

2015 年天津市高考物理试卷解析版

参考答案与试题解析

一、单项选择题（每小题 6 分，每小题给出的四个选项中，只有一个选项是正确的）

1. (6 分) 物理学重视逻辑，崇尚理性，其理论总是建立在对事实观察的基础上，下列说法正确的是（ ）

- A. 天然放射现象说明原子核内部是有结构的
- B. 电子的发现使人们认识到原子具有核式结构
- C. α 粒子散射实验的重要发现是电荷是量子化的
- D. 密立根油滴实验表明核外电子的轨道是不连续的

【考点】IU：物理学史.

【分析】本题是原子物理学史问题，根据相关科学家的物理学成就进行解答.

【解答】解 A、天然放射现象是原子核发生衰变而产生的，说明原子核内部是有结构的，故 A 正确。

B、电子的发现使人们认识到原子具有复杂结构，但不能说明原子具有核式结构，故 B 错误。

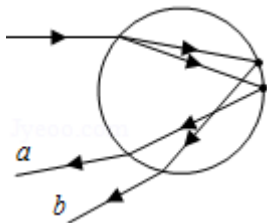
C、 α 粒子散射实验的重要发现是原子的核式结构，而不是电荷的量子化，故 C 错误。

D、密立根油滴实验测出了电子的电荷量，发现了电荷量的量子化，不能说明核外电子的轨道是不连续的，故 D 错误。

故选：A。

【点评】本题考查了原子核的知识和物理学史，象、原子的核式结构学说、 α 粒子散射实验、密立根油滴实验都是考查的重点，要重点掌握。

2. (6 分) 中国古人对许多自然现象有深刻认识，唐人张志和在《玄真子·涛之灵》中写道：“雨色映日而为虹”。从物理学角度看，虹是太阳光经过雨滴的两次折射和一次反射形成的。如图是彩虹成因的简化示意图，其中 a、b 是两种不同频率的单色光，则两光（ ）



A. 在同种玻璃中传播，a 光的传播速度一定大于 b 光

- B. 以相同角度斜射到同一玻璃板透过平行表面后，b 光侧移量大
- C. 分别照射同一光电管，若 b 光能引起光电效应，a 光也一定能
- D. 以相同的入射角从水中射入空气，在空气中只能看到一种光时，一定是 a 光

【考点】H3：光的折射定律.

【专题】54I：光电效应专题.

【分析】由图看出第一次折射时，b 光折射角较大，其折射率较小，频率较小，波长较长. 由公式 $v = \frac{c}{n}$ 得到，b 光在玻璃中的传播速度较大；结合发生光电效应的条件分析；折射率较小，则临界角大，不容易发生全反射.

【解答】解：画出光路图，分析可知，第一次折射时，b 光的折射角较大，而入射角相等，根据折射率公式 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ 得知，b 光的折射率较小，频率较小，波长较长. 再由 $\frac{c}{n} = \lambda f$ ，可知，折射率越小，则波长越长.

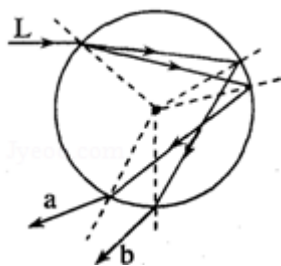
A、由公式 $v = \frac{c}{n}$ 得知，b 光的折射率较小，在同种玻璃中传播，a 光的传播速度一定小于 b 光，故 A 错误；

B、光的折射率较小，以相同角度斜射到同一玻璃板透过平行表面后，b 光的折射角较大，所以 b 光侧移量小. 故 B 错误；

C、b 光的折射率较小，频率较小，分别照射同一光电管，若 b 光能引起光电效应，a 光也一定能，故 C 正确；

D、b 光的折射率较小，则临界角大，不容易发生全反射，所以以相同的入射角从水中射入空气，在空气中只能看到一种光时，一定是 b 光. 故 D 错误.

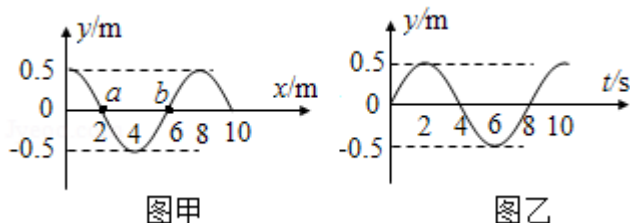
故选：C。



【点评】该题结合光的折射考查折射率、折射率与光的频率、速度的关系以及光电效应的条件等知识点的内容，关键之处是画出光路图，分析第一次折射时折射角的关系，要

注意运用反射的对称性作图.

3. (6分) 图甲为一列简谐横波在某一时刻的波形图, a、b 两质点的横坐标分别为 $x_a=2\text{m}$ 和 $x_b=6\text{m}$, 图乙为质点 b 从该时刻开始计时的振动图象, 下列说法正确的是 ()



- A. 该波沿+x 方向传播, 波速为 1m/s
 B. 质点 a 经 4s 振动的路程为 4m
 C. 此时刻质点 a 的速度沿+y 方向
 D. 质点 a 在 $t=2\text{s}$ 时速度为零

【考点】73: 简谐运动的振动图象; F4: 横波的图象; F5: 波长、频率和波速的关系.

【专题】51D: 振动图像与波动图像专题.

【分析】A、由图可知 ab 两点之间的距离, 利用波的速度公式可求出波传播的速度大小, 结合 b 点在该时刻的位置及振动方向, 利用平移法可知波的传播方向, 从而可知选项 A 的正误

B、方向经过 4s 的时间与周期之间的关系, 利用在一个周期内, 质点经过的路程为振幅的 4 倍, 即可得知选项 B 的正误。

C、结合 b 质点此刻的位置和振动方向, 从而可得知 a 质点所处的位置和振动方向, 继而可知选项 C 的正误。

D、通过 $t=2\text{s}$ 时 b 的位置, 可判断出 a 点的位置, 从而可知 a 点的运动情况, 继而得知选项 D 的正误。

【解答】解: A、ab 两点间的距离为 $x=x_b-x_a=6-2=4\text{m}$, 振动从 a 传播到 b 的时间为半个周期, 为 $t=\frac{T}{2}=4\text{s}$, 所以波速为: $v=\frac{x}{t}=\frac{4}{4}=1\text{m/s}$, 但是 b 点该时刻的振动方向是

沿 y 轴正方向, 由微平移法可知波向 -x 轴方向传播, 选项 A 错误。

B、质点 a 振动 4s , 是经过了半个周期, 质点运动过的路程为振幅的 2 倍, 即为 1m , 选项 B 错误

C、此时刻 b 的振动方向是向 y 轴正方向, ab 间相隔半个波长, 振动步调完全相反, 所

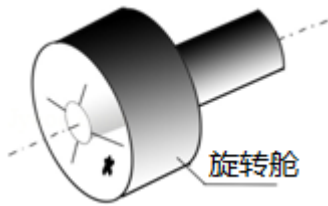
以此时刻质点 a 的速度沿 -y 方向，选项 C 错误。

D、在 $t=2s$ 时，质点 b 在正的最大位移处，ab 两质点的振动步调完全相反，所以质点 a 在负的最大位移处，此时 a 的速度为零，选项 D 正确。

故选：D。

【点评】 该题考查了简谐波的传播和质点的振动，解答该题要熟练的掌握波传播方向的判断，常用的方法有“微平移法”、“带动法”、“上下坡法”、“振向波向同侧法”和“头头尾尾相对法”，还有就是熟练的掌握步调一致的点的判断和步调始终相反的点的判断。会通过时间计算振动质点通过的路程。

4. (6分) 未来的星际航行中，宇航员长期处于零重力状态，为缓解这种状态带来的不适，有人设想在未来的航天器上加装一段圆柱形“旋转舱”，如图所示，当旋转舱绕其轴线匀速旋转时，宇航员站在旋转舱内圆柱形侧壁上，可以受到与他站在地球表面时相同大小的支持力。为达到上述目的，下列说法正确的是（ ）



- A. 旋转舱的半径越大，转动的角速度就应越大
B. 旋转舱的半径越大，转动的角速度就应越小
C. 宇航员质量越大，旋转舱的角速度就应越大
D. 宇航员质量越大，旋转舱的角速度就应越小

【考点】 48：线速度、角速度和周期、转速；4F：万有引力定律及其应用。

【专题】 528：万有引力定律的应用专题。

【分析】 首先分析出该题要考查的知识点，就是对向心加速度的大小有影响的因素的分析，列出向心加速度的表达式，进行分析即可得知正确选项。

【解答】 解：为了使宇航员在航天器上受到与他站在地球表面时相同大小的支持力，即使宇航员随旋转舱转动的向心加速度为定值，且有 $a=g$ ，

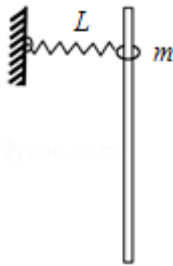
宇航员随旋转舱转动的加速度为： $a=\omega^2R$ ，由此式可知，旋转舱的半径越大，转动的角速度就应越小，此加速度与宇航员的质量没有关系，所以选项 ACD 错误，B 正确。

故选：B。

【点评】 该题的考查方法非常新颖，解题的关键是从相关描述中提起有用的东西，对于

该题，就是得知在向心加速度不变的情况下，影响向心加速度大小的物理量之间的变化关系，该题还要熟练的掌握有关匀速圆周运动的各个物理量的关系式，并会应用其进行正确的计算和分析。

5. (6分) 如图所示，固定的竖直光滑长杆上套有质量为 m 的小圆环，圆环与水平状态的轻质弹簧一端连接，弹簧的另一端连接在墙上，并且处于原长状态，现让圆环由静止开始下滑，已知弹簧原长为 L ，圆环下滑到最大距离时弹簧的长度变为 $2L$ (未超过弹性限度)，则在圆环下滑到最大距离的过程中 ()



- A. 圆环的机械能守恒
- B. 弹簧弹性势能变化了 $\sqrt{3}mgL$
- C. 圆环下滑到最大距离时，所受合力为零
- D. 圆环重力势能与弹簧弹性势能之和保持不变

【考点】 6B：功能关系；6C：机械能守恒定律.

【分析】 分析圆环沿杆下滑的过程的受力和做功情况，由于弹簧的拉力对圆环做功，所以圆环机械能不守恒，系统的机械能守恒；根据系统的机械能守恒进行分析。

【解答】 解：A、圆环沿杆滑下过程中，弹簧的拉力对圆环做功，圆环的机械能不守恒，故 A 错误，

B、图中弹簧水平时恰好处于原长状态，圆环下滑到最大距离时弹簧的长度变为 $2L$ ，可得物体下降的高度为 $h = \sqrt{3}L$ ，根据系统的机械能守恒得

弹簧的弹性势能增大量为 $\Delta E_p = mgh = \sqrt{3}mgL$ ，故 B 正确。

C、圆环所受合力为零，速度最大，此后圆环继续向下运动，则弹簧的弹力增大，圆环下滑到最大距离时，所受合力不为零，故 C 错误。

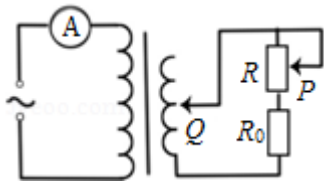
D、根据圆环与弹簧组成的系统机械能守恒，知圆环的动能先增大后减小，则圆环重力势能与弹簧弹性势能之和先减小后增大，故 D 错误。

故选：B。

【点评】对物理过程进行受力、运动、做功分析，是解决问题的根本方法。要注意圆环的机械能不守恒，圆环与弹簧组成的系统机械能才守恒。

二、不定向选择题（每小题 6 分，共 18 分。每小题给出的四个选项中，都有多个选项是正确的。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，选错或不答的得 0 分）

6.（6 分）如图所示，理想变压器的原线圈连接一只理想交流电流表，副线圈匝数可以通过滑动触头 Q 来调节，在副线圈两端连接了定值电阻 R_0 和滑动变阻器 R，P 为滑动变阻器的滑动触头。在原线圈上加一电压为 U 的正弦交流电，则（ ）



- A. 保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变大
- B. 保持 Q 的位置不动，将 P 向上滑动时，电流表读数变小
- C. 保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变大
- D. 保持 P 的位置不动，将 Q 向上滑动时，电流表读数变小

【考点】 E8：变压器的构造和原理。

【专题】 53A：交流电专题。

【分析】保持 Q 位置不动，则输出电压不变，保持 P 位置不动，则负载不变，再根据变压器的特点分析。

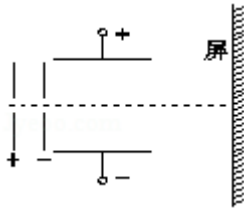
【解答】解：AB、在原、副线圈匝数比一定的情况下，变压器的输出电压由输入电压决定。因此，当 Q 位置不变时，输出电压不变，此时 P 向上滑动，负载电阻值增大，则输出电流减小，电流表的读数 I 变小，故 A 错误，B 正确；

CD、P 位置不变，将 Q 向上滑动，则输出电压变大，输出电流变大，则电流表的读数 I 变大，故 C 正确，D 错误；

故选：BC。

【点评】本题的关键在于 P 位置不动时 总电阻不变，Q 不变时输出电压不变，完全利用变压器特点。

7.（6 分）如图所示，氕核、氘核、氚核三种粒子从同一位置无初速地飘入电场线水平向右的加速电场 E_1 ，之后进入电场竖直向下的匀强电场 E_2 发生偏转，最后打在屏上。整个装置处于真空中，不计粒子重力及其相互作用，那么（ ）



- A. 偏转电场 E_2 对三种粒子做功一样多
- B. 三种粒子打到屏上时的速度一样大
- C. 三种粒子运动到屏上所用时间相同
- D. 三种粒子一定打到屏上的同一位置

【考点】AK：带电粒子在匀强电场中的运动。

【专题】32：定量思想；43：推理法；531：带电粒子在电场中的运动专题。

【分析】由动能定理定理可求得粒子刚进入偏转电场时的速度。粒子进入偏转电场中做类平抛运动，由分位移公式得到粒子在偏转电场中的偏转距离，再由几何关系可明确粒子打在屏上的位置。根据电场力做功 $W = Eqy$ 可分析偏转电场对粒子做功大小关系，结合动能定理分析粒子打到屏上时速度关系。

【解答】解：AD、粒子在加速电场中加速，由动能定理可知： $qU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$

解得： $v_0 = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$

粒子在加速电场中的运动时间： $t_1 = \frac{L}{\frac{v_0}{2}} = 2L_1 \sqrt{\frac{m}{2qU_1}}$ ；

粒子在偏转电场中做类平抛运动，运动时间： $t_2 = \frac{L_2}{v_0} = L_2 \sqrt{\frac{m}{2qU_1}}$ ；

在偏转电场中竖直分位移： $y = \frac{1}{2}a_2 t_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{qU_2}{md} \left(\frac{L_2}{v_0}\right)^2$ ；

联立得 $y = \frac{U_2 L_2^2}{4U_1 d}$ ， y 与 q 、 m 无关，所以三种粒子在偏转电场中轨迹重合，离开偏转电场

后粒子做匀速直线运动，因此三种粒子一定打到屏上的同一位置；

加速电场对粒子做功为 $W_1 = qU_1$ ， q 和 U_1 相等，所以加速电场 E_1 对三种粒子做功相等。

偏转电场 E_2 对粒子做功： $W_2 = qE_2 y$ ， q 、 E_2 、 y 相等，则知偏转电场 E_2 对三种粒子做功相等。故 A 正确，D 正确。

C、离开偏转电场后粒子的运动时间： $t_3 = \frac{L_3}{v_0} = L_3 \sqrt{\frac{m}{2qU_1}}$ ；

粒子运动到屏上所用时间 $t = t_1 + t_2 + t_3 = (2L_1 + L_2 + L_3) \sqrt{\frac{m}{2qU_1}}$ ；

因为 $\frac{m}{q}$ 不等，所以 t 不等，故 C 错误。

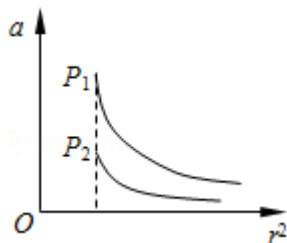
B、对整个过程，根据动能定理得 $W = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ ，由于 W 相等， m 不等，所以 v 不等，

即三种粒子打到屏上时速度不等，故 B 错误。

故选：AD。

【点评】 本题考查带电粒子在电场中的加速和偏转，要注意偏转中运动的合成与分解的正确应用，本题的结论要在理解的基础上记牢，经常用到。

8. (6分) P_1 、 P_2 为相距遥远的两颗行星，距各自表面相同高度处各有一颗卫星 s_1 、 s_2 做匀速圆周运动，图中纵坐标表示行星对周围空间各处物体的引力产生的加速度 a ，横坐标表示物体到行星中心的距离 r 的平方，两条曲线分别表示 P_1 、 P_2 周围的 a 与 r^2 的反比关系，它们左端点横坐标相同，则 ()



- A. P_1 的平均密度比 P_2 的大
- B. P_1 的第一宇宙速度比 P_2 的小
- C. s_1 的向心加速度比 s_2 的大
- D. s_1 的公转周期比 s_2 的大

【考点】 4F：万有引力定律及其应用。

【专题】 528：万有引力定律的应用专题。

【分析】 根据牛顿第二定律得出行星对周围空间各处物体的引力产生的加速度 a 的表达式，结合 a 与 r^2 的反比关系函数图象得出 P_1 、 P_2 的质量和半径关系，根据密度和第一宇宙速度的表达式分析求解；

根据根据万有引力提供向心力得出周期表达式求解。

【解答】解：A、根据牛顿第二定律，行星对周围空间各处物体的引力产生的加速度为：

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

两曲线左端点横坐标相同，所以 P_1 、 P_2 的半径相等，结合 a 与 r^2 的反比关系函数图象得出 P_1 的质量大于 P_2 的质量，根据 $\rho = \frac{M}{\frac{4\pi R^3}{3}}$ ，所以 P_1 的平均密度比 P_2 的大，故 A 正确；

B、第一宇宙速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ，所以 P_1 的“第一宇宙速度”比 P_2 的大，故 B 错误；

C、 s_1 、 s_2 的轨道半径相等，根据 $a = \frac{GM}{r^2}$ ，所以 s_1 的向心加速度比 s_2 的大，故 C 正确；

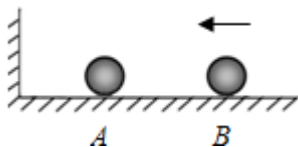
D、根据根据万有引力提供向心力得出周期表达式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$ ，所以 s_1 的公转周期比 s_2 的小，故 D 错误；

故选：AC。

【点评】解决本题的关键掌握万有引力提供向心力这一理论，知道线速度、角速度、周期、加速度与轨道半径的关系，并会用这些关系式进行正确的分析和计算。该题还要求要有一定的读图能力和数学分析能力，会从图中读出一些信息。就像该题，能知道两个行星的半径是相等的。

三、实验填空题（共 3 小题，每小题 4 分，满分 18 分）

- 9.（4 分）如图所示，在光滑水平面的左侧固定一竖直挡板，A 球在水平面上静止放置，B 球向左运动与 A 球发生正碰，B 球碰撞前、后的速率之比为 3：1，A 球垂直撞向挡板，碰后原速率返回，两球刚好不发生第二次碰撞，A、B 两球的质量之比为 4：1，A、B 碰撞前、后两球总动能之比为 9：5。



【考点】53：动量守恒定律.

【专题】52F：动量定理应用专题.

【分析】设开始时 B 的速度为 v_0 ，由题得出 B 与 A 碰撞后 A 与 B 的速度关系，然后由

动量守恒定律即可求出质量关系，由动能的定义式即可求出动能关系。

【解答】解：设开始时 B 的速度为 v_0 ，B 球碰撞前、后的速率之比为 3: 1，A 与挡板碰撞后原速率返回，两球刚好不发生第二次碰撞，所以碰撞后 A 与 B 的速度方向相反，大小相等，A 的速度是 $\frac{1}{3}v_0$ ，B 的速度是 $-\frac{1}{3}v_0$ ，选取向左为正方向，由动量守恒定律得：

$$m_B v_0 = m_A \cdot \frac{1}{3} v_0 - m_B \cdot \frac{1}{3} v_0$$

$$\text{整理得：} \frac{m_A}{m_B} = \frac{4}{1}$$

$$\text{碰撞前的动能：} E_1 = \frac{1}{2} m_B v_0^2$$

$$\text{碰撞后的动能：} E_2 = \frac{1}{2} m_A \cdot \left(\frac{1}{3} v_0\right)^2 + \frac{1}{2} m_B \left(-\frac{1}{3} v_0\right)^2 = \frac{5}{18} m_B v_0^2$$

$$\text{所以：} \frac{E_1}{E_2} = \frac{9}{5}$$

故答案为：4: 1, 9: 5

【点评】该题考查水平方向的动量守恒定律，从题目给出的条件中判断出碰撞后 A 与 B 的速度方向相反，大小相等是解答的关键。

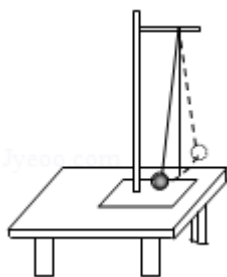
10. (4分) 某同学利用单摆测量重力加速度。

①为了使测量误差尽量小，下列说法正确的是 BC。

- A. 组装单摆须选用密度和直径都较小的摆球
- B. 组装单摆须选用轻且不易伸长的细线
- C. 实验时须使摆球在同一竖直面内摆动
- D. 摆长一定的情况下，摆的振幅尽量大

②如图所示，在物理支架的竖立柱上固定有摆长约 1m 的单摆。实验时，由于仅有量程为 20cm、精度为 1mm 的钢板刻度尺，于是他先使摆球自然下垂，在竖立柱上与摆球最下端处于同一水平面的位置做一标记点，测出单摆的周期 T_1 ；然后保持悬点位置不变，设法将摆长缩短一些，再次使摆球自然下垂，用同样方法在竖立柱上做另一标记点，并测出单摆的周期 T_2 ；最后用钢板刻度尺量出竖立柱上两标记点之间的距离 Δ

L. 用上述测量结果，写出重力加速度的表达式 $g = \frac{4\pi^2 \Delta L}{T_1^2 - T_2^2}$ 。



【考点】MF：用单摆测定重力加速度。

【专题】13：实验题。

【分析】①为减小实验误差应选择密度大而体积小的球作为摆球，选用轻质细线做摆线，当单摆摆角小于 5° 时单摆的运动是简谐运动，根据实验注意事项分析答题；

②应用单摆周期公式求出重力加速度的表达式。

【解答】解：①A、为减小空气阻力对实验的影响，减小实验误差，组装单摆须选用密度大而直径都较小的摆球，故 A 错误；

B、为减小实验误差，组装单摆须选用轻且不易伸长的细线，故 B 正确；

C、实验时须使摆球在同一竖直面内摆动，不能使单摆成为圆锥摆，故 C 正确；

D、单摆摆角最大摆角应小于 5° ，摆长一定的情况下，摆的振幅尽量小些，故 D 错误；
故选 BC。

②由单摆周期公式，根据题意看得： $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ， $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{L-\Delta L}{g}}$ ，解得： $g = \frac{4\pi^2 \Delta L}{T_1^2 - T_2^2}$ ；

故答案为：①BC；② $\frac{4\pi^2 \Delta L}{T_1^2 - T_2^2}$ 。

【点评】本题考查了实验注意事项、求重力加速度，知道实验原理与实验注意事项、应用单摆周期公式即可正确解题，本题是一道基础题，要注意基础知识的学习与掌握。

11. (10 分) 用电流表和电压表测定由三节干电池串联组成的电池组（电动势约 4.5V，内电阻约 1Ω ）的电动势和内电阻，除待测电池组、电键、导线外，还有下列器材供选用：

A. 电流表：量程 0.6A，内电阻约 1Ω

B. 电流表：量程 3A，内电阻约 0.2Ω

C. 电压表：量程 3V，内电阻约 $30k\Omega$

D. 电压表：量程 6V，内电阻约 $60k\Omega$

E. 滑动变阻器：0~1000Ω，额定电流 0.5A

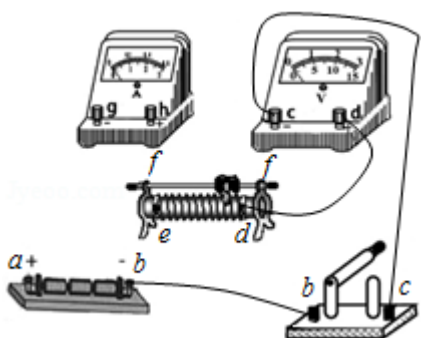
F. 滑动变阻器：0~20Ω，额定电流 2A

①为了使测量结果尽量准确，电流表应选用 A，电压表应选用 D，滑动变阻器应选用 F（均填仪器的字母代号）。

②如图为正确选择仪器后，连好的部分电路，为了使测量误差尽可能小，还需在电路中将 a 和 d 相连、c 和 g 相连、f 和 h 相连（均填仪器上接线柱的字母代号）。

③实验时发现电流表坏了，于是不再使用电流表，剩余仪器中仅用电阻箱替换掉滑动变阻器，重新连接电路，仍能完成实验。实验中读出几组电阻箱的阻值 R 和对应电压表的示数 U 。用图象法处理采集到的数据，为在直角坐标系中得到的函数图象是一条直线，

则可以 $\frac{1}{U}$ 为纵坐标，以 $\frac{1}{R}$ 为横坐标。



【考点】 N3：测定电源的电动势和内阻。

【专题】 13：实验题。

【分析】 1、根据电路电流选择电流表，根据电源电动势选择电压表，为方便实验操作，应选最大阻值较小的滑动变阻器。

2、根据伏安法测电源电动势与内阻的原理作出实验图。

3、根据闭合电路欧姆定律得出对应的表达式，让图象为直线，便于我们处理。

【解答】 解：①实验中电流较小，若选用 3A 量程测量误差较大；故为了准确测量，电流表应选 A，电源电动势约为 $1.5 \times 3 = 4.5\text{V}$ ，电压表应选 D，

电阻值太大，调节不方便，为方便实验操作，滑动变阻器应选 F；

②测量电源电动势和内阻的时候，由于电源的内阻是很小的，为了减小内阻的测量误差，我们选用的是电流表的相对电源的外接法，故应将 ad、cg 以及 fh 相连组成电路；

③由于电流表坏，故只能利用电压表和电阻箱进行实验，由闭合电路欧姆定律可得：电

源电动势 $E=U+Ir=U+\frac{U}{R}r$, 则 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R}$, 故应作出 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R}$ 图象;

故答案为: ①ADF; ②ad, cg, fh; ③ $\frac{1}{U}$; $\frac{1}{R}$.

【点评】 本题考查了测电压表内阻、测电源电动势与内阻实验, 要掌握半偏法测电表内阻的方法; 根据电路图由欧姆定律求出图象的函数表达式是正确求出电源电动势与内阻的前提与关键

四、计算题 (共 3 小题, 满分 54 分)

12. (16 分) 某快递公司分拣邮件的水平传输装置示意图如图, 皮带在电动机的带动下保持 $v=1\text{m/s}$ 的恒定速度向右运动, 现将一质量为 $m=2\text{kg}$ 的邮件轻放在皮带上, 邮件和皮带间的动摩擦因数 $\mu=0.5$. 设皮带足够长, 取 $g=10\text{m/s}^2$, 在邮件与皮带发生相对滑动过程中, 求:

- (1) 邮件滑动的时间 t ;
- (2) 邮件对地的位移大小 x ;
- (3) 邮件与皮带间的摩擦力对皮带做的功 W .



【考点】 37: 牛顿第二定律; 65: 动能定理.

【专题】 52D: 动能定理的应用专题.

【分析】 (1) 对邮件运用动量定理, 求出邮件速度达到传送带速度所需的时间.

(2) 对邮件运用动能定理, 求出邮件相对地面的位移大小.

(3) 根据摩擦力的大小以及皮带的位移大小求出邮件与皮带间的摩擦力对皮带做的功 W .

【解答】 解: (1) 设邮件放到皮带上与皮带发生相对滑动过程中受到的滑动摩擦力为 F , 则:

$$F = \mu mg \quad \text{①}$$

$$\text{取向右为正方向, 对邮件应用动量定理得, } Ft = mv - 0, \quad \text{②}$$

由①②式并代入数据得,

$$t = 0.2\text{s} \quad \text{③}$$

(2) 邮件与皮带发生相对滑动的过程中, 对邮件应用动能定理, 有:

$$Fx = \frac{1}{2}mv^2 - 0 \quad \text{④}$$

由①④式并代入数据得， $x=0.1\text{m}$ ⑤

(3) 邮件与皮带发生相对滑动的过程中，设皮带相对地面的位移为 s ，则：

$$s=vt \quad \text{⑥}$$

摩擦力对皮带做的功 $W = -Fs$ ⑦

由①③⑥⑦式并代入数据得， $W = -2\text{J}$.

答：(1) 邮件滑动的时间 t 为 0.2s ；

(2) 邮件对地的位移大小 x 为 0.1m ；

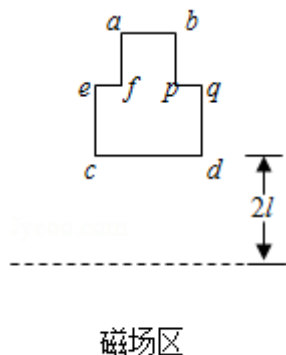
(3) 邮件与皮带间的摩擦力对皮带做的功 W 为 -2J .

【点评】 本题考查了动量定理、动能定理的基本运用，本题也可以采用动力学知识进行求解，关键需理清邮件在整个过程中的运动规律.

13. (18分) 如图所示，“凸”字形硬质金属线框质量为 m ，相邻各边相互垂直，且处于同一竖直平面内， ab 边长为 l ， cd 边长为 $2l$ ， ab 与 cd 平行，间距为 $2l$. 匀强磁场区域的上下边界均水平，磁场方向垂直于线框所在平面. 开始时， cd 边到磁场上边界的距离为 $2l$ ，线框由静止释放，从 cd 边进入磁场直到 ef 、 pq 边进入磁场前，线框做匀速运动. 在 ef 、 pq 边离开磁场后， ab 边离开磁场之前，线框又做匀速运动. 线框完全穿过磁场过程中产生的热量为 Q . 线框在下落过程中始终处于原竖直平面内，且 ab 、 cd 边保持水平，重力加速度为 g . 求：

(1) 线框 ab 边将离开磁场时做匀速运动的速度大小是 cd 边刚进入磁场时的几倍；

(2) 磁场上下边界间的距离 H .



【考点】 65：动能定理；BB：闭合电路的欧姆定律；CE：安培力的计算；D9：导体切割磁感线时的感应电动势；DD：电磁感应中的能量转化.

【专题】53C：电磁感应与电路结合。

【分析】(1) 线框匀速进入（离开）磁场，重力与安培力平衡，根据平衡条件、安培力公式、切割公式、欧姆定律列式求解即可分别求出两个速度；

(2) 由动能定理和功的计算公式，写出重力做的功 W ，然后结合功能关系即可求出磁场的宽度。

【解答】解 (1) 设线框 dc 边刚进入磁场时，线框的速度为 v_1 ，感应电动势 $E=B \cdot 2lv_1$ ①

$$\text{感应电流: } I = \frac{E}{R} \text{②}$$

$$\text{dc 边受安培力的大小: } F = BI \cdot 2l \text{③}$$

$$\text{由于做匀速运动, 则: } F = mg \text{④}$$

$$\text{由①~④式解得速度: } v_1 = \frac{mgR}{4B^2l^2} \text{⑤}$$

设线框 ab 边将离开磁场时，线框的速度为 v_2 ，同理可得：

$$v_2 = \frac{mgR}{B^2l^2} \text{⑥}$$

$$\text{所以: } v_2 = 4v_1 \text{⑦}$$

(2) 在线框从开始下落到 dc 边刚进入磁场的过程中，重力做功 $W_G = 2mgl$

$$\text{根据动能定理得: } 2mgl = \frac{1}{2}mv_1^2 \text{⑧}$$

线框完全穿过磁场的过程中，由功能关系得：

$$mg(2l + H) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 + Q \text{⑨}$$

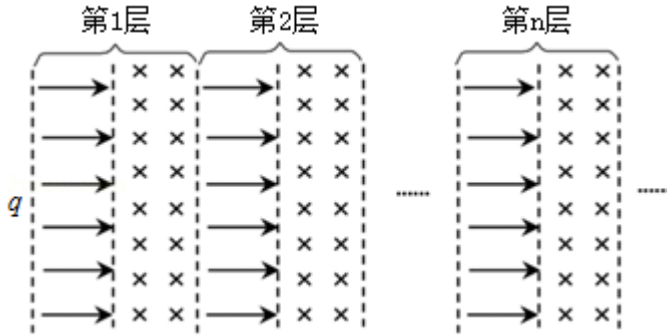
$$\text{联立⑦⑧⑨得: } H = \frac{Q}{mg} + 28l$$

答：(1) 线框 ab 边将离开磁场时做匀速运动的速度大小是 cd 边刚进入磁场时的 4 倍；

(2) 磁场上下边界间的距离是 $\frac{Q}{mg} + 28l$ 。

【点评】本题是电磁感应中的综合问题，全面考查电磁感应定律、欧姆定律以及动能定理、平衡条件等知识，分析清楚线框的运动过程、应用匀变速直线运动的速度位移公式、 $E=BLv$ 、安培力公式、平衡条件、能量守恒定律、电流定义式即可正确解题。

14. (20分) 现代科学仪器常利用电场、磁场控制带电粒子的运动，真空中存在着如图所示的多层紧密相邻的匀强电场和匀强磁场，电场与磁场的宽度均为 d ，电场强度为 E ，方向水平向右；磁感应强度为 B ，方向垂直纸面向里。电场、磁场的边界互相平行且与电场方向垂直。一个质量为 m 、电荷量为 q 的带正电粒子在第 1 层电场左侧边界某处由静止释放，粒子始终在电场、磁场中运动，不计粒子重力及运动时的电磁辐射。



- (1) 求粒子在第 2 层磁场中运动时速度 v_2 的大小与轨迹半径 r_2 ;
- (2) 粒子从第 n 层磁场右侧边界穿出时，速度的方向与水平方向的夹角为 θ_n ，试求 $\sin\theta_n$;
- (3) 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右侧边界穿出，试问在其他条件不变的情况下，也进入第 n 层磁场，但比荷较该粒子大的粒子能否穿出该层磁场右侧边界，请简要推理说明之。

【考点】 AK: 带电粒子在匀强电场中的运动; CI: 带电粒子在匀强磁场中的运动。

【专题】 537: 带电粒子在复合场中的运动专题。

【分析】 (1) 粒子在混合场中加速，由动能定理可求得进入第 2 层时的速度；再由洛仑兹力充当向心力可求得半径；

(2) 根据电场力做功可明确速度，再根据洛仑兹力充当向心力找出第 n 层中的半径关系，由数学规律可得出通项式，即可求出 $\sin\theta_n$ ；

(3) 根据题意进行假设，通过讨论明确增大比荷能否使粒子飞出右侧磁场。

【解答】 解：(1) 粒子在进入第 2 层磁场时，经过两次加速，中间穿过磁场时洛仑兹力不做功；由动能定理可得：

$$2qEd = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$\text{解得： } v_2 = 2\sqrt{\frac{qEd}{m}};$$

粒子在第 2 层磁场中受到的洛仑兹力充当向心力，有：

$$qv_2B = m\frac{v_2^2}{r_2}$$

$$\text{解得： } r_2 = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{mEd}{q}}$$

(2) 设粒子在第 n 层磁场中运动的速度为 v_n ，轨迹半径为 r_n ；

则有：

$$nqEd = \frac{1}{2}mv_n^2$$

$$qv_nB = m\frac{v_n^2}{r_n}$$

粒子进入第 n 层磁场时，速度的方向与水平方向的夹角为 α_n ，从第 n 层磁场右侧边界穿出时速度方向与水平方向的夹角为 θ_n ，粒子在电场中运动时，垂直于电场线方向的速度分量不变，有：

$$v_{n-1}\sin\theta_{n-1} = v_n\sin\alpha_n$$

如图所示：

$$r_n\sin\theta_n - r_n\sin\alpha_n = d;$$

由以上三式可得：

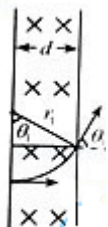
$$r_n\sin\theta_n - r_{n-1}\sin\theta_{n-1} = d;$$

则可知， $r_1\sin\theta_1$ 、 $r_2\sin\theta_2$ 、 $r_3\sin\theta_3$ 、 \dots 、 $r_n\sin\theta_n$ 为一组等差数列，公差为 d ，可得：

$$r_n\sin\theta_n = r_1\sin\theta_1 + (n-1)d;$$

当 $n=1$ 时，由图 2 可知：

$$r_1\sin\theta_1 = d$$



则可得：

$$\sin\theta_n = B\sqrt{\frac{nqd}{2mE}}$$

(3) 若粒子恰好不能从第 n 层磁场右侧边界穿出，则有：

$$\theta_n = \frac{\pi}{2}$$

$$\sin\theta_n = 1;$$

在其他条件不变的情况下，换用比荷更大的粒子，设其比荷为 $\frac{q'}{m'}$ ，假设能穿出第 n 层磁

场右侧边界，粒子穿出时速度方向与水平方向的夹角为 θ_n' 。由于 $\frac{q'}{m'} > \frac{q}{m}$ ，则导致

$$\sin\theta_n' > 1$$

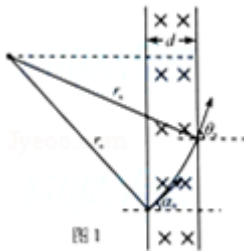
说明 θ_n' 不存在，即假设不成立，所以比荷较该粒子大的粒子不能穿出该层磁场右侧边界。

答：(1) 粒子在第 2 层磁场中运动时速度 v_2 的大小为 $2\sqrt{\frac{qEd}{m}}$ ；轨迹半径 r_2 为 $\frac{2}{B}\sqrt{\frac{mEd}{q}}$

(2) 粒子从第 n 层磁场右侧边界穿出时，速度的方向与水平方向的夹角为 θ_n ， $\sin\theta_n$ 为

$$B\sqrt{\frac{nqd}{2mE}}$$

(3) 比荷较大的粒子不能飞出右侧边界。



【点评】 本题考查带电粒子在磁场中的运动，属于高考的压轴题，要求学生能正确分析物理过程，并能灵活应用物理学中相应的规律；同时还要注意掌握数学知识在物理学中的应用；该类问题的难度较大，对学生综合能力要求极高。