

## 2011 年全国统一高考物理试卷 (全国卷Ⅱ)

一、选择题 (本题共 8 小题. 在每小题给出的四个选项中, 有的只有一个选项正确, 有的有多个选项正确, 全部选对的得 6 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错的得 0 分. 共 48 分)

1. (6 分) 关于一定量的气体, 下列叙述正确的是 ( )
  - 气体吸收的热量可以完全转化为功
  - 气体体积增大时, 其内能一定减少
  - 气体从外界吸收热量, 其内能一定增加
  - 外界对气体做功, 气体内能可能减少
2. (6 分) 如图, 两根相互平行的长直导线分别通有方向相反的电流  $I_1$  和  $I_2$ , 且  $I_1 > I_2$ ; a、b、c、d 为导线某一横截面所在平面内的四点, 且 a、b、c 与两导线共面; b 点在两导线之间, b、d 的连线与导线所在平面垂直。磁感应强度可能为零的点是 ( )
3. (6 分) 雨后太阳光入射到水滴中发生色散而形成彩虹. 设水滴是球形的, 图中的圆代表水滴过球心的截面, 入射光线在过此截面的平面内, a、b、c、d 代表四条不同颜色的出射光线, 则它们可能依次是 ( )
4. (6 分) 通常一次闪电过程历时约  $0.2\sim0.3$ s, 它由若干个相继发生的闪击构成. 每个闪击持续时间仅  $40\sim80\mu\text{s}$ , 电荷转移主要发生在第一个闪击过程中.

在某一次闪电前云地之间的电势差约为  $1.0 \times 10^9$  V，云地间距离约为 1 km；第一个闪击过程中云地间转移的电荷量约为 6 C，闪击持续时间约为  $60 \mu\text{s}$ 。假定闪电前云地间的电场是均匀的。根据以上数据，下列判断正确的是（ ）

- A. 闪电电流的瞬时值可达到  $1 \times 10^5$  A
- B. 整个闪电过程的平均功率约为  $1 \times 10^{14}$  W
- C. 闪电前云地间的电场强度约为  $1 \times 10^6$  V/m
- D. 整个闪电过程向外释放的能量约为  $6 \times 10^6$  J

5. (6 分) 已知氢原子的基态能量为  $E_1$ ，激发态能量  $E_n = \frac{E_1}{n^2}$ ，其中  $n=2, 3, \dots$

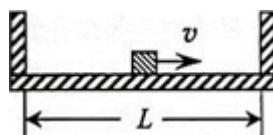
用  $h$  表示普朗克常量， $c$  表示真空中的光速。能使氢原子从第一激发态电离的光子的最大波长为（ ）

- A.  $\frac{4hc}{3E_1}$
- B.  $\frac{2hc}{E_1}$
- C.  $\frac{4hc}{E_1}$
- D.  $\frac{9hc}{E_1}$

6. (6 分) 我国“嫦娥一号”探月卫星发射后，先在“24 小时轨道”上绕地球运行（即绕地球一圈需要 24 小时）；然后，经过两次变轨依次到达“48 小时轨道”和“72 小时轨道”；最后奔向月球。如果按圆形轨道计算，并忽略卫星质量的变化，则在每次变轨完成后与变轨前相比，（ ）

- A. 卫星动能增大，引力势能减小
- B. 卫星动能增大，引力势能增大
- C. 卫星动能减小，引力势能减小
- D. 卫星动能减小，引力势能增大

7. (6 分) 质量为  $M$ 、内壁间距为  $L$  的箱子静止于光滑的水平面上，箱子中间有一质量为  $m$  的小物块，小物块与箱子底板间的动摩擦因数为  $\mu$ 。初始时小物块停在箱子正中间，如图所示。现给小物块一水平向右的初速度  $v$ ，小物块与箱壁碰撞  $N$  次后恰又回到箱子正中间，并与箱子保持相对静止。设碰撞都是弹性的，则整个过程中，系统损失的动能为（ ）



- A.  $\frac{1}{2}mv^2$
- B.  $\frac{1}{2} \frac{mM}{m+M} v^2$
- C.  $\frac{1}{2}N\mu mgL$
- D.  $N\mu mgL$

8. (6分) 一列简谐横波沿  $x$  轴传播, 波长为  $1.2\text{m}$ , 振幅为  $A$ . 当坐标为  $x=0$  处质元的位移为  $\frac{\sqrt{3}}{2}A$  且向  $y$  轴负方向运动时. 坐标为  $x=0.4\text{m}$  处质元的位移为  $\frac{\sqrt{3}}{2}A$ . 当坐标为  $x=0.2\text{m}$  处的质元位于平衡位置且向  $y$  轴正方向运动时,  $x=0.4\text{m}$  处质元的位移和运动方向分别为 ( )
- A.  $-\frac{1}{2}A$ 、沿  $y$  轴正方向      B.  $-\frac{1}{2}A$ , 沿  $y$  轴负方向  
 C.  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 、沿  $y$  轴正方向      D.  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 、沿  $y$  轴负方向

## 二、实验题(共 18 分)

9. (6分) 在“油膜法估测油酸分子的大小”实验中, 有下列实验步骤:
- ①往边长约为  $40\text{cm}$  的浅盘里倒入约  $2\text{cm}$  深的水. 待水面稳定后将适量的痱子粉均匀地撒在水面上.
- ②用注射器将事先配好的油酸酒精溶液滴一滴在水面上, 待薄膜形状稳定.
- ③将画有油膜形状的玻璃板平放在坐标纸上, 计算出油膜的面积, 根据油酸的体积和面积计算出油酸分子直径的大小.
- ④用注射器将事先配好的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中, 记下量筒内每增加一定体积时的滴数, 由此计算出一滴油酸酒精溶液的体积.
- ⑤将玻璃板放在浅盘上, 然后将油膜的形状用彩笔描绘在玻璃板上.

完成下列填空:

- (1) 上述步骤中, 正确的顺序是\_\_\_\_\_。(填写步骤前面的数字)
- (2) 将  $1\text{cm}^3$  的油酸溶于酒精, 制成  $300\text{cm}^3$  的油酸酒精溶液; 测得  $1\text{cm}^3$  的油酸酒精溶液有 50 滴. 现取一滴该油酸酒精溶液滴在水面上, 测得所形成的油膜的面积是  $0.13\text{m}^2$ . 由此估算出油酸分子的直径为\_\_\_\_\_  $\text{m}$ . (结果保留 1 位有效数字)

10. (12分) 使用多用电表测量电阻时, 多用电表内部的电路可以等效为一个直流电源(一般为电池)、一个电阻和一表头相串联, 两个表笔分别位于此串联电路的两端. 现需要测量多用电表内电池的电动势, 给定的器材有: 待测多用电表, 量程为  $60\text{mA}$  的电流表, 电阻箱, 导线若干. 实验时, 将多用电表调至  $\times 1\Omega$  挡, 调好零点; 电阻箱置于适当数值. 完成下列填空:

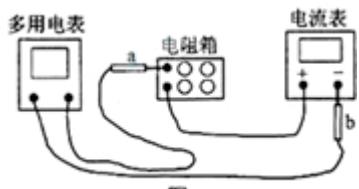


图 1

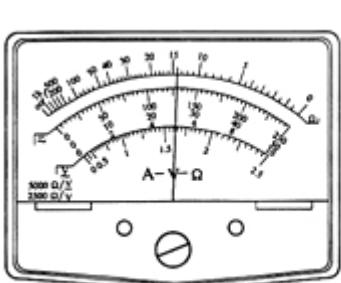


图 2 (a)

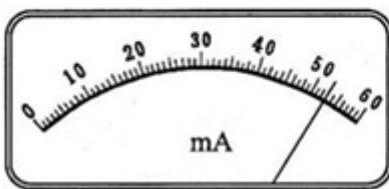


图 2 (b)

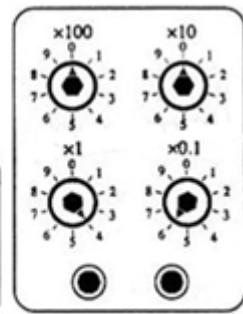


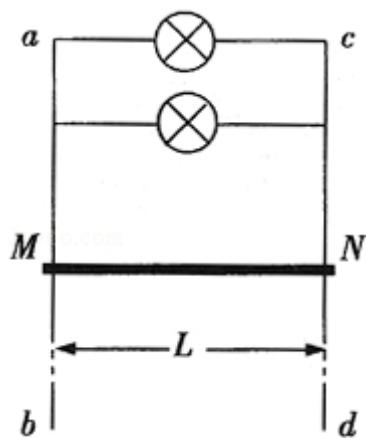
图 2 (c)

- (1) 仪器连线如图 1 所示 (a 和 b 是多用电表的两个表笔)。若两电表均正常工作, 则表笔 a 为\_\_\_\_\_ (填“红”或“黑”) 色;
- (2) 若适当调节电阻箱后, 图 1 中多用电表、电流表与电阻箱的示数分别如图 2 (a), (b), (c) 所示, 则多用电表的读数为\_\_\_\_\_  $\Omega$ . 电流表的读数为 mA, 电阻箱的读数为\_\_\_\_\_  $\Omega$ ;
- (3) 将图 1 中多用电表的两表笔短接, 此时流过多用电表的电流为\_\_\_\_\_ mA; (保留 3 位有效数字)
- (4) 计算得到多用电表内电池的电动势为\_\_\_\_\_ V. (保留 3 位有效数字)

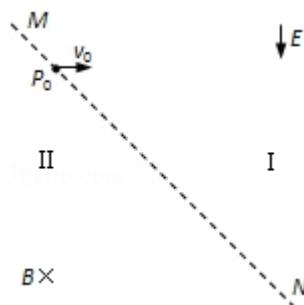
### 三、解答题

11. (15 分) 如图, 两根足够长的金属导轨 ab、cd 竖直放置, 导轨间距离为  $L_1$  电阻不计。在导轨上端并接两个额定功率均为  $P$ 、电阻均为  $R$  的小灯泡。整个系统置于匀强磁场中, 磁感应强度方向与导轨所在平面垂直。现将一质量为  $m$ 、电阻可以忽略的金属棒 MN 从图示位置由静止开始释放。金属棒下落过程中保持水平, 且与导轨接触良好。已知某时刻后两灯泡保持正常发光。重力加速度为  $g$ 。求:

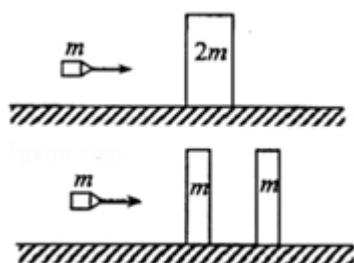
- (1) 磁感应强度的大小;
- (2) 灯泡正常发光时导体棒的运动速率。



12. (19分) 如图, 与水平面成  $45^\circ$  角的平面  $MN$  将空间分成 I 和 II 两个区域. 一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的粒子以速度  $v_0$  从平面  $MN$  上的  $P_0$  点水平右射入 I 区. 粒子在 I 区运动时, 只受到大小不变、方向竖直向下的电场作用, 电场强度大小为  $E$ ; 在 II 区运动时, 只受到匀强磁场的作用, 磁感应强度大小为  $B$ , 方向垂直于纸面向里. 求粒子首次从 II 区离开时到出发点  $P_0$  的距离. 粒子的重力可以忽略.



13. (20 分) 装甲车和战舰采用多层钢板比采用同样质量的单层钢板更能抵御穿甲弹的射击。通过对以下简化模型的计算可以粗略说明其原因。质量为  $2m$ 、厚度为  $2d$  的钢板静止在水平光滑桌面上。质量为  $m$  的子弹以某一速度垂直射向该钢板，刚好能将钢板射穿。现把钢板分成厚度均为  $d$ 、质量均为  $m$  的相同两块，间隔一段距离水平放置，如图所示。若子弹以相同的速度垂直射向第一块钢板，穿出后再射向第二块钢板，求子弹射入第二块钢板的深度。设子弹在钢板中受到的阻力为恒力，且两块钢板不会发生碰撞不计重力影响。



# 2011 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（本题共 8 小题。在每小题给出的四个选项中，有的只有一个选项正确，有的有多个选项正确，全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。共 48 分）

1. (6 分) 关于一定量的气体，下列叙述正确的是（ ）
- A. 气体吸收的热量可以完全转化为功
  - B. 气体体积增大时，其内能一定减少
  - C. 气体从外界吸收热量，其内能一定增加
  - D. 外界对气体做功，气体内能可能减少

【考点】8A：物体的内能；8F：热力学第一定律。

【专题】12：应用题；31：定性思想；43：推理法；548：热力学定理专题。

【分析】解答本题应熟练准确掌握热力学第一定律的内容，明确做功和热传递均可改变物体的内能。

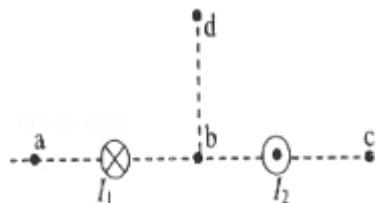
【解答】解：根据热力学第一定律，做功和热传递都可以改变内能，所以含有‘一定’的 B 和 C 错误，而 D 正确；

理想气体的等温变化是一个内能不变的过程，当体积增大对外做功时同时必须从外界吸热等大的热量，故 A 正确；

故选 A D。

【点评】本题主要考查热力学第一定律，理解做功和热传递都可以改变内能才能正确解答。

2. (6 分) 如图，两根相互平行的长直导线分别通有方向相反的电流  $I_1$  和  $I_2$ ，且  $I_1 > I_2$ ；a、b、c、d 为导线某一横截面所在平面内的四点，且 a、b、c 与两导线共面；b 点在两导线之间，b、d 的连线与导线所在平面垂直。磁感应强度可能为零的点是（ ）



A. a 点

B. b 点

C. c 点

D. d 点

**【考点】**C6: 通电直导线和通电线圈周围磁场的方向.

**【专题】**12: 应用题.

**【分析】**由安培定则可判出两导线在各点磁感线的方向, 再由矢量的合成方法可得出磁感应强度为零的点的位置。

**【解答】**解: 两电流在该点的合磁感应强度为 0, 说明两电流在该点的磁感应强度满足等大反向关系。

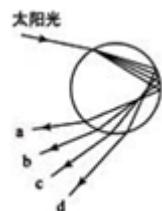
根据右手螺旋定则在两电流的同侧磁感应强度方向相反, 则为 a 或 c, 又  $I_1 > I_2$ ,

所以该点距  $I_1$  远距  $I_2$  近, 所以是 c 点;

故选: C。

**【点评】**本题考查了安培定则及矢量的合成方法, 特别应注意磁场的空间性, 注意培养空间想象能力。

3. (6 分) 雨后太阳光入射到水滴中发生色散而形成彩虹. 设水滴是球形的, 图中的圆代表水滴过球心的截面, 入射光线在过此截面的平面内, a、b、c、d 代表四条不同颜色的出射光线, 则它们可能依次是 ( )



A. 紫光、黄光、蓝光和红光

B. 紫光、蓝光、黄光和红光

C. 红光、蓝光、黄光和紫光

D. 红光、黄光、蓝光和紫光

**【考点】**H3: 光的折射定律.

**【专题】**12: 应用题.

**【分析】**根据折射图象可得出各光的偏折程度, 即可得出折射率的大小, 则可得

频率、波长等的大小关系，即可判断各光可能的顺序。

**【解答】**解：由折射图象可知 a 光的偏折程度最大，说明水滴对 a 的折射率最大，故 a 的频率最大，由  $v=\lambda f$  可知，a 的波长最小，abcd 偏折程度依次减小，故为紫光、蓝光、黄光和红光。

故选：B。

**【点评】**本题考查同一介质对不同色光的偏折程度与色光性质的关系。要求学生掌握色光的波长、频率的大小关系。

4. (6分) 通常一次闪电过程历时约  $0.2\sim 0.3s$ ，它由若干个相继发生的闪击构成。每个闪击持续时间仅  $40\sim 80\mu s$ ，电荷转移主要发生在第一个闪击过程中。在某一次闪电前云地之间的电势差约为  $1.0\times 10^9V$ ，云地间距离约为  $1\text{ km}$ ；第一个闪击过程中云地间转移的电荷量约为  $6C$ ，闪击持续时间约为  $60\mu s$ 。假定闪电前云地间的电场是均匀的。根据以上数据，下列判断正确的是（ ）
- A. 闪电电流的瞬时值可达到  $1\times 10^5A$
  - B. 整个闪电过程的平均功率约为  $1\times 10^{14}W$
  - C. 闪电前云地间的电场强度约为  $1\times 10^6V/m$
  - D. 整个闪电过程向外释放的能量约为  $6\times 10^6J$

**【考点】**A6：电场强度与电场力；BG：电功、电功率。

**【分析】**（1）由于云地间的电场是匀强电场，根据场强的公式可以求得电场强度的大小；

（2）根据电流强度的定义式可以求得电流的平均值的大小；

（3）根据电场做功的公式，可以直接计算出释放的能量。

**【解答】**解：根据电流强度的定义式可得，电流  $I=\frac{Q}{t}=\frac{6}{60\times 10^{-6}}=1\times 10^5A$ （注意单位的正确换算），所以 A 正确。

释放的能量等于电场力做功  $W=QU=6\times 1.0\times 10^9=6\times 10^9J$ ，所以 D 错误；

所以第一次闪电的平均功率为  $P=\frac{W}{t}=\frac{6\times 1.0\times 10^9}{60\times 10^{-6}}=1\times 10^{14}W$ ，

由于电荷转移主要发生在第一个闪击过程中，所以整个闪电过程的平均功率小于

第一次的闪电功率，所以 B 错误。

电场强度的大小为  $E = \frac{U}{d} = \frac{1.0 \times 10^9}{1 \times 10^3} = 1 \times 10^6 \text{ V/m}$ , 所以 C 正确。

故选 A C。

**【点评】**本题是对电场强度的公式的直接考查，在电场这一部分中公式比较多，这就要求同学们在学习的过程中要掌握住每个公式。

5. (6 分) 已知氢原子的基态能量为  $E_1$ , 激发态能量  $E_n = \frac{E_1}{n^2}$ , 其中  $n=2, 3\dots$

用  $h$  表示普朗克常量,  $c$  表示真空中的光速。能使氢原子从第一激发态电离的光子的最大波长为 ( )

- A.  $\frac{4hc}{3E_1}$       B.  $\frac{2hc}{E_1}$       C.  $\frac{4hc}{E_1}$       D.  $\frac{9hc}{E_1}$

**【考点】**J3: 玻尔模型和氢原子的能级结构; J4: 氢原子的能级公式和跃迁。

**【专题】**11: 计算题。

**【分析】**最大波长对应着光子的最小能量, 即只要使氢原子从第一激发态恰好电离即可。根据题意求出第一激发态的能量值, 恰好电离时能量为 0, 然后求解即可。

**【解答】**解: 第一激发态即第二能级, 是能量最低的激发态, 则有:  $E_2 = \frac{E_1}{4}$ ;

电离是氢原子从第一激发态跃迁到最高能级 0 的过程, 需要吸收的光子能量最小

$$0 - E_2 = -\frac{E_1}{4}$$

所以有:  $\frac{E_1}{4} = \frac{hc}{\lambda}$ , 解得:  $\lambda = \frac{4hc}{E_1}$ , 故 ABD 错误, C 正确。

故选: C。

**【点评】**本题主要考查了电离中涉及的氢原子的能级跃迁问题。同时明确光子能量、光速、频率、波长之间关系。

6. (6 分) 我国“嫦娥一号”探月卫星发射后, 先在“24 小时轨道”上绕地球运行 (

即绕地球一圈需要 24 小时); 然后, 经过两次变轨依次到达“48 小时轨道”和“72 小时轨道”; 最后奔向月球。如果按圆形轨道计算, 并忽略卫星质量的变化, 则在每次变轨完成后与变轨前相比, ( )

- A. 卫星动能增大, 引力势能减小
- B. 卫星动能增大, 引力势能增大
- C. 卫星动能减小, 引力势能减小
- D. 卫星动能减小, 引力势能增大

**【考点】**4F: 万有引力定律及其应用; **4H:** 人造卫星.

**【分析】**根据人造卫星的万有引力等于向心力, 列式求出线速度、周期的表达式, 由题意知道周期变大, 故半径变大, 故速度变小, 由于要克服引力做功, 势能变大。

**【解答】**解: 人造卫星绕地球做匀速圆周运动, 根据万有引力提供向心力, 设卫星的质量为  $m$ 、轨道半径为  $r$ 、地球质量为  $M$ , 有

$$F=F_{\text{向}}$$

故

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r = ma$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad ①$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \quad ②$$

$$a = \frac{GM}{r^2} \quad ③$$

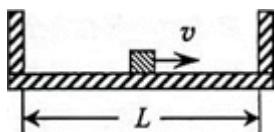
根据题意两次变轨分别为: 从“24 小时轨道”变轨为“48 小时轨道”和从“48 小时轨道”变轨为“72 小时轨道”, 则结合②式可知, 在每次变轨完成后与变轨前相比运行周期增大, 运行轨道半径增大, 运行线速度减小, 所以卫星动能减小, 引力势能增大, D 正确。

故选: D。

**【点评】**本题关键抓住万有引力提供向心力, 先列式求解出线速度、周期的表达

式，再进行讨论。

7. (6分) 质量为  $M$ 、内壁间距为  $L$  的箱子静止于光滑的水平面上，箱子中间有一质量为  $m$  的小物块，小物块与箱子底板间的动摩擦因数为  $\mu$ 。初始时小物块停在箱子正中间，如图所示。现给小物块一水平向右的初速度  $v$ ，小物块与箱壁碰撞  $N$  次后恰又回到箱子正中间，并与箱子保持相对静止。设碰撞都是弹性的，则整个过程中，系统损失的动能为（ ）



- A.  $\frac{1}{2}mv^2$       B.  $\frac{1}{2}\frac{mM}{m+M}v^2$       C.  $\frac{1}{2}N\mu mgl$       D.  $N\mu mgL$

【考点】53: 动量守恒定律；6B: 功能关系。

【专题】16: 压轴题。

【分析】本题考查动量守恒、功能关系及能量守恒定律。

【解答】解：由于箱子  $M$  放在光滑的水平面上，则由箱子和小物块组成的整体动量始终是守恒的，直到箱子和小物块的速度相同时，小物块不再相对滑动，有  $mv = (m+M)v_1$

系统损失的动能是因为摩擦力做负功

$$\Delta E_k = -W_f = \mu mg \times NL = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}(m+M)v_1^2 = \frac{mMv^2}{2(M+m)}$$

选项 BD 正确，AC 错误。

故选：BD。

【点评】两个相对运动的物体，当它们的运动速度相等时候，往往是最远距离或者最近距离的临界条件。本题是以两物体多次碰撞为载体，综合考查功能原理，动量守恒定律，要求学生能依据题干和选项暗示，从两个不同角度探求系统动能的损失。又由于本题是陈题翻新，一部分学生易陷入某种思维定势漏选 B 或者 D，另一方面，若不仔细分析，易认为从起点开始到发生第一次碰撞相对路程为  $\frac{1}{2}L$ ，则发生  $N$  次碰撞，相对路程为  $\frac{1}{2}NL$ ，而错选 C。

8. (6分) 一列简谐横波沿  $x$  轴传播, 波长为  $1.2\text{m}$ , 振幅为  $A$ . 当坐标为  $x=0$  处质元的位移为  $\frac{\sqrt{3}}{2}A$  且向  $y$  轴负方向运动时. 坐标为  $x=0.4\text{m}$  处质元的位移为  $\frac{\sqrt{3}}{2}A$ . 当坐标为  $x=0.2\text{m}$  处的质元位于平衡位置且向  $y$  轴正方向运动时,  $x=0.4\text{m}$  处质元的位移和运动方向分别为 ( )
- A.  $-\frac{1}{2}A$ 、沿  $y$  轴正方向      B.  $-\frac{1}{2}A$ , 沿  $y$  轴负方向  
 C.  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 、沿  $y$  轴正方向      D.  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ 、沿  $y$  轴负方向

【考点】F5: 波长、频率和波速的关系.

【专题】16: 压轴题.

【分析】根据  $x=0$  处质元和  $x=0.4\text{m}$  处质元的位移关系, 结合波形及  $x=0.2\text{m}$  处质元的振动方向, 判断出波的传播方向, 确定  $x=0.4\text{m}$  处质元的位移.

【解答】解: 坐标为  $x=0$  处质元与坐标为  $x=0.4\text{m}$  处质元间距为  $0.4\text{m}$  小于半个波长, 坐标为  $x=0.2\text{m}$  处的质元与他们一定在同一波沿上处在平衡位置向  $y$  轴负方向运动, 坐标为  $x=0.4\text{m}$  处质元也向  $y$  轴负方向运动.

当坐标为  $x=0.2\text{m}$  处的质元位于平衡位置且向  $y$  轴正方向运动时经历时间是半个周期的奇数倍. 在这段时间坐标为  $x=0.4\text{m}$  处质元运动到对称点即位移为  $-\frac{\sqrt{3}}{2}A$ , 运动方向与原来相反, C 正确.

故选: C.

【点评】本题考查质点间关系与波形、间距、周期和波长的制约关系, 往往画出波形图帮助分析判断.

## 二、实验题(共 18 分)

9. (6分) 在“油膜法估测油酸分子的大小”实验中, 有下列实验步骤:
- ①往边长约为  $40\text{cm}$  的浅盘里倒入约  $2\text{cm}$  深的水. 待水面稳定后将适量的痱子粉均匀地撒在水面上.
- ②用注射器将事先配好的油酸酒精溶液滴一滴在水面上, 待薄膜形状稳定.
- ③将画有油膜形状的玻璃板平放在坐标纸上, 计算出油膜的面积, 根据油酸的体积和面积计算出油酸分子直径的大小.

④用注射器将事先配好的油酸酒精溶液一滴一滴地滴入量筒中,记下量筒内每增加一定体积时的滴数,由此计算出一滴油酸酒精溶液的体积.

⑤将玻璃板放在浅盘上,然后将油膜的形状用彩笔描绘在玻璃板上.

完成下列填空:

(1) 上述步骤中,正确的顺序是 ④①②⑤③. (填写步骤前面的数字)

(2) 将  $1\text{cm}^3$  的油酸溶于酒精,制成  $300\text{cm}^3$  的油酸酒精溶液;测得  $1\text{cm}^3$  的油酸酒精溶液有 50 滴.现取一滴该油酸酒精溶液滴在水面上,测得所形成的油膜的面积是  $0.13\text{m}^2$ .由此估算出油酸分子的直径为  $5 \times 10^{-10}$  m. (结果保留 1 位有效数字)

**【考点】**O1: 用油膜法估测分子的大小.

**【专题】**16: 压轴题.

**【分析】**将配制好的油酸酒精溶液,通过量筒测出 1 滴此溶液的体积.然后将 1 滴此溶液滴在有痱子粉的浅盘里的水面上,等待形状稳定后,将玻璃板放在浅盘上,用彩笔描绘出油酸膜的形状,将画有油酸薄膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上,按不足半个舍去,多于半个的算一个,统计出油酸薄膜的面积.则用 1 滴此溶液的体积除以 1 滴此溶液的面积,恰好就是油酸分子的直径.

**【解答】**解: (1)“油膜法估测油酸分子的大小”实验步骤为:

配制酒精油酸溶液(教师完成,记下配制比例)→测定一滴酒精油酸溶液的体积

$v = \frac{V}{N}$  (题中的④)→准备浅水盘(①)→形成油膜(②)→描绘油膜边缘(⑤)

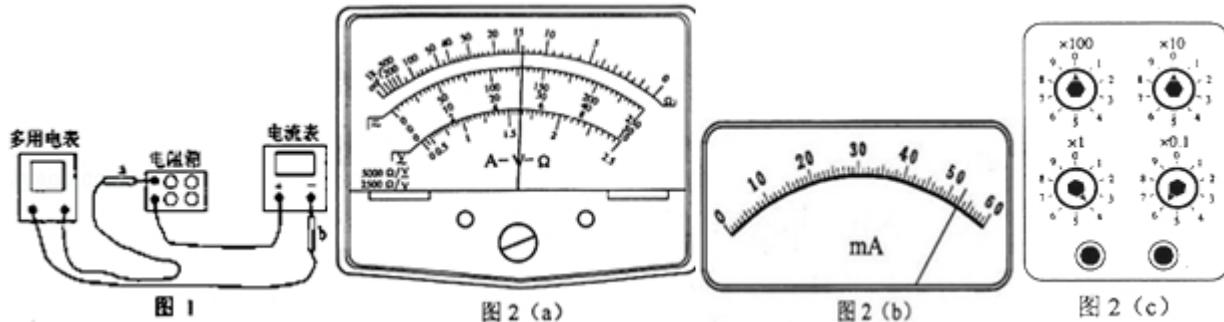
→测量油膜面积(③)→计算分子直径(③)

(2) 计算步骤:先计算一滴油酸酒精溶液中油酸的体积=一滴酒精油酸溶液的体积×配制比例= $\frac{1 \times 10^{-6}}{50} \times \frac{1}{300}$ ,再计算油膜面积,最后计算分子直径= $\frac{1 \times 10^{-6}}{50} \times \frac{1}{300} \times \frac{1}{0.13} = 5 \times 10^{-10}\text{m}$ .

故答案为: (1) ④①②⑤③ (2)  $5 \times 10^{-10}$ .

**【点评】**本题是以油酸分子呈球型分布在水面上,且一个靠着一个,从而可以由体积与面积相除求出油膜的厚度.

10. (12 分) 使用多用电表测量电阻时, 多用电表内部的电路可以等效为一个直流电源 (一般为电池)、一个电阻和一表头相串联, 两个表笔分别位于此串联电路的两端. 现需要测量多用电表内电池的电动势, 给定的器材有: 待测多用电表, 量程为  $60\text{mA}$  的电流表, 电阻箱, 导线若干. 实验时, 将多用电表调至  $\times 1\Omega$  挡, 调好零点; 电阻箱置于适当数值. 完成下列填空:



- (1) 仪器连线如图 1 所示 (a 和 b 是多用电表的两个表笔). 若两电表均正常工作, 则表笔 a 为 黑 (填“红”或“黑”) 色;
- (2) 若适当调节电阻箱后, 图 1 中多用电表、电流表与电阻箱的示数分别如图 2 (a), (b), (c) 所示, 则多用电表的读数为  $14.0\Omega$ . 电流表的读数为  $53.0\text{mA}$ , 电阻箱的读数为  $4.6\Omega$ ;
- (3) 将图 1 中多用电表的两表笔短接, 此时流过多用电表的电流为  $102\text{mA}$ ; (保留 3 位有效数字)
- (4) 计算得到多用电表内电池的电动势为  $1.54\text{V}$ . (保留 3 位有效数字)

**【考点】**B4: 多用电表的原理及其使用; N4: 用多用电表测电阻.

**【专题】**16: 压轴题.

**【分析】**当用多用电表测电阻时, 电源在表内, 要使电流从图中电流表正极流进, 从负极流出, 因此表笔 a 连接电源的正极, 所以表笔 a 为黑色的. 多用电表测电阻时读数是表盘示数与倍率的乘积; 电流表的读数要注意量程.

**【解答】**解: (1) 多用电表在使用时必须使电流从红表笔 (正接线柱) 流进, 黑表笔 (负接线柱) 流出, 串联的电流表也必须使电流从正接线柱流进, 负接线柱流出, 所以可以判断电流是从 a 表笔流出的为黑表笔.

(2) 多用电表用  $\times 1$  倍率测量, 读数为:  $14.0 \times 1 = 14.0\Omega$   
电流表的量程是  $60\text{mA}$ , 所以不能在表盘上直接读数, 需要改装为  $10, 20, 30,$

40, 50, 60 的表盘, 然后读数为: 53.0 m A

电阻箱的读数为:  $0 \times 100 + 0 \times 10 + 4 \times 1 + 6 \times 0.1 = 4.6 \Omega$

(3) (4) 多用电表测量电阻的原理是闭合电路的欧姆定律, 多用电表内部的电路等效的直流电源 (一般为电池) 、电阻、表头与待测电阻串联, 当表头短接时电路电流最大为表头的满偏电流  $I_g = \frac{E}{r+R+r_g}$ , 将  $R_g$  取为  $r+r_g+R$  为多用电表的内阻, 当待测电阻等于  $R_g$  时, 这时表头半偏, 表针指在欧姆表盘的中值上, 所以  $R_g$  又称为中值电阻. 当选择  $\times 1$  倍率测量时中值电阻直接在欧姆表盘上读数为  $15 \Omega$ . 在 (2) 中多用电表外的电阻为多用电表的读数  $14.0 \Omega$ , 干路电流是  $53.0 \text{ m A}$ , 则电源电动势是  $E = I (R_{\text{内}} + R_{\text{外}}) = 0.053 \times (15 + 14) = 1.537 \text{ V}$ .

则满偏电流  $I_g = \frac{E}{R_g} = \frac{1.54}{15} = 102 \text{ m A}$ .

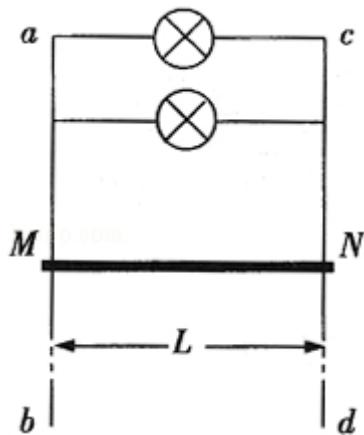
故答案为: (1) 黑; (2) 14.0, 53.0, 4.6; (3) 102; (4) 1.54.

**【点评】**由闭合电路的欧姆定律可得, 电流与待测电阻不成比例, 所以导致表盘的刻度不均匀. 同时当表头半偏时, 所测电阻等于中值电阻.

### 三、解答题

11. (15 分) 如图, 两根足够长的金属导轨  $ab$ 、 $cd$  竖直放置, 导轨间距离为  $L_1$  电阻不计。在导轨上端并接两个额定功率均为  $P$ 、电阻均为  $R$  的小灯泡。整个系统置于匀强磁场中, 磁感应强度方向与导轨所在平面垂直。现将一质量为  $m$ 、电阻可以忽略的金属棒  $MN$  从图示位置由静止开始释放。金属棒下落过程中保持水平, 且与导轨接触良好。已知某时刻后两灯泡保持正常发光。重力加速度为  $g$ 。求:

- (1) 磁感应强度的大小;
- (2) 灯泡正常发光时导体棒的运动速率。



**【考点】**3C: 共点力的平衡; D8: 法拉第电磁感应定律; D9: 导体切割磁感线时的感应电动势.

**【专题】**53C: 电磁感应与电路结合.

**【分析】**导体棒释放后做加速度减小的加速运动, 直到重力等于安培力时以最大速度匀速运动。在加速阶段感应电动势和感应电流增大, 两灯泡逐渐变亮, 只有在匀速阶段两灯泡的亮度不变, 所以两灯泡保持正常发光说明导体棒在匀速运动。

**【解答】**解: (1) 两灯泡保持正常发光说明导体棒在匀速运动, 根据平衡条件:

$$mg = BIL \quad (1)$$

$$\text{两灯泡保持正常发光} \quad I = 2I_m \quad (2)$$

$$P = I_m^2 R \quad (3)$$

连立①②③化简得

$$\text{磁感应强度的大小} \quad B = \frac{mg}{2L} \sqrt{\frac{R}{P}} \quad (4)$$

$$(2) \text{ 两灯泡保持正常发光时的电压等于感应电动势} \quad U^2 = PR \quad (5)$$

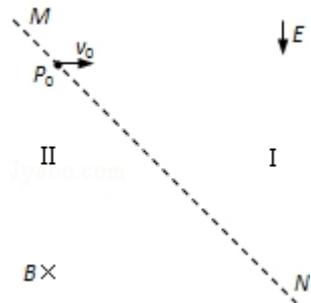
$$\text{根据法拉第电磁感应定律} \quad E = BLv \quad (6)$$

连立⑤⑥化简得

$$\text{灯泡正常发光时导体棒的运动速率} \quad v = \frac{2P}{mg}$$

**【点评】**本题为电磁感应与电路结合的题目, 明确电路的结构, 找出电源是解决此类问题的突破口。

12. (19分) 如图, 与水平面成  $45^\circ$  角的平面  $MN$  将空间分成 I 和 II 两个区域. 一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  ( $q > 0$ ) 的粒子以速度  $v_0$  从平面  $MN$  上的  $P_0$  点水平右射入 I 区. 粒子在 I 区运动时, 只受到大小不变、方向竖直向下的电场作用, 电场强度大小为  $E$ ; 在 II 区运动时, 只受到匀强磁场的作用, 磁感应强度大小为  $B$ , 方向垂直于纸面向里. 求粒子首次从 II 区离开时到出发点  $P_0$  的距离. 粒子的重力可以忽略.



【考点】37: 牛顿第二定律; 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; CM: 带电粒子在混合场中的运动.

【专题】16: 压轴题.

【分析】在分离电磁场中粒子先做类平抛运动, 后做匀速圆周运动, 两运动的衔接条件为速度大小和速度方向. 求粒子首次从 II 区离开时到出发点  $P_0$  的距离必须知道在电场中的平抛位移和在磁场中运动的弦长, 根据电场力方向和左手定则正粒子都向 N 侧运动, 所以  $d=$  电场位移  $S+$  磁场圆的弦  $L$ .

【解答】解: 正粒子垂直电场进入做类平抛运动, 初末位置在  $45^\circ$  角的平面  $MN$  上, 说明位移方向角是  $45^\circ$ ,

根据分解公式得:

$$x = v_0 t \dots ①$$

$$y = \frac{1}{2} a t^2 \dots ②$$

$$a = \frac{Eq}{m} \dots ③$$

$$\tan 45^\circ = \frac{y}{x} \dots ④$$

$$S = \sqrt{2} x \dots ⑤$$

$$v = \sqrt{v_0^2 + a^2 t^2} \dots ⑥$$

速度与水平方向的夹角  $\theta$ :  $\tan\theta=2\tan45^\circ=2$

$$\sin\theta=\frac{2}{\sqrt{5}}\cos\theta=\frac{1}{\sqrt{5}} \dots ⑦$$

连立①②③④⑤⑥化简得:  $v=\sqrt{5}v_0 \dots ⑧$

$$s=2\sqrt{2}\frac{mv_0^2}{Eq}$$

进入磁场时与边界 MN 的夹角为  $\theta-45^\circ$  做匀速圆周运动, 根据牛顿第二定律得:

$$\frac{mv^2}{R}=Bqv \dots ⑨$$

作出原轨迹, 则弦长和半径满足关系有:  $\sin(\theta-45^\circ)=\frac{L}{2R} \dots ⑩$

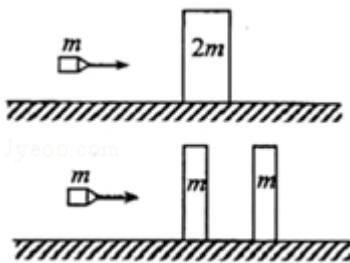
$$连立⑨⑩: L=\sqrt{2}\frac{mv_0}{Bq}$$

所以粒子首次从 II 区离开时到出发点  $P_0$  的距离为:  $d=s+L=\frac{\sqrt{2}mv_0}{q}\left(\frac{2v_0}{E}+\frac{1}{B}\right)$

答: 粒子首次从 II 区离开时到出发点  $P_0$  的距离为  $d=s+L=\frac{\sqrt{2}mv_0}{q}\left(\frac{2v_0}{E}+\frac{1}{B}\right)$

**【点评】**本题考查带电粒子在电场、磁场中两运动模型: 匀速圆周运动与类平抛运动, 及相关的综合分析能力, 以及空间想像的能力, 应用数学知识解决物理问题的能力.

13. (20 分) 装甲车和战舰采用多层钢板比采用同样质量的单层钢板更能抵御穿甲弹的射击。通过对以下简化模型的计算可以粗略说明其原因。质量为  $2m$ 、厚度为  $2d$  的钢板静止在水平光滑桌面上。质量为  $m$  的子弹以某一速度垂直射向该钢板, 刚好能将钢板射穿。现把钢板分成厚度均为  $d$ 、质量均为  $m$  的相同两块, 间隔一段距离水平放置, 如图所示。若子弹以相同的速度垂直射向第一块钢板, 穿出后再射向第二块钢板, 求子弹射入第二块钢板的深度。设子弹在钢板中受到的阻力为恒力, 且两块钢板不会发生碰撞不计重力影响。



【考点】53: 动量守恒定律; 6B: 功能关系.

【专题】16: 压轴题.

【分析】子弹射穿质量为  $2m$ 、厚度为  $2d$  的钢板, 由动量守恒和功能关系可以求出他们最后的速度和子弹受到的阻力  $f$ ;

子弹先射穿第一块钢板, 我们仍然采用动量守恒和已知阻力做的功求出子弹的速度  $V_1$ , 再用速度  $V_1$  穿进第二块钢板, 仍然利用动量定理和功能关系求出子弹在第二块钢板中进入的深度  $d_0$ 。

【解答】解: 质量为  $m$  的子弹以某一速度  $V_0$  垂直射向该钢板, 刚好能将钢板射穿且钢板和子弹获得速度为  $V$ ,

则由系统动量守恒和摩擦力做功等于系统动能的减少得:

$$mv_0 = (m+2m)v \dots ①$$

$$f \times 2d = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2} \times 3mv^2 \dots ②$$

质量为  $m$  的子弹以某一速度  $V_0$  垂直射穿第一块钢板, 获得速度  $V_1$ , 钢板速度  $V_2$ ,

则由系统动量守恒和摩擦力做功等于系统动能的减少

$$mv_0 = mv_1 + mv_2 \dots ③$$

$$f \times d = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2} \times mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 \dots ④$$

质量为  $m$  的子弹以速度  $V_1$  垂直射向第二块钢板在第二块钢板中进入深度  $d_0$ , 公共速度  $V_3$ ,

则由系统动量守恒和摩擦力做功等于系统动能的减少

$$mv_1 = 2mv_3 \dots ⑤$$

$$f \times d_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_3^2 \dots ⑥$$

联立以上六式化简得  $d_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + 1 \right) d$

答：子弹射入第二块钢板的深度  $d_0 = \frac{1}{2} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} + 1 \right) d$

**【点评】**本题以子弹射穿和进入钢板为模型反复考查动量守恒和功能关系即阻力做功等于系统动能的减少。是一道中档次好题。