

七校联合体 2024 届高三第一次联考试卷（8 月）

物理科目

（深圳宝安中学、中山一中、南海中学、仲元中学、潮阳一中、普宁二中、桂城中学）

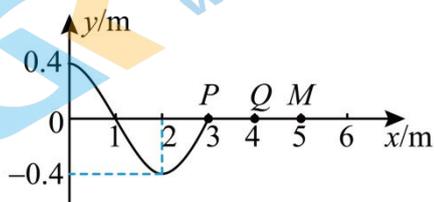
命题学校：中山市第一中学 命题人： 审题人：

一、单选题（本大题共 7 小题，每小题 4 分，共 28 分）

1. 物理学是一门实验科学，也是一门崇尚理性、遵循逻辑推理的理论学科。下列有关原子、原子核的说法正确的是（ ）

- A. 电子的发现使人们认识到原子具有核式结构
- B. 天然放射现象说明原子核是有复杂结构的
- C. α 粒子散射实验证明了原子核内存在中子
- D. 结合能越大，原子核越稳定

2. P 、 Q 、 M 是某弹性绳上的三个质点，沿绳建立 x 坐标轴。一简谐横波正在沿 x 轴的正方向传播，振源的周期为 0.4s 。在 $t=0$ 时刻的波形如图所示，则在 $t=0.2\text{s}$ 时，（ ）



- A. 质点 P 处于波谷
- B. 质点 Q 处于波峰
- C. 质点 P 处于平衡位置且向上运动
- D. 质点 M 处于平衡位置且向上运动

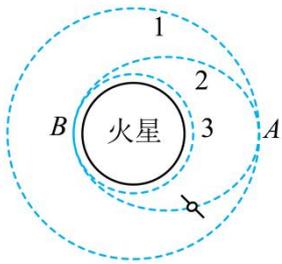
3. 在我国北方部分地区经常出现低温雨雪冰冻天气，高压输电线因结冰而造成严重损毁，如图所示。为消除高压输电线上的冰凌，有人设计了这样的融冰思路：利用电流的热效应除冰。在正常供电时，高压线上送电电压为 U ，电流为 I ，热耗功率为 ΔP ；若输电功率和输电线电阻不变，除冰时，需要输电线上热耗功率为 $9\Delta P$ ，则除冰时（ ）



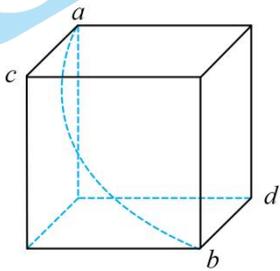
- A. 输电电流为 $\frac{1}{3}I$
- B. 输电电流为 $9I$
- C. 输电电压为 $3U$
- D. 输电电压为 $\frac{1}{3}U$

4. 《天问》是中国战国时期诗人屈原创作的一首长诗，全诗问天问地问自然，表现了作者对传统的质疑和对真理的探索精神，我国探测飞船天问一号发射成功飞向火星，屈原的“天问”梦想成为现实，也标志着我国深空探测迈

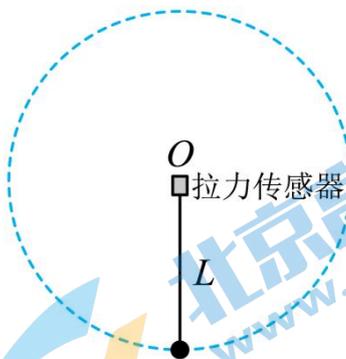
向一个新台阶，如图所示，轨道 1 是圆轨道，轨道 2 是椭圆轨道，轨道 3 是近火圆轨道，天问一号经过变轨成功进入近火圆轨道 3，已知引力常量 G ，以下选项中正确的是（ ）

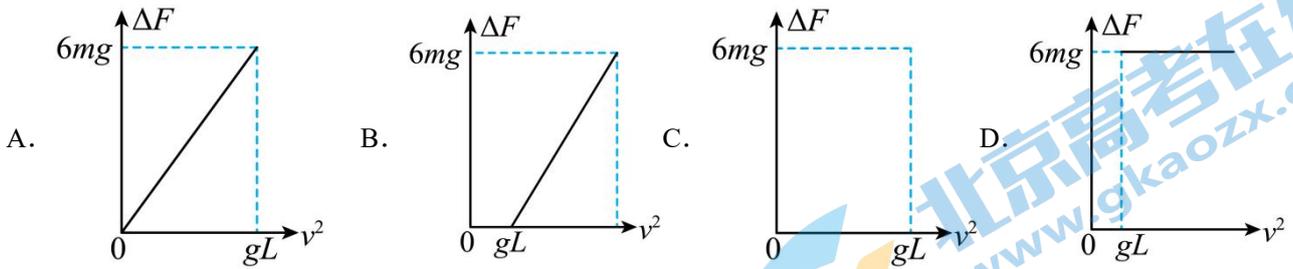


- A. 天问一号在 B 点需要点火加速才能从轨道 2 进入轨道 3
- B. 天问一号在轨道 2 上经过 B 点时的加速度大于在轨道 3 上经过 B 点时的加速度
- C. 天问一号进入近火轨道 3 后，测出其近火环绕周期 T ，可计算出火星的平均密度
- D. 天问一号进入近火轨道 3 后，测出其近火环绕周期 T ，可计算出火星的质量
5. 如图所示，一对等量异号点电荷分别固定在正方体的 c 、 d 两个顶点上， a 、 b 是正方体的另外两个顶点，一带正电的粒子仅在电场力的作用下，以一定的初速度从 a 点运动到 b 点的轨迹如图中虚线所示，则下列说法中正确的是（ ）

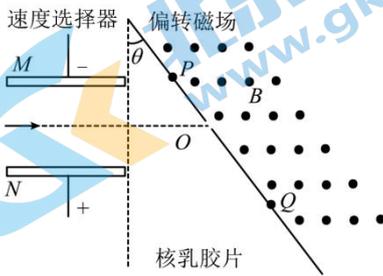


- A. c 点固定的是负电荷
- B. a 、 b 两点的电势相等
- C. 带电粒子在 a 点和 b 点的加速度相同
- D. 带电粒子的动量先增加后减小
6. 如图所示，有一长为 L 的轻绳，一端系在固定在 O 点的拉力传感器上，另一端栓一质量为 m 的小球，让小球能够在竖直平面内做完整的圆周运动，测出小球在最低点时细绳拉力大小与小球在最高点时细绳拉力大小之差为 ΔF ，同时也测出小球在最高点时速度大小为 v ，已知重力加速度为 g ，则 ΔF 大小与 v^2 的关系正确的是（ ）





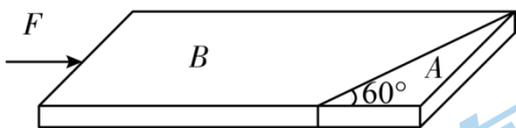
7. 如图所示，一种质谱仪由速度选择器和偏转磁场组成。平行金属板 M 、 N 水平放置，它们带等量异种电荷， M 板带负电、 N 板带正电，板间匀强电场的电场强度大小为 E ，匀强磁场的磁感应强度大小为 B_0 。核乳胶片与竖直方向的夹角 $\theta=37^\circ$ ，胶片右侧存在垂直纸面向外的匀强磁场，磁感应强度大小为 B 。一束电性相反、带电量大小均为 q 的质量不同的两种粒子以相同的速度沿虚线通过平行金属板，然后从胶片上的小孔 O 进入匀强磁场，分别打在胶片上的 P 点和 Q 点。已知 $OP=L_1$ ， $OQ=L_2$ ， $L_2>L_1$ ，不计粒子的重力以及它们之间的相互作用， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ 下列说法正确的是（ ）



- A. 极板间匀强磁场的方向垂直于纸面向里
- B. 粒子束的速度大小为 $\frac{B_0}{E}$
- C. 打在 P 点的粒子的质量为 $\frac{qB_0BL_1}{2E}$
- D. 打在 P 、 Q 两点的粒子的质量之差的绝对值为 $\frac{5qB_0B(L_2-L_1)}{8E}$

二、多选题（本大题共 3 小题，每小题 6 分，共 18 分，漏选得 3 分，多选不得分）

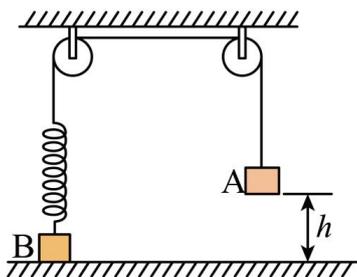
8. 将某均匀的长方体锯成如图所示的 A 、 B 两块后，放在水平桌面上并排放在一起，现用水平力 F 垂直于 B 的左边推 B 物体，使 A 、 B 整体仍保持矩形沿 F 方向匀速运动，则（ ）



- A. 物体 A 在水平方向上受三个力的作用，且合力为零
- B. 物体 A 在水平方向上受两个力的作用，且合力为零
- C. B 对 A 的作用力方向与 F 方向相同
- D. B 对 A 的弹力等于桌面对 A 的摩擦力

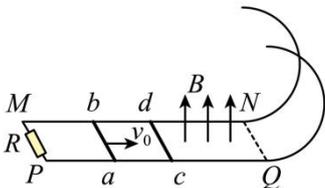
9. 如图物体 A 、 B 通过细绳及轻质弹簧连接在轻滑轮两侧，物体 A 、 B 的质量分别为 $2m$ 、 m ，开始时细绳伸直，用手托着物体 A 使弹簧处于原长且 A 与地面的距离为 h ，物体 B 静止在地面上，放手后物体 A 下落，与地面即将接触时速度大小为 v ，此时物体 B 对地面恰好无压力，不计一切摩擦及空气阻力，重力加速度大小为 g ，则下

列说法中正确的是 ()



- A. 物体 A 下落过程中, 物体 A 和弹簧组成的系统机械能守恒
- B. 弹簧的劲度系数为 $\frac{2mg}{h}$
- C. 物体 A 着地时的加速度大小为 $\frac{g}{2}$
- D. 物体 A 着地时弹簧的弹性势能为 $mgh - \frac{1}{2}mv^2$

10. 如图所示, MN 、 PQ 两平行光滑水平导轨分别与半径 $r = 0.5\text{m}$ 的相同的竖直半圆导轨在 N 、 Q 端平滑连接, M 、 P 端连接定值电阻 R , 左侧涂有一层粘性材料的绝缘杆 cd , 其质量为 $m = 1\text{kg}$, 现垂直且静止在水平导轨上, 在其右侧虚线处至 N 、 Q 端 (第二条虚线处) 的区域内充满竖直向上的匀强磁场。现有质量 $M = 2\text{kg}$ 的 ab 金属杆以初速度 $v_0 = 9\text{m/s}$ 水平向右运动, 与 cd 绝缘杆发生正碰后粘在一起, 两杆恰好通过半圆导轨最高点, ab 金属杆及导轨电阻不计, 运动过程中一切摩擦不计, ab 和 cd 两杆始终与导轨垂直且接触良好, g 取 10m/s^2 , 则: ()



- A. cd 绝缘杆通过半圆导轨最高点时的速度为零
- B. ab 与 cd 碰完成后瞬间它们的速度 $v = 6\text{m/s}$
- C. 两杆因为碰撞而损失的能量 $E = 27\text{J}$
- D. 电阻 R 产生的焦耳热 $Q = 16.5\text{J}$

三、实验题 (本大题共 2 小题, 共 16 分)

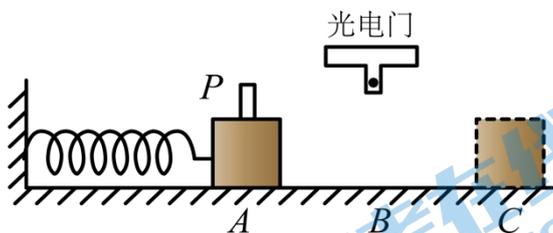
11. 某同学利用如图所示的装置测量滑块 P 与水平桌面间的动摩擦因素。一轻质弹簧左端固定在墙面上, 右端与滑块 P 接触不粘连, 滑块 P 上面安装有宽度为 d (约为 2mm) 的遮光条, 每次光电门都记录下遮光条通过光电门的时间 (滑块经过光电门正下方 B 点时已经与弹簧分离), 已知滑块 P (包括遮光条) 的质量为 m , 重力加速度为 g , 某一次实验操作步骤如下:

- (1) 按要求安装好各实验器材;
- (2) 先用外力将滑块 P 缓慢的推到 A 位置, 然后撤去外力, 滑块由静止开始运动, 最后停在水平桌面上的 C 点, 记录下光电门的读数 t , 则滑块通过光电门的速度大小为 _____; 用刻度尺测量出 BC 的长度 L , 利用已知条件和所测量的量可以得到动摩擦因素的表达式

$\mu =$ _____；（用题中所给已知物理量的符号表示）

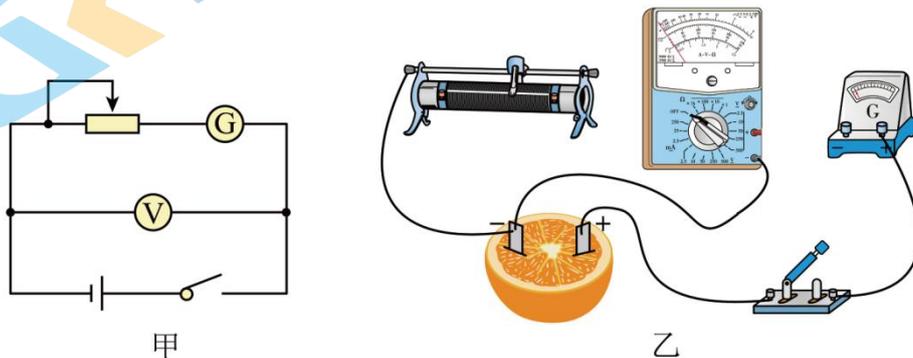
（3）重复以上操作，多次测量，记录多组数据，多次计算，动摩擦因素测量值的结果取平均值即可；

（4）另一实验小组的同学实验结束后发现还可以用该装置测量弹簧最初储存的弹性势能。他们测得 AB 两点间的距离为 L_1 ， BC 两点间的距离为 L_2 ，那么这次操作时弹簧最初储存的弹性势能等于 _____。（用 L_1 、 L_2 、 m 、 g 、 μ 表示）



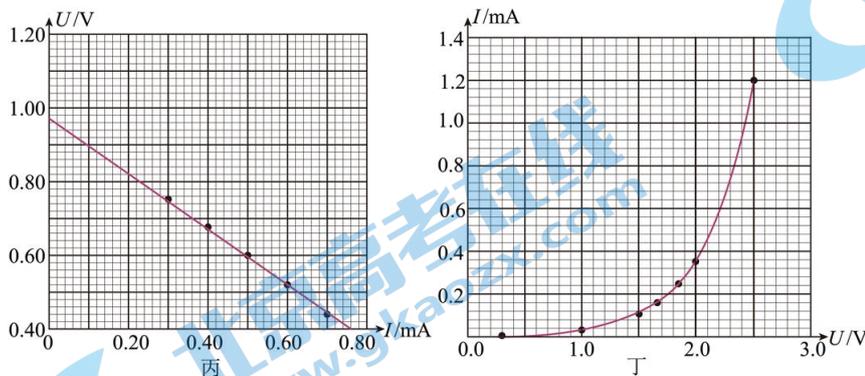
12. 某学习小组用水果和两种金属电极做了一个“水果电池”，进行了以下实验：

（1）按图甲所示电路图，测量水果电池的电动势和内阻。使用的实验器材有：数字式多用表（其中电压表可视为理想表）、滑动变阻器、电流表、导线、开关等。请根据电路图在如图乙中完成实物连线 _____；



（2）连接好电路后闭合开关，调节滑动变阻器，记录数字电压表和电流表的示数。作出 $U-I$ 图像，如图丙中曲线所示。由图像求得水果电池的电动势 $E =$ _____ V，内阻 $r =$ _____ $k\Omega$ （结果保留两位有效数字）；

（3）该同学用三个一样的水果电池串联形成一个电池组，能使某发光二极管（LED）正常发光，LED 的 $I-U$ 图像如图丁中曲线所示，则 LED 正常发光时的电压 $U =$ _____ V（保留三位有效数字）；



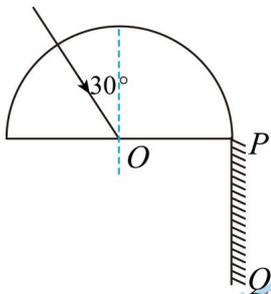
（4）在（3）中，LED 正常发光时，该同学用普通电压表（内阻约为 $2k\Omega$ ）测量二极管两端电压，发现电压表示数小于 LED 正常发光时的电压且 LED 熄灭，造成电压减小原因可能是 _____。

四、计算题（本大题共 3 小题，共 40 分）

13.（10 分）如图所示，半圆形玻璃砖的半径为 R ，光屏 PQ 置于直径的右端并与直径垂直，一单色光与竖直方

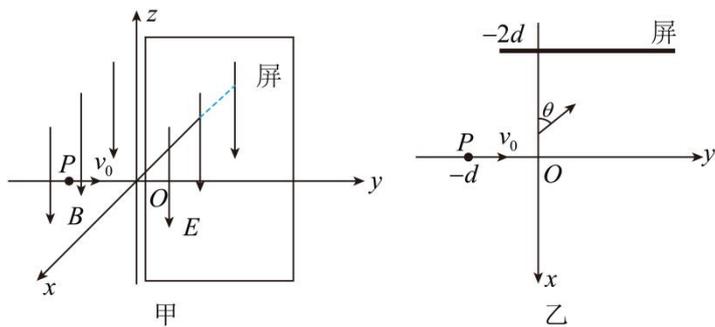
向成 $\alpha=30^\circ$ 角射入玻璃砖的圆心 O ，在光屏上出现了一个光斑，玻璃对该种单色光的折射率为 $n=\sqrt{2}$ ，光在真空中的传播速度为 c ，求：

- (1)光屏上的光斑与 O 点之间的距离；
- (2)光进入玻璃砖后经过多少时间到达光屏；
- (3)使入射光线绕 O 点沿逆时针方向旋转，为使光屏上的光斑消失，至少要转过多少角度？



14. (12分) 某质谱仪部分结构的原理图如图所示。在空间直角坐标系 $Oxyz$ 的 $y>0$ 区域有沿 $-z$ 方向的匀强电场，电场强度大小为 E ，在 $y<0$ 区域有沿 $-z$ 方向的匀强磁场，在 $x=-2d$ 处有一足够大的屏，俯视图如图乙。质量为 m 、电荷量为 q 的粒子从 y 轴上 $P(0, -d, 0)$ 以初速度 v_0 沿 $+y$ 方向射出，粒子第一次经过 x 轴时速度方向与 $-x$ 方向的夹角 $\theta=60^\circ$ 。不计粒子的重力，粒子打到屏上立即被吸收。求：

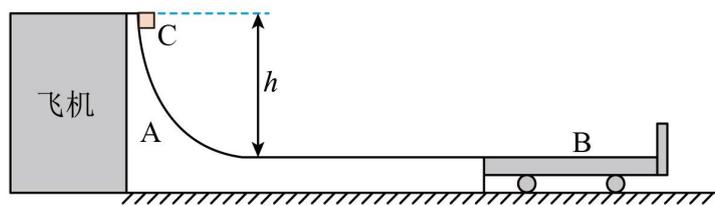
- (1) 粒子的电性；
- (2) 磁感应强度大小 B ；
- (3) 粒子打到屏上位置的 z 轴坐标 z_1 。



15. (16分) 在航空托运中，时有损坏行李的事情发生，小华同学设计了如下图所示的缓冲转运装置，卸货时飞机不动，缓冲装置 A 紧靠飞机，转运车 B 靠紧 A。包裹 C 沿缓冲装置 A 的光滑曲面由静止滑下，经粗糙的水平部分，滑上转运车 B 并最终停在转运车 B 上被运走，B 的右端有一固定挡板。已知 C 与 A、B 水平面间的动摩擦因数均为 $\mu_1=0.4$ ，缓冲装置 A 与水平地面间的动摩擦因数为 $\mu_2=0.2$ ，转运车 B 与地面间的摩擦可忽略。A、B 的质量均为 $M=60\text{kg}$ ，A、B 水平部分的长度均为 $L=4\text{m}$ 。包裹 C 可视为质点且无其它包裹影响，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。C 与 B 的右挡板发生碰撞时间极短，碰撞时间和损失的机械能都可忽略。

- (1) 要求包裹 C 在缓冲装置 A 上运动时 A 不动，则包裹 C 的质量 m 最大不超过多少；
- (2) 若某包裹的质量为 $m_1=20\text{kg}$ ，从 $h=2.4\text{m}$ 处静止滑下，求包裹在距转运车右端多远的位置停下来；

(3) 若包裹的质量还是 $m_1 = 20\text{kg}$ ，为使该包裹能滑上转运车 B 上，则该包裹释放时 h 的范围。(结果保留两位有效数字)



参考答案:

1. B

【解析】A. 电子的发现使人们认识到原子具有复杂结构, 选项 A 错误;

B. 天然放射现象说明原子核是有复杂结构的, 选项 B 正确;

C. α 粒子散射实验得到了原子的核式结构理论, 选项 C 错误;

D. 比结合能越大, 原子核越稳定, 选项 D 错误。

故选 B。

2. C

【解析】AC. 简谐横波沿 x 轴的正方向传播, $t=0$ 时刻质点 P 的速度向下, $t=0.2s=\frac{T}{2}$, P 点经过平衡位置向上运动, 故 A 错误, C 正确;

B. 波从 P 传到 Q 的时间为, $\frac{1}{4}T=0.1s$, $t=0.2s$ 时, 质点 Q 已经振动了, $\frac{1}{4}T=0.1s$, 而质点 Q 的起振方向向下, 则在 $t=0.2s$ 时质点 Q 处于波谷, 故 B 错误;

D. 在 $t=0.2s$ 时波传到 M 点, 此时 M 点的振动方向向下, 故 D 错误。

3. D

【解析】根据 $\Delta P=I^2r$, 导线上的热损失功率变为原来的 9 倍, 电流应增加为原来的 3 倍, 即为 $3I$; 由 $P=UI$ 知, 则输送电压变为 $\frac{1}{3}U$ 。

故选 D。

4. C

【解析】A. 天问一号在 B 点需要点火减速才能从轨道 2 进入轨道 3, 故 A 错误;

B. 在轨道 2 和轨道 3 经过 B 点时, 加速度相同, 故 B 错误;

CD. 假设火星的半径为 R , 轨道 3 轨道半径为 r , 因轨道 3 是近火轨道, 所以 $r \approx R$, 假设火星质量为 M , 天问一号质量为 m , 由万有引力提供向心力

$$\frac{GmM}{R^2} = mR \frac{4\pi^2}{T^2}$$

解得

$$M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2}$$

火星的密度

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3\pi}{GT^2}$$

题干仅提供了引力常量, 火星半径未知, 故 C 正确, D 错误。

故选 C。

5. C

【解析】A. 由粒子运动轨迹可知，该正电粒子受到的电场力指向轨迹内侧，所以 c 点固定的是正电荷， d 点固定的是负电荷，故 A 错误；

BC. 由等量异号电荷形成的电场特点知， a 点电势高于 b 点电势，且 a 和 b 两点的电场强度相同，带电粒子受到的电场力相同，加速度相同，故 B 错误，C 正确；

D. 由运动轨迹知，带电粒子先靠近正电荷，再靠近负电荷，故电场力先做负功再做正功，粒子的动能先减小再增加，动量先减小再增加，故 D 错误。

故选 C。

6. D

【解析】AC. 小球能够过最高点需满足条件

$$mg = \frac{mv_1^2}{L}$$

则最高点速度最小值为

$$v_1 = \sqrt{gL}$$

AC 错误；

BD. 在最高点

$$F_1 + mg = \frac{mv_1^2}{L}$$

在最低点

$$F_2 - mg = \frac{mv_2^2}{L}$$

从最高点到最低点，利用动能定理可得

$$2mgL = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

解得

$$\Delta F = F_2 - F_1 = 6mg$$

即 ΔF 为定值，故 B 错误 D 正确。

故选 D。

7. D

【解析】A. 由题可知电场力与洛伦兹力等大反向，对于带正电粒子，电场力向上，洛伦兹力向下，由左手定则可知，极板间匀强磁场的方向垂直于纸面向外，故 A 错误；

B. 由电场力与洛伦兹力等大反向得

$$qvB_0 = qE$$

解得

$$v = \frac{E}{B_0}$$

故 B 错误；

CD. 两带电粒子速度相同，均为 $\frac{E}{B_0}$ ，粒子进入磁场后做圆周运动，带正电粒子打在 Q 点，半径为 R_2 ，带负电的粒子打在 P 点，半径为 R_1 ，则有

$$2R_1 \cos 37^\circ = L_1$$

$$2R_2 \cos 37^\circ = L_2$$

解得

$$R_1 = \frac{5}{8}L_1$$

$$R_2 = \frac{5}{8}L_2$$

又由洛伦兹力提供向心力可得

$$qvB = m \frac{v^2}{R}$$

得

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$m_P = \frac{5qBB_0L_1}{8E}$$

$$m_Q = \frac{5qBB_0L_2}{8E}$$

则粒子的质量之差的绝对值为

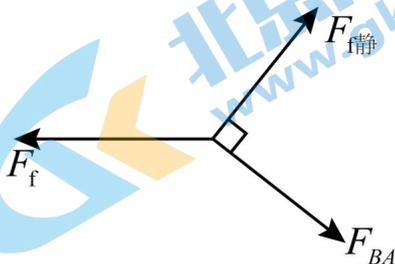
$$|m_Q - m_P| = \frac{5qBB_0}{8E}(L_2 - L_1)$$

故 D 正确 C 错误。

故选 D。

8. AC

【解析】AB. 对物体 A 进行受力分析，水平方向上受到 B 物体产生的弹力、静摩擦力和水平桌面产生的滑动摩擦力，如图所示，由于 A、B 整体仍保持矩形沿 F 方向匀速运动，则物体 A 所受合力为零，A 正确，B 错误；



C. B 对 A 的作用力与桌面对 A 的摩擦力等大反向，即 B 对 A 的作用力方向与 F 方向相同，C 正确；

D. B 对 A 的弹力方向垂直于接触面，D 错误。

故选 AC。

9. AC

【解析】A. 由题可知，物体 A 下落过程中，物体 B 一直静止不动，对于物体 A 和弹簧组成的系统，只有重力和弹簧弹力做功，则物体 A 和弹簧组成的系统机械能守恒，A 正确；

B. 物体 A 与地面即将接触时，物体 B 对地面恰好无压力，则此时弹簧的弹力为

$$T=mg$$

开始时弹簧处于原长，由胡克定律知

$$T=kh$$

联立解得弹簧的劲度系数为

$$k = \frac{mg}{h}$$

B 错误；

C. 物体 A 着地时，弹簧的弹力为

$$T=mg$$

则细绳对 A 的拉力也等于 mg ，对 A 根据牛顿第二定律得

$$2mg-mg=2ma$$

解得

$$a = \frac{g}{2}$$

C 正确；

D. 物体 A 与弹簧组成的系统机械能守恒，有

$$2mgh = E_p + \frac{1}{2} \cdot 2m \cdot v^2$$

解得

$$E_p = 2mgh - mv^2$$

D 错误。

故选 AC。

10. BCD

【解析】A. 两杆恰好通过半圆导轨最高点，由牛顿第二定律有

$$(M+m)g = (M+m)\frac{v^2}{r}$$

解得

$$v' = \sqrt{5} \text{m/s}$$

A 错误;

B. ab 金属杆与 cd 绝缘杆发生正碰后粘在一起, 完全非弹性碰撞, 根据动量守恒得

$$Mv_0 = (m+M)v$$

解得 ab 与 cd 碰完成后瞬间它们的速度

$$v = 6 \text{m/s}$$

B 正确;

C. 两杆因为碰撞而损失的能量

$$E = \frac{1}{2}Mv_0^2 - \frac{1}{2}(m+M)v^2 = 27 \text{J}$$

C 正确;

D. 碰撞后两杆以速度 v_1 滑至最高点的过程中, 由动能定理有:

$$-(M+m)g2r = \frac{1}{2}(M+m)v^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_1^2$$

两杆进入磁场后由能量守恒定律有

$$\frac{1}{2}(M+m)v^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_1^2 = Q$$

解得电阻 R 产生的焦耳热

$$Q = 16.5 \text{J}$$

D 正确。

故选 BCD。

$$11. \quad \frac{d}{t} \quad \frac{d^2}{2gLt^2} \quad \mu mg(L_1 + L_2)$$

【解析】(2) 遮光条宽度为 d , 滑块上的遮光条经光电门的时间 t , 因遮光条的宽度 d (约为 2mm) 很小, 则滑块经光电门的速度大小可为

$$v = \frac{d}{t}$$

对滑块和遮光条, 由牛顿第二定律可得

$$F_f = -\mu mg = ma$$

解得滑块和遮光条运动的加速度为

$$a = -\mu g$$

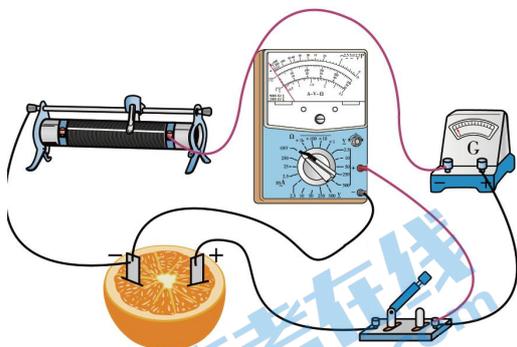
由速度位移关系公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$, 解得

$$\mu = \frac{d^2}{2gLt^2}$$

(4) 由功能关系，可得弹簧最初储存的弹性势能等于

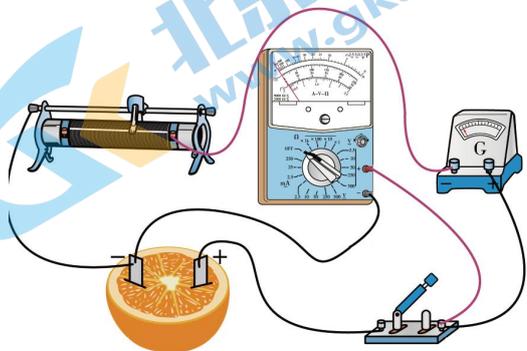
$$E_p = \mu mg(L_1 + L_2)$$

12.



0.97 0.75 2.06 电压表内阻较小

【解析】(1) 根据电路图连接实物图，如图所示



(2) 根据闭合电路欧姆定律可得

$$U = E - Ir$$

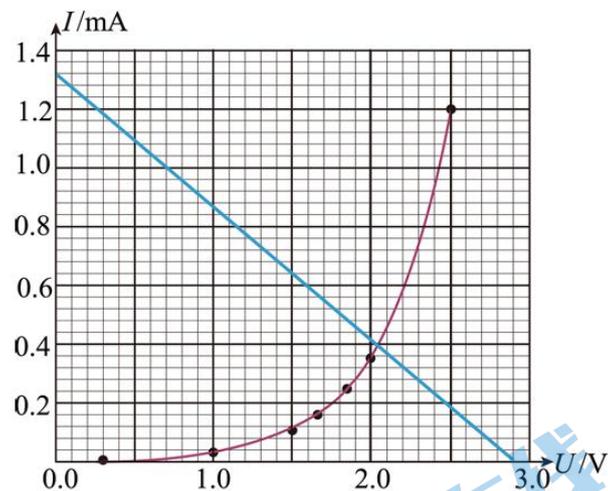
所以图线的纵截距表示电源电动势，即

$$E = 0.97\text{V}$$

图线斜率的绝对值表示电源内阻，即

$$r = \frac{0.97 - 0.40}{0.76 \times 10^{-3}} \text{ k}\Omega = 0.75 \text{ k}\Omega$$

(3) 当三个一样的水果电池串联形成一个电池组时，作出该电源的 $I-U$ 图线，如图所示



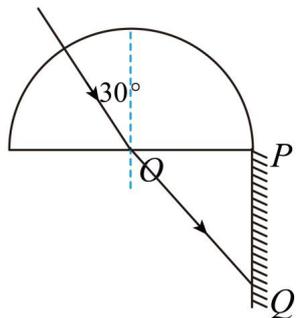
两图线的交点横坐标即为 LED 正常发光时的电压，即

$$U = 2.06\text{V}$$

(4) 造成电压减小原因可能是电压表内阻与 LED 等电阻相比较小，使得回路总电阻减小较明显，电流增大，内电压增大，路端电压减小。

13. (1) $\sqrt{2}R$; (2) $\frac{2\sqrt{2}R}{c}$; (3) 15°

【解析】(1) 作出光路如图所示，由折射定律有



$$n = \frac{\sin r}{\sin \alpha}$$

代入数据得

$$r = 45^\circ$$

光斑与 O 点之间的距离

$$s = \frac{R}{\sin r} = \sqrt{2}R$$

(2) 设光在玻璃砖中的速度为 v ，则

$$v = \frac{c}{n} = \frac{c}{\sqrt{2}}$$

光在玻璃砖中的传播时间

$$t_1 = \frac{R}{v} = \frac{\sqrt{2}R}{c}$$

光从 O 点到达光屏的时间

$$t_2 = \frac{s}{c} = \frac{\sqrt{2}R}{c}$$

光进入玻璃砖后到达光屏的时间

$$t = t_1 + t_2 = \frac{2\sqrt{2}R}{c}$$

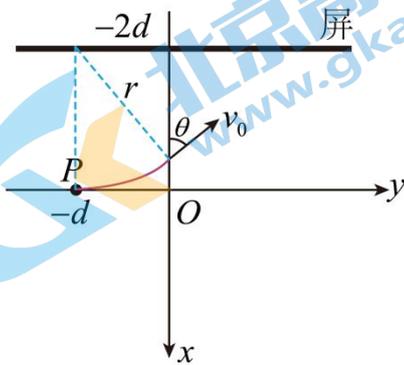
(3) 当光在界面处发生全反射时光屏上的光斑消失，故

$$\sin C = \frac{1}{n}$$

即入射角 $\alpha' = C = 45^\circ$ 时光斑消失，入射光线至少要转过的角度为 15°

14. (1) 正电; (2) $\frac{mv_0}{2dq}$; (3) $-\frac{6Eqd^2}{mv_0^2}$

【解析】(1) 粒子在磁场中的运动轨迹如图



由左手定则知粒子带正电;

(2) 设粒子做圆周运动的半径为 r ，由几何关系有

$$r \cos \theta = d$$

根据洛伦兹力提供向心力

$$qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r}$$

解得

$$B = \frac{mv_0}{2dq}$$

(3) 设粒子经过 x 轴时的坐标为 $-x_1$ ，则

$$x_1 + r \sin \theta = 2d$$

粒子在 $y > 0$ 区域电场中做类平抛运动，在 xOy 平面内沿 v_0 方向做匀速直线运动，设粒子碰到屏前做类平抛运动的时间为 t_1 ，则

$$v_0 t_1 = \frac{2d - x_1}{\cos \theta}$$

粒子运动的加速度

$$a = \frac{Eq}{m}$$

在 z 轴负方向运动的距离

$$z_1' = \frac{1}{2}at_1^2$$

解得

$$t_1 = \frac{2\sqrt{3}d}{v_0}, \quad z_1' = \frac{6Eqd^2}{mv_0^2}$$

所以打到屏上位置的 z 轴坐标

$$z_1 = -\frac{6Eqd^2}{mv_0^2}$$

15. (1) 60kg; (2) 2.5m; (3) $1.6\text{m} < h < 5.9\text{m}$

【解析】(1) A 恰好不运动需要满足

$$\mu_1 mg = \mu_2 (m + M)g$$

解得

$$m = 60\text{kg}$$

故包裹 C 的质量最大不超过 60kg;

(2) 因 C 的质量 $m_1 < 60\text{kg}$, 故装置 A 始终处于静止状态, 由动能定理得

$$m_1 gh - \mu_1 m_1 gL = \frac{1}{2}m_1 v_0^2$$

解得

$$v_0 = 4\text{m/s}$$

C 与 B 相互作用的全过程, 两者组成的系统满足动量守恒, 取向右为正方向, 则

$$m_1 v_0 = (m_1 + M)v_{\text{共}}$$

由能量守恒定律得

$$\frac{1}{2}m_1 v_0^2 = \frac{1}{2}(m_1 + M)v_{\text{共}}^2 + Q$$

解得

$$Q = 120\text{J}$$

又

$$Q = \mu_1 m_1 g \Delta x$$

得物体在车上的相对位移

$$\Delta x = 1.5\text{m}$$

所以距转运车右端 2.5m。

(3) 装置 A 还始终处于静止状态，C 滑到低端

由动能定理得

$$m_1gh - \mu_1 m_1 gL = \frac{1}{2} m_1 v^2$$

$$v = 0$$

为 C 下滑的最小高度，得

$$h_1 = 1.6\text{m}$$

$$v > 0$$

则 C 滑上小车，C 与小车弹性碰撞后返回至小车最左端时两者共速，为 C 不会从小车上掉下的最大高度：由 C、车动量守恒

$$m_1 v = (m_1 + M) v_{\text{共}}$$

由能量守恒得

$$\frac{1}{2} m_1 v^2 = \frac{1}{2} (m_1 + M) v_{\text{共}}^2 + Q$$

$$Q = \mu_1 m_1 g \Delta x$$

$$\Delta x = 2L$$

得

$$h_2 = 5.9\text{m}$$

所以

$$1.6\text{m} < h < 5.9\text{m}$$