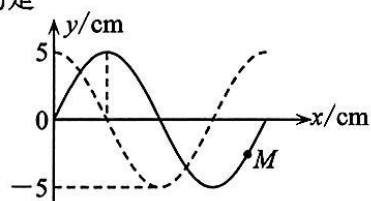
- A. 高压锅加热至限压阀刚被顶起前，锅内每个气体分子运动的速率一定增大
- B. 限压阀被顶起后，锅内气体对外做功，气体内能一定减少
- C. 关火后，锅内气体的温度降低，气体分子的平均速率减小
- D. 限压阀被顶起时，锅内气体的内能可以完全转化为机械能

3. 搭载由重庆某动力公司自主研发的电推进系统的卫星互联网低轨 07 组卫星，于 2025 年 8 月 4 日在海南商业航天发射场成功发射，绕地球运行的轨道高度为 900 km；后续发射的 08 组卫星绕地球运行的轨道高度为 1100 km。若这两组卫星绕地球的运动均视为匀速圆周运动，则与 08 组卫星相比较

- A. 07 组卫星的向心加速度较小
- B. 07 组卫星的线速度较小
- C. 07 组卫星的角速度较小
- D. 07 组卫星的周期较小

4. 如题 4 图所示，实线和虚线分别是沿  $x$  轴正方向传播的一列简谐横波在  $t=0$  时刻和  $t=0.3$  s 时刻的部分波形图， $M$  是实线波上一质点。已知该波的周期  $T > 0.3$  s，则下列说法一定正确的是

- A. 该波的周期为 0.4 s
- B. 该波的波长为 5 cm
- C. 该波的波速为 12.5 cm/s
- D.  $t=0$  时刻，质点  $M$  向  $+y$  方向振动



题 4 图

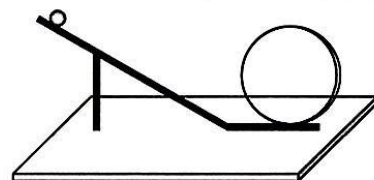
5. 大量处于某一激发态的氢原子向基态跃迁时，能够产生 6 种不同频率的光，波长分别为  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ 、 $\lambda_5$ 、 $\lambda_6$ ，且  $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4 > \lambda_5 > \lambda_6$ 。已知氢原子基态的能量为  $E_1$ ，第  $n$  能级的能量  $E_n = \frac{E_1}{n^2}$ （其中  $n=2, 3, 4, \dots$ ），则下列说法正确的是

- A. 这些氢原子最初处于第 3 能级
- B. 波长为  $\lambda_6$  的光子动量最小
- C.  $\frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\lambda_5}$
- D.  $\frac{1}{\lambda_3} + \frac{1}{\lambda_4} = \frac{1}{\lambda_6}$

6. 过山车是热门游乐项目，其原理可简化为如题 6 图所示的模型。一可视为质点的小球从倾斜固定轨道上某一位置由静止下滑后，在竖直固定的光滑圆轨道内侧做圆周运动，轨道最高点和最低点分别装有压力传感器。

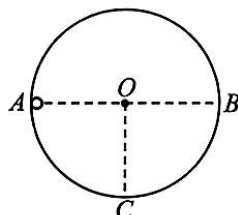
现让该小球从倾斜轨道上同一位置由静止下滑，多次测量后，得到轨道最高点和最低点的压力平均值分别为  $F_1$ 、 $F_2$ 。当地重力加速度为  $g$ ，不计空气阻力，则该小球的质量为

- A.  $\frac{F_2 - F_1}{3g}$
- B.  $\frac{F_2 - F_1}{6g}$
- C.  $\frac{F_2 + F_1}{3g}$
- D.  $\frac{F_2 + F_1}{6g}$



题 6 图

7. 如题 7 图所示, 一圆心为  $O$ 、半径为  $R$  的竖直圆形区域内充满某一匀强电场 (未画出),  $AB$  为其水平直径。一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的粒子恰好可以静止在该电场中任意位置。现保持该电场的场强大小不变, 只将电场方向旋转一角度  $\theta$  ( $0 < \theta < 90^\circ$ ) 后, 让该粒子从  $A$  点以大小为  $\sqrt{gR}$  的初速度射入该电场, 最终从  $O$  点正下方的  $C$  点以大小为  $\sqrt{3gR}$  的速度离开该电场。已知重力加速度为  $g$ , 则  $\theta$  为

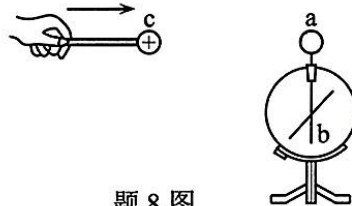


题 7 图

- A.  $15^\circ$   
 B.  $30^\circ$   
 C.  $45^\circ$   
 D.  $60^\circ$

二、多项选择题: 共 3 题, 每题 5 分, 共 15 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。

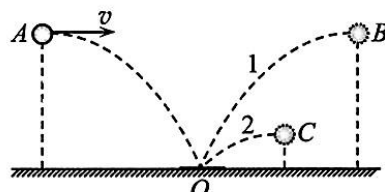
8. 如题 8 图所示, 初始时刻验电器的金属箔  $b$  张开, 一带正电的金属球  $c$  从较远处逐渐靠近 (但未接触) 验电器上的金属小球  $a$  时, 金属箔  $b$  先闭合后张开。则下列说法正确的是



题 8 图

- A.  $a$  一直带负电  
 B.  $b$  一直带负电  
 C.  $a$  先带正电, 后带负电  
 D.  $b$  先带负电, 后带正电

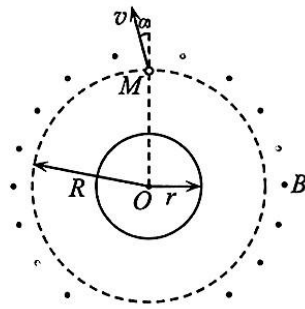
9. 某兴趣小组通过如题 9 图所示的装置来探究“材料对碰撞的影响”。两次探究中, 因固定在水平地面上  $O$  点的材料 (上表面水平且厚度不计) 不同, 将同一小球先后两次从同一点  $A$  以相同速度  $v$  水平抛出后, 在  $O$  点反弹上升至最高点  $B$ 、 $C$  的轨迹也不同, 分别为曲线 1、2。结果表明:  $A$ 、 $B$  两点关于过  $O$  点的竖直线对称,  $C$  点的距地高度衰减为  $B$  点距地高度的 25%,  $A$ 、 $C$  两点的水平间距衰减为  $A$ 、 $B$  两点水平间距的 75%。小球可视为质点, 碰撞时间及空气阻力不计, 则



题 9 图

- A. 曲线 1 中, 小球在  $O$  点碰撞过程中, 材料对小球做功为零  
 B. 曲线 2 中, 小球在  $O$  点碰撞过程中, 材料对小球做功为零  
 C. 曲线 1 中, 小球在  $O$  点碰撞前后瞬时, 速度与水平方向的夹角相等  
 D. 曲线 2 中, 小球在  $O$  点碰撞前后瞬时, 速度与水平方向的夹角相等

10. 如题 10 图所示, 虚线是一圆心为  $O$ 、半径为  $R$  的圆, 虚线外充满垂直纸面向外、磁感应强度大小为  $B$  的匀强磁场, 虚线内无磁场。一光滑圆柱形筒壁 (厚度不计) 固定在图示位置, 其圆心也为  $O$ , 且其半径  $r < R$ 。一质量为  $m$ 、电荷量为  $+q$  的粒子以速度  $v = \frac{\sqrt{2qBR}}{2m}$  从磁场边界上  $M$  点射入磁场, 速度方向与  $M$  点的法线所成角度  $\alpha = 15^\circ$ 。该粒子与筒壁发生一次碰撞后刚好可以回到  $M$  点, 碰撞过程中平行接触面的速度不变, 垂直接触面的速度大小不变、方向反向。不计粒子重力和碰撞时间, 粒子电荷量保持不变,  $\sin 15^\circ = \frac{\sqrt{6}-\sqrt{2}}{4}$ ,  $\sin 105^\circ = \frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{4}$ , 则筒壁的半径  $r$  可能为



题 10 图

- A.  $(\sqrt{3}-\sqrt{2})R$   
 B.  $(2-\sqrt{3})R$   
 C.  $\frac{\sqrt{3}-1}{2}R$   
 D.  $\frac{\sqrt{2}-1}{2}R$

三、非选择题: 共 5 题, 共 57 分。

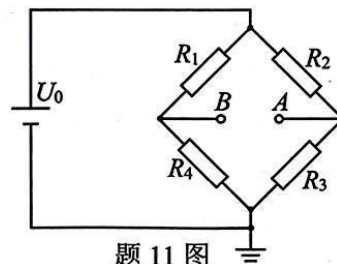
11. (6 分)

某学习小组对某型号“扩散硅式压力感应片”的设计原理进行了探究, 主要实验步骤如下:

①用单晶硅片制成具有一定几何形状的弹性受力部件，并在其受力部位，沿不同晶向制作四个电阻，构成如题 11 图所示的简化电路，其中电源输出电压恒为  $U_0$ 、内阻不计；

②该硅片不受压力时，四个电阻阻值均为  $R_0$ ；当它受到某一压力值时，四个电阻阻值均改变  $\Delta R$ ，但  $R_1$  和  $R_3$  是增大  $\Delta R$ ， $R_2$  和  $R_4$  是减小  $\Delta R$ ；

③A、B 两点的电势差作为输出信号，由电脑软件转换为压力值后，可直接从显示屏读出。



题 11 图

请回答下列问题：

(1) 当该硅片受到压力时，沿不同晶向的电阻变化不同，说明该硅片的某些物理性质具有\_\_\_\_\_ (选填“各向同性”或“各向异性”)的特点。

(2) 当该硅片受到压力时，A、B 两点的电势关系为： $\varphi_A$ \_\_\_\_\_ $\varphi_B$  (选填“>”或“<”)。

(3) 若  $\Delta R$  与压力大小成正比，即  $F_N = k\Delta R$  ( $k$  为已知常量)，则电脑软件将 A、B 两点的电势差  $U_{AB}$  转换为压力值  $F_N$  时，应将下列关系式中的\_\_\_\_\_ 写入程序中。(填正确答案标号)

A.  $F_N = \frac{kR_0}{U_0} U_{AB}$

B.  $F_N = \frac{kR_0}{2U_0} U_{AB}$

C.  $F_N = \frac{2kR_0}{U_0} U_{AB}$

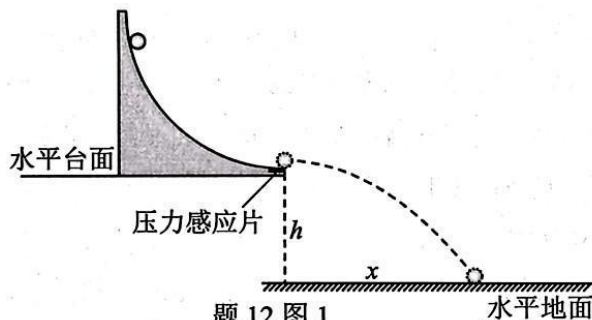
12. (10分)

某学习小组设计了如题 12 图 1 所示的装置来验证圆周运动的向心力公式。将某四分之一圆弧轨道固定在水平台面上，圆弧末端切线水平且与台面边缘齐平，在圆弧末端贴一小块超薄的压力感应片，其受到的压力通过相连的显示屏读出。实验原理及主要步骤如下：

①测量圆弧末端距水平地面的高度  $h=0.95\text{ m}$ ；

②将一小球从圆弧上某处由静止释放，从圆弧末端水平飞出后，落到水平地面上，记录压力感应片的示数  $F_N$  及小球平抛的水平距离  $x$ ；

③只改变小球的释放位置，重复步骤②，记录多组数据并计算出  $x^2$  的大小，如下表所示。



题 12 图 1

实验次数	1	2	3	4	5	6
$F_N/\text{N}$	0.502	0.508	0.520	0.537	0.563	0.572
$x/\text{m}$	0.22	0.40	0.63	0.86	1.12	1.20
$x^2/\text{m}^2$	0.0484	0.1600	0.3969	0.7396	1.2544	1.4400

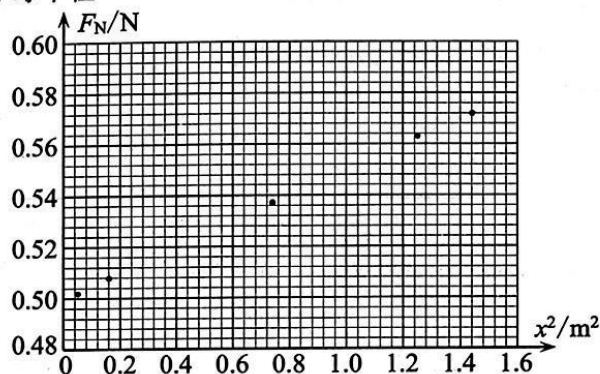
请回答下列问题：

(1) 关于实验装置和相关操作，下列说法正确的是\_\_\_\_\_ (多选，填正确答案标号)。

- A. 释放小球时因手抖动带给小球初速度，对实验没有影响
- B. 测量圆弧末端距水平地面的高度  $h$  时，应加上小球半径
- C. 圆弧表面必须光滑
- D. 应选用体积小、密度大的小球

(2) 在如题 12 图 2 所示的坐标图中，补全表中第 3 次实验数据的点，并作出  $F_N-x^2$  图线。

(3) 由作出的  $F_N-x^2$  图线是一条倾斜直线，可以验证：做圆周运动的物体，当其质量和运动半径一定时，其所受向心力大小与\_\_\_\_\_ (选填“线速度”或“线速度的平方”)成正比。

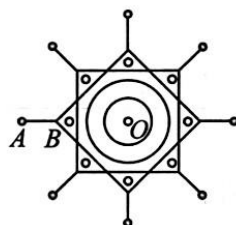


题 12 图 2

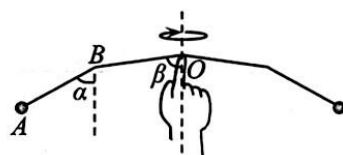
(4) 通过进一步实验, 该小组验证出了向心力的公式。结合题 12 图 2 中所作图线可得, 该四分之一圆弧的半径  $R = \underline{\hspace{2cm}} \text{m}$ 。(保留三位有效数字)

13. (10 分)

题 13 图 1 是一八角巾布料手帕, 是一种广泛用于各种舞台表演的道具。为增加表演效果, 表演者在八个角上用等长的细线栓挂了八个完全相同的水晶球(可视为质点), 在灯光下炫目多彩。题 13 图 2 为某表演者水平匀速旋转该八角巾时的示意图, 已知该八角巾的一角  $B$  与其连接的水晶球之间的距离  $AB=L_1$ ,  $B$  与八角巾中心  $O$  之间的距离  $BO=L_2$ ,  $AB$ 、 $BO$  与竖直方向的夹角分别为  $\alpha$ 、 $\beta$ , 单个水晶球的质量为  $m$ , 重力加速度为  $g$ , 忽略水晶球所受的空气阻力。



题 13 图 1

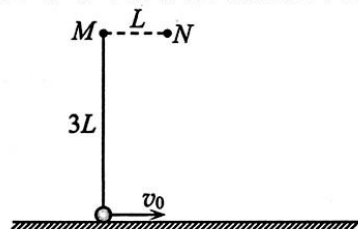


题 13 图 2

- (1) 求水晶球做匀速圆周运动的角速度大小  $\omega$ 。
- (2) 若该表演者缓慢增大转速, 稳定时  $AB$  与竖直方向的夹角增大了  $\Delta\alpha$ , 求该过程中单个水晶球对细线的拉力大小的增加量  $\Delta T$ 。

14. (13 分)

如题 14 图所示,  $M$ 、 $N$  为固定在同一竖直平面内同一高度的两根细钉(大小不计), 间距  $L=0.5 \text{ m}$ 。一根长为  $3L$  的轻绳一端固定在  $M$  点, 另一端竖直悬挂一质量  $m=0.1 \text{ kg}$  的小球, 小球与水平地面接触但无压力。  $t=0$  时刻, 该小球以水平向右的初速度  $v_0=10 \text{ m/s}$  开始在该竖直平面内做圆周运动。小球牵引着轻绳绕过  $N$ 、 $M$  点, 运动到  $M$  点正下方与  $M$  点相距  $L$  的位置时, 轻绳刚好被拉断, 之后小球做平抛运动。小球可视为质点, 不计空气阻力和轻绳的长度变化, 重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ , 忽略轻绳与钉碰撞过程中系统的能量损失。求:

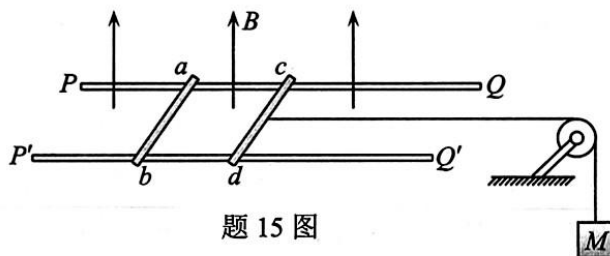


题 14 图

- (1) 轻绳被拉断时小球的速度大小, 以及轻绳的最大拉力大小;
- (2) 小球做平抛运动时, 抛出点到第一次落地点的水平距离;
- (3) 当小球运动到绕  $N$  点做圆周运动阶段且轻绳与水平面的夹角为  $30^\circ$  时, 小球重力的瞬时功率。

15. (18 分)

如题 15 图所示, 磁感应强度大小为  $B$ 、方向竖直向上且范围足够大的匀强磁场中, 两条光滑平行的长直金属导轨  $PQ$ 、 $P'Q'$  固定在同一水平面内, 导轨间距为  $L$ 。  $ab$  和  $cd$  是两根质量均为  $m$  的细直金属杆, 两杆接入导轨间的电阻均为  $R$ 。在  $cd$  杆中点系一绝缘轻绳, 轻绳另一端绕过光滑定滑轮悬挂一质量  $M=2m$  的物体,  $cd$  杆和定滑轮间的轻绳与导轨平行。现锁定  $ab$  杆, 将  $cd$  杆和物体同时由静止释放, 整个运动过程中, 两杆始终与导轨垂直并接触良好。已知重力加速度为  $g$ , 忽略空气阻力, 导轨足够长且导轨电阻忽略不计。



题 15 图

- (1) 求经过足够长时间后,  $cd$  杆的速度大小  $v$ 。
- (2) 若在  $cd$  杆速度达到  $v/2$  时释放  $ab$  杆, 求  $ab$  杆的加速度的最大值。
- (3) 若在  $cd$  杆速度达到  $v$  时释放  $ab$  杆, 求经过足够长的时间  $t$ ,  $ab$  杆的速度大小。

# 重庆市 2026 届高考模拟调研卷（四）

## 物理参考答案

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

1. B。【一解析】该彩色条纹是薄膜前、后表面的反射光发生干涉而形成的，A 错误；不同颜色的光波长不同，根据薄膜干涉加强的条件  $2d = k\lambda$  可知，不同颜色的光对应的干涉加强的薄膜厚度不同，故呈现彩色条纹，B 正确；肥皂膜厚度沿竖直方向变化，同一水平高度的厚度相同，因此条纹呈水平分布，C 错误；红光的波长大于紫光的波长，用红光照射时的条纹中心间距更宽，D 错误。

2. C。【一解析】高压锅加热至限压阀刚被顶起前，锅内每个气体分子运动的速率不一定都增大，A 错误；限压阀被顶起后，锅内气体对外做功 ( $W < 0$ )，但加热仍在进行 ( $Q > 0$ )，若  $Q \geq -W$ ，则内能可能增加或不变，B 错误；关火后，由于散热，锅内气体的内能减少，温度降低，分子的平均动能减小，分子的平均速率减小，C 正确；根据热力学第二定律，不可能从单一热源吸收热量并将其完全转化为机械能而不产生其他影响，限压阀被顶起时，气体内能转化为机械能的同时，还伴随热量散失与气体排出，D 错误。

3. D。【一解析】设地球质量为  $M$ 、半径为  $R$ ，由

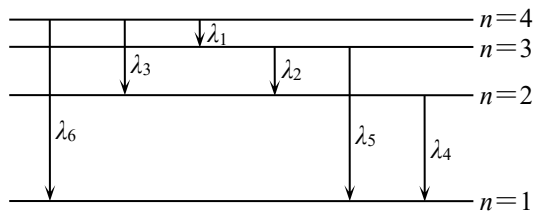
$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = ma_n = m \frac{v^2}{R+h} = m(R+h)\omega^2 = m \frac{4\pi^2(R+h)}{T^2} \text{ 得 } a_n = \frac{GM}{(R+h)^2}, \quad v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{GM}{(R+h)^3}},$$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}$ ，可知卫星离地面越高，加速度、线速度、角速度均越小，周期越大，A、B、C 错误，D 正确。

4. A。【一解析】 $0 \sim 0.3\text{s}$  内，该波沿  $x$  轴正方向传播，由  $\Delta t = (n + \frac{3}{4})T$ （其中  $n = 0, 1, 2, \dots$ ）且  $T > 0.3\text{s}$ ，可知  $T = 0.4\text{s}$ ，A 正确；仅从图中能确定该波的振幅为  $5\text{cm}$ ，无法确定波长，B 错误；由于波长不确定，波速也无法确定，C 错误；该波沿  $x$  轴正方向传播，根据“同侧法”可知， $t = 0$  时刻质点  $M$  向  $-y$  方向振动，D 错误。

5. D。【一解析】由题知，这些氢原子最初处于第 4 能级，A 错误；由  $p = \frac{h}{\lambda}$  可知，波长为  $\lambda_6$  的光子动量最大，

B 错误；大致画出这些氢原子能级跃迁的关系图，如答图 1 所示，由  $\frac{hc}{\lambda_2} + \frac{hc}{\lambda_3} = E_2 - E_3 + E_2 - E_4 = 2E_2 - E_3 - E_4$ ，



答图 1

$\frac{hc}{\lambda_5} = E_1 - E_3$ ，可得  $\frac{1}{\lambda_5} \neq \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3}$ ，C 错误；由

$\frac{hc}{\lambda_3} + \frac{hc}{\lambda_4} = E_2 - E_4 + E_1 - E_2 = E_1 - E_4$ ，及  $\frac{hc}{\lambda_6} = E_1 - E_4$ ，可得  $\frac{1}{\lambda_6} = \frac{1}{\lambda_3} + \frac{1}{\lambda_4}$ ，D 正确。

6. B。【一解析】小球在竖直圆轨道上运动，在最高点有  $F'_1 + mg = m \frac{v_1^2}{R}$ ，在最低点有  $F'_2 - mg = m \frac{v_2^2}{R}$ ，由牛顿第三定律可知  $F'_1 = F_1$ ， $F'_2 = F_2$ ，又由机械能守恒可知  $mg \cdot 2R + \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2$ ，联立解得  $m = \frac{F_2 - F_1}{6g}$ ，B 正确。

7. C。【一解析】由题知，粒子静止时，其所受重力和电场力平衡，即  $qE = mg$ ，且电场力竖直向上；粒子从  $A$  点运动到  $C$  点过程中，由动能定理有  $W_{\text{电}} + mgR = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ，可得  $W_{\text{电}} = 0$ ，取电场力与  $AC$  的夹角为  $\alpha$ ，则  $\alpha = 90^\circ$ ，因此  $\theta = 90^\circ - (\alpha - 45^\circ) = 45^\circ$ ，C 正确。

8. AD。【一解析】a、c相距较远时，金属箔b张开，说明验电器带电；c带正电，当c靠近a时，金属箔b的电子向a转移，b先因负电荷减少而闭合，后因负电荷继续减少带正电而张开。因此b先带负电，后带正电，D正确，B错误；a、c相距较远时，a、b都带负电，当c靠近a时，b的电子向a转移，a所带负电荷增加，因此a一直带负电，A正确，C错误。
9. AC。【一解析】由A、B两点对称和平抛知识易得，曲线1对应的碰撞过程中，材料对小球做功为0，A正确；曲线1中，小球在O点碰撞前后瞬时，速度与水平方向的夹角相等，C正确；A→C过程中，显然材料对小球做功不为0，B错误；由水平和竖直方向的分运动可知，曲线2在O点碰撞前后瞬间的水平速度不变，竖直速度减半，D错误。
10. BC。【一解析】粒子做圆周运动的半径

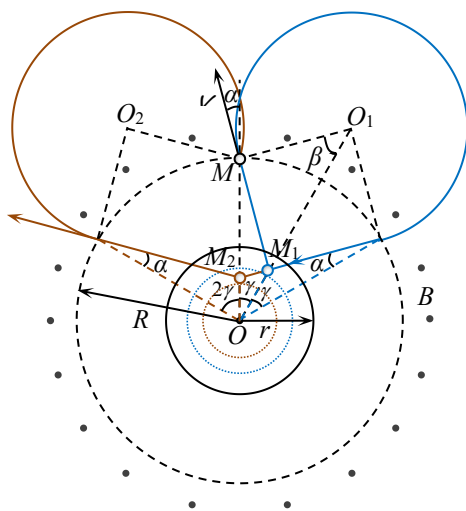
$$R_0 = \frac{mv}{qB} = \frac{\sqrt{2}}{2}R, \text{ 作出粒子运动的轨迹图如答图2, 由分析}$$

知，粒子在图中  $M_1$  或  $M_2$  处与筒壁发生一次碰撞后均可回到  $M$  点 ( $M_1$  可以直接回到  $M$  点， $M_2$  需在磁场再转一次后再回到  $M$  点)，由几何关系可知，图中  $\gamma + \beta = 75^\circ$ ，且

$$\frac{R_0}{\sin\gamma} = \frac{R}{\sin\beta}, \text{ 联立解得 } \beta = 45^\circ, \gamma = 30^\circ, \text{ 因此, 由}$$

$$\frac{OM_1}{\sin 15^\circ} = \frac{R}{\sin 135^\circ} \text{ 得 } r_1 = OM_1 = \frac{\sqrt{3}-1}{2}R, \text{ 由}$$

$$\frac{OM_2}{\sin 15^\circ} = \frac{R}{\sin 105^\circ} \text{ 得 } r_2 = OM_2 = (2-\sqrt{3})R, \text{ 可知 B、C 正确。}$$



答图2

11. (6分)

- (1) 各向异性 (2分)  
 (2) > (2分)  
 (3) A (2分)

【一解析】(1) 单晶硅片是晶体，受到压力时不同晶向上表现出不同的变化，这是“各向异性”的表现。

(2) 当受到某一压力值时， $R_1$  和  $R_3$  的电阻变为  $R_0 + \Delta R$ ， $R_2$  和  $R_4$  的电阻变为  $R_0 - \Delta R$ ， $R_3$  的电阻变大则 A 点电势升高， $R_4$  电阻变小则 B 点电势降低，故  $\varphi_A > \varphi_B$ 。

(3) A、B 两点的电势差

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{U_0}{2R_0}(R_0 + \Delta R) - \frac{U_0}{2R_0}(R_0 - \Delta R) = \frac{U_0 \Delta R}{R_0}$$

$$\text{, 故 } F_N = k\Delta R = \frac{kR_0}{U_0} U_{AB}, \text{ A 正确。}$$

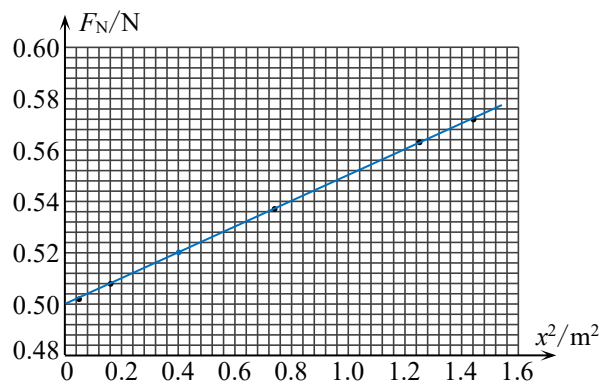
12. (10分)

- (1) AD (2分)  
 (2) 如答图3 (2分)  
 (3) 线速度的平方 (3分)  
 (4) 5.26 (5.16~5.37 均可) (3分)

【一解析】(3) 要验证  $F = m \frac{v^2}{R}$ ，用控制变量法，当  $m$ 、 $R$  一定时，应验证  $F$  与  $v^2$  成正比。

(4) 由  $F_N - mg = m \frac{v^2}{R}$ ， $x = vt$ ， $h = \frac{1}{2}gt^2$ ，可得  $F_N = mg + \frac{mg}{2hR}x^2$ ，又结合图像可知，图线纵截距为 0.50N，

$$\text{斜率 } k = 0.05, \text{ 故 } R = \frac{mg}{2hk} = \frac{0.5}{0.05 \times 2 \times 0.95} \text{ m} \approx 5.26 \text{ m}。$$



答图3

13. (10分)

解：(1) 由牛顿第二定律有： $mg \tan \alpha = mr\omega^2$  (2分)

由几何关系可得： $r = L_1 \sin \alpha + L_2 \sin \beta$  (2分)

$$\text{解得： } \omega = \sqrt{\frac{g \tan \alpha}{L_1 \sin \alpha + L_2 \sin \beta}} \quad (1 \text{分})$$

$$(2) \text{ 初态细线拉力： } T_1 = \frac{mg}{\cos \alpha} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{末态细线拉力： } T_2 = \frac{mg}{\cos(\alpha + \Delta\alpha)} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{因此： } \Delta T_{\text{线}} = mg \left( \frac{1}{\cos(\alpha + \Delta\alpha)} - \frac{1}{\cos \alpha} \right) \quad (1 \text{分})$$

由牛顿第三定律可得：(1分)

$$\text{单个水晶球对细线的拉力大小的增加量 } \Delta T = mg \left( \frac{1}{\cos(\alpha + \Delta\alpha)} - \frac{1}{\cos \alpha} \right) \quad (1 \text{分})$$

14. (13分)

解：(1) 从  $t=0$  时刻到小球运动到  $M$  正下方与  $M$  点相距  $L$  的位置

$$\text{由机械能守恒定律有： } \frac{1}{2}mv_0^2 = mg \cdot 2L + \frac{1}{2}mv^2 \quad (2 \text{分}), \text{ 解得： } v = 4\sqrt{5}\text{m/s} \quad (1 \text{分})$$

由分析知，小球在该位置时轻绳的拉力最大

$$\text{由牛顿第二定律有： } T_{\text{max}} - mg = m \frac{v^2}{L} \quad (1 \text{分}), \text{ 解得： } T_{\text{max}} = 17\text{N} \quad (1 \text{分})$$

$$(2) \text{ 小球做平抛运动时，水平方向有： } x = vt \quad (1 \text{分}), \text{ 竖直方向有： } 2L = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1 \text{分})$$

解得：抛出点到第一次落地点的水平距离  $x = 4\text{m}$  (1分)

(3) 小球绕  $N$  点做圆周运动时，半径  $r = 2L = 1\text{m}$

当轻绳与水平面夹角为  $30^\circ$  时，小球位于  $N$  点左上方或右上方，设此时小球的速度大小为  $v'$

$$\text{由机械能守恒有： } \frac{1}{2}mv_0^2 = mg(3L + 2L\sin 30^\circ) + \frac{1}{2}mv'^2 \quad (2 \text{分}), \text{ 解得： } v' = 2\sqrt{15}\text{m/s} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{①当轻绳在 } N \text{ 点右上方时，重力的瞬时功率： } P_{G1} = mgv' \cos 150^\circ = -3\sqrt{5}\text{W} \quad (1 \text{分})$$

$$\text{②当轻绳在 } N \text{ 点左上方时，重力的瞬时功率： } P_{G2} = mgv' \cos 30^\circ = 3\sqrt{5}\text{W} \quad (1 \text{分})$$

15. (18分)

解：(1)  $ab$  杆锁定时， $cd$  杆和物体一起由静止开始做加速度减小的加速运动，足够长时间后匀速运动

$$\text{稳定时，回路中电流： } I = \frac{E}{2R} = \frac{BLv}{2R} \quad (1 \text{分})$$

此时， $cd$  杆受到的安培力： $F_{\text{安}} = ILB$  (1分)，且  $F_{\text{安}} = Mg$  (1分)

$$\text{解得： } v = \frac{4mgR}{B^2L^2} \quad (1 \text{分})$$

$$(2) \text{ 当 } cd \text{ 杆的速度为 } \frac{v}{2} \text{ 时，其所受安培力大小： } F'_{\text{安}} = I'LB = \frac{B^2L^2v}{4R} = mg \quad (1 \text{分})$$

$$\text{此时 } ab \text{ 杆的加速度大小： } a_{ab} = \frac{F'_{\text{安}}}{m} = g \quad (1 \text{分})$$

$cd$  杆的加速度大小:  $a_{cd} = \frac{Mg - F'_{安}}{m + M} = \frac{g}{3}$  (1分)

由  $a_{ab} > a_{cd}$  可知, 此后两杆速度差减小, 感应电流减小, 安培力减小,  $ab$  杆加速度减小 (1分)  
因此, 释放瞬间  $ab$  杆的加速度最大, 最大值为  $a_{ab} = g$  (1分)

- (3) 若  $cd$  杆的速度达到  $v$  时释放  $ab$  杆, 则之后  $ab$  杆做加速度减小的加速运动,  $cd$  杆做加速度由 0 增大的加速运动, 当两杆的加速度相等后, 两杆的速度差不变, 两杆做加速度相等的匀加速直线运动 (1分)

最终稳定时, 对两杆和物体整体有:  $Mg = (2m + M)a_{共}$  (1分), 解得:  $a_{共} = \frac{g}{2}$  (1分)

设此时  $ab$  杆和  $cd$  杆的速度分别为  $v_1$ 、 $v_2$ , 则:  $I'' = \frac{BL(v_2 - v_1)}{2R}$  (1分)

对  $ab$  杆有:  $I''LB = ma_{共}$  (1分)

对两杆和物体整体, 由动量定理有:  $Mgt = mv_1 + (m + M)v_2 - (m + M)v$  (2分)

联立解得:  $v_1 = \frac{gt}{2} + \frac{9mgR}{4B^2L^2}$  (2分)