

2010年全国统一高考物理试卷（全国卷II）

参考答案与试题解析

一、选择题（共8小题，每小题6分，满分48分）

1. （6分）原子核 ${}_Z^AX$ 与氘核 ${}_1^2H$ 反应生成一个 α 粒子和一个质子。由此可知（
）

- A. $A=2, Z=1$ B. $A=2, Z=2$ C. $A=3, Z=3$ D. $A=3, Z=2$

【考点】JL：轻核的聚变.

【专题】11：计算题.

【分析】解本题的关键是学会书写核反应方程，在核反应过程中，电荷数和质量数是守恒的，根据这两个守恒从而确定A和Z的数值.

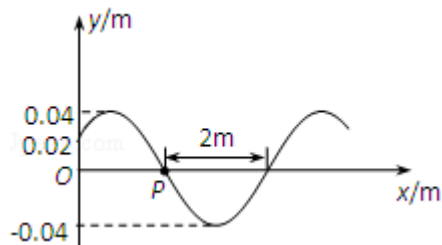
【解答】解：写出该反应的方程有： ${}_Z^AX+{}_1^2H\rightarrow{}_2^4He+{}_1^1H$

应用质量数与电荷数的守恒得： $A+2=4+1$ ， $Z+1=2+1$ ，解得 $A=3$ ， $Z=2$ ，故ABC错误，D正确。

故选：D。

【点评】主要考查根据原子核的聚变反应方程，应用质量数与电荷数的守恒分析解决。

2. （6分）一简谐横波以 $4m/s$ 的波速沿x轴正方向传播。已知 $t=0$ 时的波形如图所示，则（
）



- A. 波的周期为1s
B. $x=0$ 处的质点在 $t=0$ 时向y轴负向运动
C. $x=0$ 处的质点在 $t=\frac{1}{4}s$ 时速度为0

D. $x=0$ 处的质点在 $t=\frac{1}{4}$ s时速度值最大

【考点】F4: 横波的图象; F5: 波长、频率和波速的关系.

【分析】由波动图象读出波长, 由波速公式求出周期. 由波的传播方向判断出 $x=0$ 处的质点的方向, 并分析速度大小.

【解答】解: A、由波的图象可知半个波长是2m, 波长 $\lambda=4$ m, 周期是

$$T = \frac{\lambda}{v} = \frac{4}{4} = 1\text{s}, \text{ 故A正确.}$$

B、波在沿 x 轴正方向传播, 则 $x=0$ 的质点在沿 y 轴的负方向运动, 故B正确.

C、D, $x=0$ 的质点的位移是振幅的一半, 则要运动到平衡位置的时间是

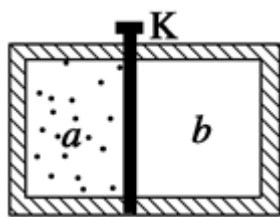
$$\frac{1}{3} \times \frac{T}{4} = \frac{1}{12}\text{s}, \text{ 则 } t = \frac{1}{4}\text{s} \text{ 时刻, } x=0 \text{ 的质点越过了平衡位置, 速度不是最大, 故}$$

C、D错误.

故选: AB.

【点评】本题属于波的图象的识图和对质点振动的判断问题.

3. (6分) 如图, 一绝热容器被隔板K
隔开a、b两部分. 已知a内有一定量的稀薄气体, b内为真空. 抽开隔板K后, a内气体进入b, 最终达到平衡状态. 在此过程中 ()



- A. 气体对外界做功, 内能减少 B. 气体不做功, 内能不变
C. 气体压强变小, 温度降低 D. 气体压强变小, 温度不变

【考点】8F: 热力学第一定律.

【专题】11: 计算题.

【分析】绝热过程, 自由扩散, 体积变大, 故内能不变, 由理想气体状态方程可以直接求解.

【解答】解：A、绝热容器内的稀薄气体与外界没有热传递， $Q=0$ ，因而A错误；

B、稀薄气体向真空扩散没有做功， $W=0$ ，因而B正确；

C、根据热力学第一定律稀薄气体的内能不变，则温度不变，因而C错误；

D、稀薄气体扩散体积增大，压强必然减小，D正确；

故选：BD。

【点评】本题主要考查热力学第一定律的应用及运用理想气体状态方程对气体的温度、压强和体积的判断。

4. (6分) 在雷雨云下沿竖直方向的电场强度为 10^4V/m ，已知一半径为 1mm 的雨滴在此电场中不会下落，取重力加速度大小为 10m/s^2 ，水的密度为 10^3kg/m^3 。这雨滴携带的电荷量的最小值约为 ()

- A. $2 \times 10^{-9}\text{C}$ B. $4 \times 10^{-9}\text{C}$ C. $6 \times 10^{-9}\text{C}$ D. $8 \times 10^{-9}\text{C}$

【考点】3C：共点力的平衡；A6：电场强度与电场力。

【分析】带电雨滴只受重力和电场力，要使雨滴不下落，电场力最小要等于重力，由二力平衡条件可以求出电荷量。

【解答】解：带电雨滴在电场力和重力作用下保持静止，根据平衡条件电场力和重力必然等大反向

$$mg=Eq$$

其中： $m=\rho V$

$$V=\frac{4}{3}\pi r^3$$

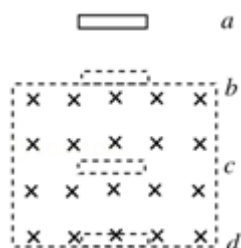
解得

$$q=\frac{mg}{E}=\frac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3 g}{E}=\frac{10^3 \times \frac{4}{3} \times 3.14 \times 10^{-9} \times 10}{10^4}\text{C} \approx 4 \times 10^{-9}\text{C}$$

故选：B。

【点评】本题关键在于电场力和重力平衡，要求熟悉电场力公式和二力平衡条件！

5. (6分) 如图, 空间某区域中有一匀强磁场, 磁感应强度方向水平, 且垂直于纸面向里, 磁场上边界**b**和下边界**d**水平. 在竖直面内有一矩形金属线圈, 线圈上下边的距离很短, 下边水平. 线圈从水平面**a**开始下落. 已知磁场上下边界之间的距离大于水平面**a**、**b**之间的距离. 若线圈下边刚通过水平面**b**、**c** (位于磁场中) 和**d**时, 线圈所受到的磁场力的大小分别为 F_b 、 F_c 和 F_d , 则 ()



- A. $F_d > F_c > F_b$ B. $F_c < F_d < F_b$ C. $F_c > F_b > F_d$ D. $F_c < F_b < F_d$

【考点】CC: 安培力.

【分析】对线圈的运动过程进行分析.

通过边框切割磁感线产生的感应电动势大小去判断感应电流的大小.

通过安培力的大小与哪些因素有关去解决问题.

【解答】解: 线圈从**a**到**b**做自由落体运动, 在**b**点开始进入磁场切割磁感线所以受到安培力 F_b , 由于线圈的上下边的距离很短, 所以经历很短的变速运动而进入磁场, 以后线圈中磁通量不变不产生感应电流, 在**c**处不受安培力, 但线圈在重力作用下依然加速, 因此从**d**处切割磁感线所受安培力必然大于**b**处。

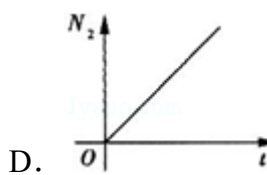
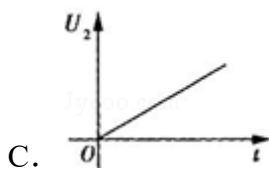
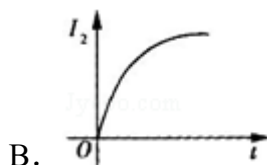
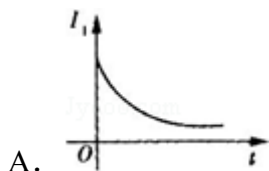
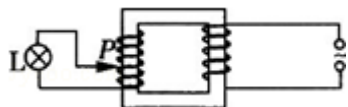
故选: D。

【点评】线圈切割磁感线的竖直运动, 应用法拉第电磁感应定律求解.

注意线圈全部进入磁场后, 就不受安培力, 因此线圈会做加速运动.

6. (6分) 图中为一理想变压器, 其原线圈与一电压有效值不变的交流电源相连: **P**为滑动头. 现令**P**从均匀密绕的副线圈最底端开始, 沿副线圈匀速上滑, 直至白炽灯**L**两端的电压等于其额定电压为止. 用 I_1 表示流过原线圈的电流, I_2 表示流过灯泡的电流, U_2 表示灯泡两端的电压, N_2 表示灯泡消耗的电功

率（这里的电流、电压均指有效值；电功率指平均值）。下列4个图中，能够正确反映相应物理量的变化趋势的是（ ）



【考点】E8：变压器的构造和原理；N5：描绘小电珠的伏安特性曲线。

【专题】16：压轴题；53A：交流电专题。

【分析】根据电压与匝数成正比，电流与匝数成反比，变压器的输入功率和输出功率相等，逐项分析即可得出结论。

【解答】解：副线圈是均匀密绕的且滑动头匀速上滑，说明副线圈的匝数在均匀增大，由变压器的变压比 $\frac{U_2}{U} = \frac{n_2}{n_1}$ 得 $U_2 = \frac{U}{n_1} k t$ 均匀增大（k为单位时间增加的匝数），所以C正确。

灯泡两端的电压由零增大时其电阻增大，描绘的伏安特性曲线为B，所以B正确。

灯泡的功率先增大的快（电阻小）后增大的慢（电阻大），所以D错误。

原线圈功率等于灯泡功率是增大的，所以原线圈电流一定增大，所以A错误。

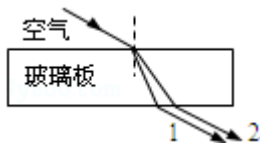
故选：BC。

【点评】掌握住理想变压器的电压、电流及功率之间的关系，本题即可得到解决。

7. （6分）频率不同的两束单色光1和2

以相同的入射角从同一点射入一厚玻璃板后，其光路如图所示，下列说法正

确的是 ()



- A. 单色光1的波长小于单色光2的波长
- B. 在玻璃中单色光1的传播速度大于单色光2的传播速度
- C. 单色光1通过玻璃板所需的时间小于单色光2通过玻璃板所需的时间
- D. 单色光1从玻璃到空气的全反射临界角小于单色光2从玻璃到空气的全反射临界角

【考点】F5: 波长、频率和波速的关系; H3: 光的折射定律.

【专题】11: 计算题; 16: 压轴题.

【分析】由光路图可知折射角, 由折射定律可知两光的折射率的大小关系; 则可知频率、波长、波速及临界角的大小时关系; 由传播速度可求得光的传播时间.

【解答】解: 由折射光路知, 1光线的折射率大, 频率大, 波长小, 在介质中的传播速度小, 产生全反射的临界角小, 故AD正确, B错误.

$n = \frac{\sin i}{\sin r}$, 在玻璃中传播的距离为 $l = \frac{d}{\cos r}$, 传播速度为 $v = \frac{c}{n}$, 所以光的传播时间为 $t = \frac{l}{v} = \frac{dsini}{c \sin r \cos r} = \frac{2dsini}{c \sin 2r}$, 若 $r < 45^\circ$, 则1光线的折射角小故所经历的时间长; 若 $r > 45^\circ$, 二者运行的时间将无法确定, 故C错误.

故选: AD.

【点评】本题考查折射定律及波长、频率及波速的关系, 解题时注意频率与折射率的关系.

8. (6分) 已知地球同步卫星离地面的高度约为地球半径的6倍. 若某行星的平均密度为地球平均密度的一半, 它的同步卫星距其表面的高度是其半径的2.5倍, 则该行星的自转周期约为 ()
- A. 6小时
 - B. 12小时
 - C. 24小时
 - D. 36小时

【考点】37：牛顿第二定律；4F：万有引力定律及其应用；4J：同步卫星。

【专题】11：计算题；16：压轴题。

【分析】了解同步卫星的含义，即同步卫星的周期必须与地球的自转周期相同

通过万有引力提供向心力，列出等式通过已知量确定未知量。

【解答】解：地球同步卫星的周期为 $T_1=24$ 小时，轨道半径为 $r_1=7R_1$ ，密度 ρ_1

某行星同步卫星周期为 T_2 ，轨道半径为 $r_2=3.5R_2$ ，密度 ρ_2 。

根据牛顿第二定律和万有引力定律分别有：

$$\frac{Gm_1 \times \rho \frac{4}{3}\pi R_1^3}{r_1^2} = m_1 \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 r_1$$

$$\frac{Gm_2 \times \rho \frac{4}{3}\pi R_2^3}{r_2^2} = m_2 \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 r_2$$

两式化简解得： $T_2 = \frac{T_1}{2} = 12$ 小时。

故选：B。

【点评】向心力的公式选取要根据题目提供的已知物理量或所求解的物理量选取应用。

要比较一个物理量大小，我们应该把这个物理量先表示出来，在进行比较。

二、解答题（共5小题，满分72分）

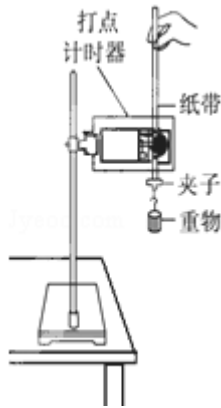
9. （5分）利用图中所示的装置可以研究自由落体运动。实验中需要调整好仪器，接通打点计时器的电源，松开纸带，使重物下落。打点计时器会在纸带上打出一系列的小点。

（1）为了测试重物下落的加速度，还需要的实验器材有 C。
（填入正确选项前的字母）

A. 天平 B. 秒表 C. 米尺

（2）若实验中所得到的重物下落的加速度值小于当地的重物加速度值，而实验操作与数据处理均无错误，写出一个你认为可能引起此误差的原因：

打点计时器与纸带间存在摩擦



【考点】 M2：打点计时器系列实验中纸带的处理；M5：测定匀变速直线运动的加速度。

【专题】 13：实验题。

【分析】 解决实验问题首先要掌握该实验原理，了解实验的仪器、操作步骤和数据处理以及注意事项。

【解答】 解：（1）根据运动学公式得： $\Delta x = at^2$ ， $a = \frac{\Delta x}{t^2}$ ，

为了测试重物下落的加速度，还需要的实验器材有：米尺，用来测量计数点之间的距离。

该实验中不需要天平，通过打点计时器打点的时间间隔可以计算出计数点之间的时间间隔，所以也不需要秒表。

故选C。

（2）若实验中所得到的重物下落的加速度值小于当地的重物加速度值，说明重物下落过程中除了受重力，还受到了打点计时器对纸带的摩擦力。

故答案为：（1）C，（2）打点计时器与纸带间存在摩擦。

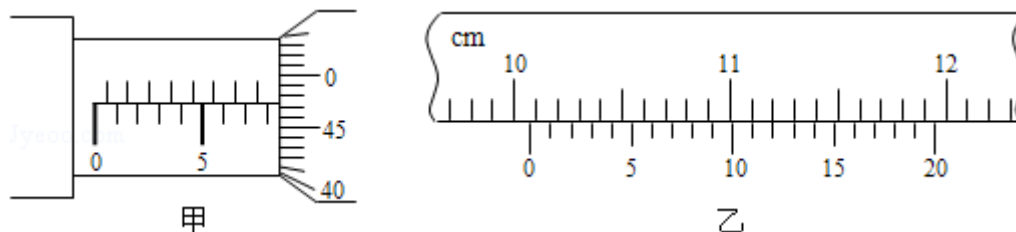
【点评】 清楚实验中需要测量的物理量，从中知道需要的仪器和多余的仪器。知道实验原理，清楚实际情况下存在的误差。

10. （13分）（1）为了探究平抛运动的规律，某同学采用图示的装置进行实验，他用小锤打击弹性金属片，金属片把A球沿水平方向弹出，同时B球松开，自由下落

，由此实验结果可以得出的结论是 平抛运动竖直方向的分运动为自由落体
若增大打击金属片的力度，上述结论将 仍然（填“不”或“仍然”）成立。

(2) . 用螺旋测微器（千分尺）测小球直径时，示数如图甲所示，这时读出的数值是 8.472

mm；用游标卡尺（卡尺的游标有20等分）测量一支铅笔的长度，测量结果如图乙所示，由此可知铅笔的长度是 10.060 cm.

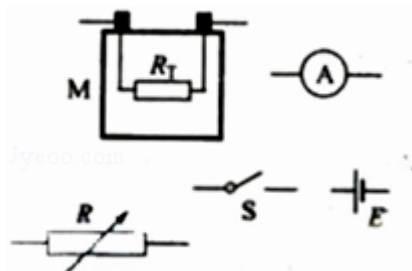


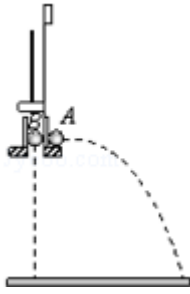
(3) 一热敏电阻 R_T 放在控温容器M内：A为毫安表，量程6mA，内阻为数十欧姆；E为直流电源，电动势约为3V，内阻很小；R为电阻箱，最大阻值为999.9 Ω ；S为开关. 已知 R_T 在95 $^{\circ}\text{C}$ 时阻值为150 Ω ，在20 $^{\circ}\text{C}$ 时的阻值约为550 Ω .
现要求在降温过程中测量在95 $^{\circ}\text{C}$ ~20 $^{\circ}\text{C}$ 之间的多个温度下 R_T 的阻值.

(a) 在图中画出连线，完成实验原理电路图

(b) 完成下列实验步骤中的填空

- ①依照实验原理电路图连线
- ②调节控温容器M内的温度，使得 R_T 温度为95 $^{\circ}\text{C}$
- ③将电阻箱调到适当的初值，以保证仪器安全
- ④闭合开关. 调节电阻箱，记录电流表的示数 I_0 ，并记录 电阻箱电阻 R_0 .
- ⑤将 R_T 的温度降为 T_1 （20 $^{\circ}\text{C}$ < T_1 <95 $^{\circ}\text{C}$ ）；调节电阻箱，使得电流表的读数 I_0 ，记录 电阻箱电阻 R_1 .
- ⑥温度为 T_1 时热敏电阻的电阻值 $R_{T1} = \underline{R_0 + 150 - R_1}$.
- ⑦逐步降低 T_1 的数值，直至20 $^{\circ}\text{C}$ 为止；在每一温度下重复步骤⑤⑥





【考点】 MB：研究平抛物体的运动； N6：伏安法测电阻.

【专题】 13：实验题.

【分析】 (1) 平抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动与竖直方向的自由落体运动.

(2) 螺旋测微器固定刻度与可动刻度所示之和是螺旋测微器的示数，游标卡尺主尺与游标尺的示数之和是游标卡尺的示数.

(3) 各电路元件组成串联电路；实验时保持电流表示数不变，改变电阻箱接入电路的阻值并记录电阻箱阻值；由闭合电路欧姆定律列方程可以求出热敏电阻阻值.

【解答】 解：(1) 用小锤打击弹性金属片，金属片把A球沿水平方向弹出，同时B球松开，自由下落，可以观察到两小球同时落地，该实验表明：小球A在竖直方向上的运动规律与小球B的运动规律相同，由此可知：平抛运动竖直方向的分运动为自由落体；增大打击金属片的力度，小球A的水平初速度变大，并不影响两小球在竖直方向上的运动，上述实验结论仍然成立.

(2) 由图甲所示螺旋测微器可知，其固定刻度示数为8mm，可动刻度示数为 $47.2 \times 0.01\text{mm} = 0.472\text{mm}$ ，螺旋测微器示数为 $8\text{mm} + 0.472\text{mm} = 8.472\text{mm}$ ；由图乙所示游标卡尺可知，主尺示数为10cm，游标尺示数为 $12 \times 0.05\text{mm} = 0.60\text{mm} = 0.060\text{cm}$ ，游标卡尺所示为 $10\text{cm} + 0.060\text{cm} = 10.060\text{cm}$.

(3) (a) 把电源、电流表、热敏电阻、电阻箱、开关串联接入电路，实物电路图如图所示.

(b) ④闭合开关. 调节电阻箱，记录电流表的示数 I_0 ，并记录电阻箱电阻 R_0 .
⑤将 R_T 的温度降为 T_1 ($20^\circ\text{C} < T_1 < 95^\circ\text{C}$)；调节电阻箱，使得电流表的读数 I_0 ，记录电阻箱电阻 R_1 .

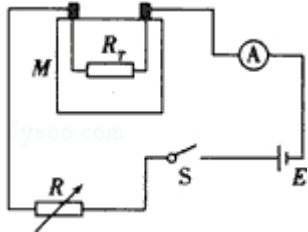
⑥由闭合电路欧姆定律可得：温度为 95°C 时： $E = I_0 (r + R_A + R_T + R_0)$ ，即 $E = I_0 (r +$

$$R_A + 150\Omega + R_0) \text{ ①},$$

当 R_T 的温度降为 T_1 时, $E = I_0 (r + R_A + R_{T1} + R_1) \text{ ②}$, 由①②解得 $R_{T1} = R_0 + 150 - R_1$.

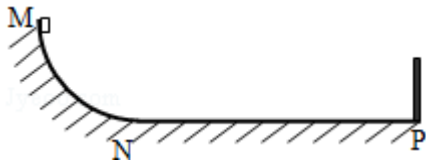
故答案为: (1) 平抛运动竖直方向的分运动为自由落体; 仍然成立;

(2) 8.472; 10.060; (3) (a) 电路图如图所示; (b) ④电阻箱电阻 R_0 ; ⑤ I_0 ; 电阻箱电阻 R_1 ; ⑥ $R_0 + 150 - R_1$.



【点评】 本题考查了螺旋测微器与游标卡尺的读数, 要掌握它们的使用及读数方法, 螺旋测微器需要估读, 游标卡尺不需要估读.

11. (15分) 如图, MNP为竖直面内一固定轨道, 其圆弧段MN与水平段NP相切于N、P端固定一竖直挡板. M相对于N的高度为 h , NP长度为 s . 一木块自M端从静止开始沿轨道下滑, 与挡板发生一次完全弹性碰撞后停止在水平轨道上某处. 若在MN段的摩擦可忽略不计, 物块与NP段轨道间的滑动摩擦因数为 μ , 求物块停止的地方与N点距离的可能值.



【考点】 62: 功的计算; 6B: 功能关系.

【分析】 对物体运动过程进行分析, 选择某一过程利用功能关系进行研究, 能列出等式求未知量.

【解答】 解: 根据功能原理, 在物块从开始下滑到停止在水平轨道上的过程中, 物块的重力势能的减少 ΔE_p 与物块克服摩擦力所做功的数值相等. $\Delta E_p = W$ - - - - - ①

设物块的质量为 m , 在水平轨道上滑行的总路程为 s' , 则 $\Delta E_p = mgh$ - - - - -

$$\text{②}, W = \mu mgs' \text{ - - - - - ③}$$

连立①②③化简得 $s' = \frac{h}{\mu}$

第一种可能是：物块与弹性挡板碰撞后，在到达N前停止，则物块停止的位置

$$\text{距N的距离为 } d = 2s - s' = 2s - \frac{h}{\mu} \quad \text{--- ⑤}$$

第二种可能是：物块与弹性挡板碰撞后，可再一次滑上光滑圆弧轨道，滑下后

$$\text{在水平轨道上停止，则物块停止的位置距N的距离为 } d = s' - 2s = \frac{h}{\mu} - 2s$$

答：物块停止的位置距N的距离可能为 $2s - \frac{h}{\mu}$ 或 $\frac{h}{\mu} - 2s$.

【点评】 根据题意要能考虑到物体运动可能经历的过程，利用功能关系得出水平轨道上滑行的总路程.

12. (18分) 小球A和B的质量分别为 m_A 和 m_B ，且 $m_A > m_B$. 在某高度处将A和B先后从静止释放. 小球A与水平地面碰撞后向上弹回，在释放处的下方与释放处距离为H的地方恰好与正在下落的小球B发生正碰. 设所有碰撞都是弹性的，碰撞时间极短. 求小球A、B碰撞后B上升的最大高度.

【考点】 53: 动量守恒定律; 6C: 机械能守恒定律.

【专题】 16: 压轴题.

【分析】 由于AB是从同一高度释放的，并且碰撞过程中没有能量的损失，根据机械能守恒可以求得碰撞时的速度的大小，再根据A、B碰撞过程中动量守恒，可以求得碰后的速度大小，进而求可以得A、B碰撞后B上升的最大高度.

【解答】 解：小球A与地面的碰撞是弹性的，而且AB都是从同一高度释放的，所以AB碰撞前的速度大小相等设为 v_0 ,

$$\text{根据机械能守恒有 } m_A gH = \frac{1}{2} m_A v_0^2$$

$$\text{化简得 } v_0 = \sqrt{2gH} \quad \text{①}$$

设A、B碰撞后的速度分别为 v_A 和 v_B ，以竖直向上为速度的正方向，

根据A、B组成的系统动量守恒和动能守恒得

$$m_A v_0 - m_B v_0 = m_A v_A + m_B v_B \quad \text{②}$$

$$\frac{1}{2}m_A v_0^2 + \frac{1}{2}m_B v_0^2 = \frac{1}{2}m_A v_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2 \quad \text{③}$$

联立②③化简得 $v_B = \frac{3m_A - m_B}{m_A + m_B} v_0$ ④

设小球B能够上升的最大高度为h,

由运动学公式得 $h = \frac{v_B^2}{2g_0}$ ⑤

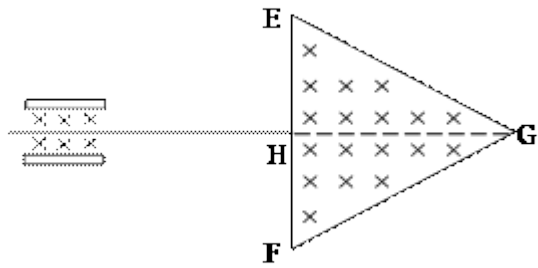
联立①④⑤化简得 $h = \left(\frac{3m_A - m_B}{m_A + m_B}\right)^2 H$ ⑥

答: B上升的最大高度是 $\left(\frac{3m_A - m_B}{m_A + m_B}\right)^2 H$.

【点评】 本题考查的是机械能守恒的应用, 同时在碰撞的过程中物体的动量守恒, 在利用机械能守恒和动量守恒的时候一定要注意各自的使用条件, 将二者结合起来应用即可求得本题.

13. (21分) 图中左边有一对平行金属板, 两板相距为d, 电压为U; 两板之间有匀强磁场, 磁感应强度大小为 B_0 , 方向平行于板面并垂直于纸面朝里。图中右边有一边长为a的正三角形区域EFG (EF边与金属板垂直), 在此区域内及其边界上也有匀强磁场, 磁感应强度大小为B, 方向垂直于纸面朝里。假设一系列电荷量为q的正离子沿平行于金属板面、垂直于磁场的方向射入金属板之间, 沿同一方向射出金属板之间的区域, 并经EF边中点H射入磁场区域。不计重力。

- (1) 已知这些离子中的离子甲到达磁场边界EG后, 从边界EF穿出磁场, 求离子甲的质量。
- (2) 已知这些离子中的离子乙从EG边上的I点 (图中未画出) 穿出磁场, 且GI长为 $\frac{3}{4}a$. 求离子乙的质量。
- (3) 若这些离子中的最轻离子的质量等于离子甲质量的一半, 而离子乙的质量是最大的, 问磁场边界上什么区域内可能有离子到达。



【考点】CI：带电粒子在匀强磁场中的运动；CM：带电粒子在混合场中的运动

【专题】16：压轴题.

【分析】（1）粒子做匀速直线运动，粒子处于受力平衡状态，所以电场力和磁场力大小相等，进入磁场后粒子做匀速圆周运动；

（2）由于I点将EG边按1比3等分，根据三角形的性质说明此轨迹的弦与EG垂直，由此可以分析求得离子乙的质量；

（3）根据半径公式 $R = \frac{mv}{Bq}$ 离子的轨迹半径与离子质量成正比，所以质量在甲和最轻离子之间的所有离子都垂直边界EF穿出磁场，甲最远离H的距离。

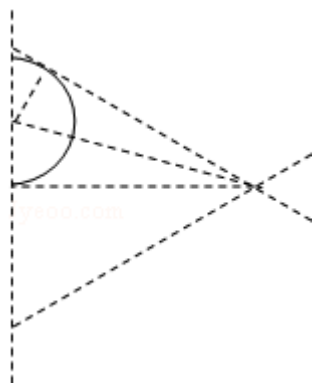
【解答】解：（1）粒子进入正交的电磁场做匀速直线运动，设粒子的速度为 v ，电场的场强为 E_0 ，

根据平衡条件得 $E_0q = B_0qv$ ①

$$E_0 = \frac{U}{d} \text{ ②}$$

$$\text{由①②化简得 } v = \frac{U}{B_0 d} \text{ ③}$$

粒子甲垂直边界EF进入磁场，又垂直边界EF穿出磁场，则轨迹圆心在EF上。粒子运动中经过EG，说明圆轨迹与EG相切，



在如图的三角形中半径为 $R = a \cos 30^\circ \tan 15^\circ$ ④

$$\tan 15^\circ = \frac{1 - \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = 2 - \sqrt{3} \text{ ⑤}$$

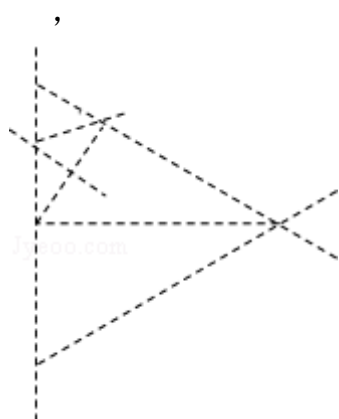
$$\text{连立④⑤化简得 } R = \left(\sqrt{3} - \frac{3}{2}\right)a \text{ ⑥}$$

在磁场中粒子所需向心力由洛伦兹力提供，

$$\text{根据牛顿第二定律得 } Bqv = mv^2 / \left(\sqrt{3} - \frac{3}{2}\right)a \text{ ⑦}$$

$$\text{联立③⑦化简得 } m = \frac{qadB_0}{v} \left(\sqrt{3} - \frac{3}{2}\right) \text{ ⑧}$$

(2) 由于I点将EG边按1比3等分，根据三角形的性质说明此轨迹的弦与EG垂直



$$\text{在如图的三角形中，有 } R = a \cos 30^\circ \sin 30^\circ \times \frac{1}{2 \cos 30^\circ} = \frac{a}{4} \text{ ⑨}$$

$$\text{同理 } m = \frac{qadB_0}{4v} \text{ ⑩}$$

(3) 最轻离子的质量是甲的一半，根据半径公式 $R = \frac{mv}{Bq}$ 离子的轨迹半径与离子质量成正比，

所以质量在甲和最轻离子之间的所有离子都垂直边界EF穿出磁场，甲最远离H的距离为 $(2\sqrt{3}-3)a$ ，

最轻离子最近离H的距离为 $\left(\sqrt{3} - \frac{3}{2}\right)a$ ，

所以在离H的距离为 $(2\sqrt{3}-3)a$ 到 $\left(\sqrt{3} - \frac{3}{2}\right)a$ 之间的EF边界上有离子穿出磁场。

比甲质量大的离子都从EG穿出磁场，其中甲运动中经过EG上的点最近，

质量最大的乙穿出磁场的I位置是最远点，

所以在EG上穿出磁场的离子都在这两点之间。

因此EF边上的是到H点 $\frac{2\sqrt{3}-3}{2}a$ 到 $(2\sqrt{3}-3)a$ ，EG边上的是到E点 $\left(\frac{2-\sqrt{3}}{2}\right)a$ 到 $\frac{a}{4}$

的范围内。

【点评】 本题考查带电粒子在匀强磁场中的运动，要掌握住半径公式、周期公式，画出粒子的运动轨迹后，几何关系就比较明显了。