

# 2016 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，共 30 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）我国成功研发的反隐身先进米波雷达堪称隐身飞机的克星，它标志着我国雷达研究又创新的里程碑。米波雷达发射无线电波的波长在 1~10m 范围内，对该无线电波的判断正确的是（ ）



- A. 米波的频率比厘米波频率高
- B. 和机械波一样须靠介质传播
- C. 同光波一样会发生反射现象
- D. 不可能产生干涉和衍射现象

【考点】F2：机械波；G4：电磁波的发射、传播和接收.

【专题】31：定性思想；43：推理法；54R：电磁场理论和电磁波.

【分析】电磁波能在真空中传播，机械波不能在真空中传播，干涉和衍射是波特有的现象，光可以发生反射现象。

【解答】解：根据  $f = \frac{v}{\lambda}$  可知，波长越长，频率越低，故米波的频率比厘米频率低，故 A

错误；

B、无线电波不需要介质传播，故 B 错误；

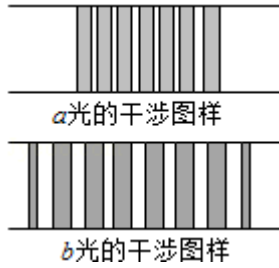
C、无线电波同光波一样会发生反射现象，故 C 正确；

D、干涉和衍射是波特有的现象，所以无线电波能产生干涉和衍射现象，故 D 错误。

故选：C。

【点评】本题要注意机械波和电磁波都能发生反射、折射、干涉和衍射等现象，但是机械波不能在真空中传播，电磁波能在真空中传播。

2.（6 分）如图是 a、b 两光分别经过同一双缝干涉装置后在屏上形成的干涉图样，则（ ）



- A. 在同种均匀介质中，a 光的传播速度比 b 光的大
- B. 从同种介质射入真空发生全反射时 a 光临界角大
- C. 照射在同一金属板上发生光电效应时，a 光的饱和电流大
- D. 若两光均由氢原子能级跃迁发生，产生 a 光的能级能量差大

【考点】IE：爱因斯坦光电效应方程；J4：氢原子的能级公式和跃迁。

【专题】31：定性思想；43：推理法；54I：光电效应专题。

【分析】根据图象比较干涉条纹间距大小，再根据  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$  判断波长，从而判断频率大

小，频率大的折射率大，根据  $n = \frac{c}{v}$  判断传播速度，根据  $\sin C = \frac{1}{n}$  判断发生全反射时临界角大小，光电效应时饱和电流与入射光的强度有关，a 光的频率大，则能量大。

【解答】解：A、由图可知 a 光的干涉条纹间距小于 b 光，根据  $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$  可知，a 的波长

小于 b 光，则 a 光的频率大于 b 光，a 的折射率大于 b 光，根据  $n = \frac{c}{v}$  可知，在同种介质中传播时 a 光的传播速度比 b 光的小，故 A 错误；

B、根据  $\sin C = \frac{1}{n}$  可知，同种介质射入真空发生全反射时 a 光临界角小，故 B 错误；

C、光电效应时饱和电流与入射光的强度有关，所以无法判断饱和电流的大小，故 C 错误；

D、因 a 光的频率大，故若两光均由氢原子能级跃迁产生，则产生 a 光的能级差大，故 D 正确。

故选：D。

【点评】本题的关键是根据图象比较干涉条纹间距大小从而得频率大小，明确光电效应时饱和电流与入射光的强度也有关系，知道全反射临界角的概念，难度适中。

3. (6分) 我国将发射“天宫二号”空间实验室，之后发射“神州十一号”飞船与“天宫二号”对接。假设“天宫二号”与“神州十一号”都围绕地球做匀速圆周运动，为了实现飞船与空间实验室的对接，下列措施可行的是 ( )



- A. 使飞船与空间实验室在同一轨道上运行，然后飞船加速追上空间实验室实现对接
- B. 使飞船与空间实验室在同一轨道上运行，然后空间实验室减速等待飞船实现对接
- C. 飞船先在比空间实验室半径小的轨道上加速，加速后飞船逐渐靠近空间实验室，两者速度接近时实现对接
- D. 飞船先在比空间实验室半径小的轨道上减速，减速后飞船逐渐靠近空间实验室，两者速度接近时实现对接

**【考点】** 4F: 万有引力定律及其应用; 4H: 人造卫星.

**【专题】** 32: 定量思想; 43: 推理法; 52A: 人造卫星问题.

**【分析】** 正常运行的卫星若加速则所需向心力大于万有引力做离心运动，若减速则所需向心力小于万有引力做向心运动，据此分析各选项。

**【解答】** 解: A、B、在同一轨道上运行加速做离心运动，减速做向心运动均不可实现对接。则 AB 错误

C、飞船先在比空间实验室半径小的轨道上加速，则其做离心运动可使飞船逐渐靠近空间实验室，两者速度接近时实现对接。则 C 正确

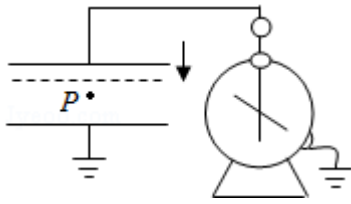
D、飞船先在比空间实验室半径小的轨道上减速，则其做向心运动，不可能与空间实验室相接触。则 D 错误。

故选: C。

**【点评】** 明确正常运行的卫星加速做离心运动会达到高轨道，若减速则会做向心运动达到低轨道。

4. (6分) 如图所示，平行板电容器带有等量异种电荷，与静电计相连，静电计金属外壳和电容器下极板都接地。在两极板间有一个固定在 P 点的点电荷，以 E 表示两板间的电场强度， $E_p$  表示点电荷在 P 点的电势能， $\theta$  表示静电计指针的偏角。若保持下极板不动，

将上极板向下移动一小段距离至图中虚线位置，则（ ）



- A.  $\theta$  增大， $E$  增大  
 B.  $\theta$  增大， $E_P$  不变  
 C.  $\theta$  减小， $E_P$  增大  
 D.  $\theta$  减小， $E$  不变

【考点】AS：电容器的动态分析。

【专题】31：定性思想；43：推理法；533：电容器专题。

【分析】电容器充电后断开电源，极板上的电量不变；根据电容器的定义式可分析电容的变化，再根据决定式分析电压的变化，从而分析静电计指针夹角的变化；根据  $U=Ed$  分析电场强度的变化；根据电势与电势差之间的关系可分析 P 点电势，再由电势分析电势能的变化。

【解答】解：电容器与电源断开，故电量不变；上极板向下移动时，两板间的距离减小，根据  $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$  可知，电容 C 增大，则根据  $C = \frac{Q}{U}$  可知，电压 U 减小；故静电计指针偏角减小；

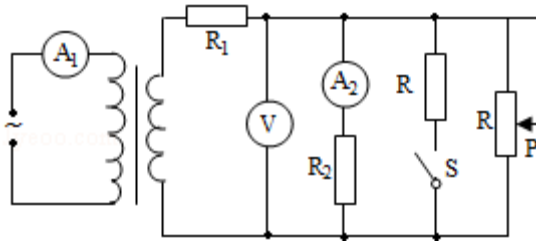
两板间的电场强度为： $E = \frac{U}{d} = \frac{Q}{Cd} = \frac{4\pi k Q}{\epsilon S}$ ；因此电场强度与板间距无关，因此电场强度不变；

再根据设 P 与下极板距离为 L，则 P 点的电势  $\varphi_P = EL$ ，电势能  $E_P = ELq$ ；因此电荷在 P 点的电势能保持不变；故 D 正确，ABC 错误；

故选：D。

【点评】本题考查电容器的动态分析问题，解题的关键在于正确掌握电容的决定式和定义式；同时注意要掌握相关结论的应用，如本题中可以直接应用结论：当充电后断开电源时，如果只改变两板间距离，则两板间的电场强度不变。

5. (6分) 如图所示，理想变压器原线圈接在交流电源上，图中各电表均为理想电表，下列



说法正确的是 ( )

- A. 当滑动变阻器的滑动触头 P 向上滑动时,  $R_1$  消耗的功率变大
- B. 当滑动变阻器的滑动触头 P 向上滑动时, 电压表 V 示数变大
- C. 当滑动变阻器的滑动触头 P 向上滑动时, 电流表  $A_1$  示数变大
- D. 若闭合开关 S, 则电流表  $A_1$  示数变大,  $A_2$  示数变大

【考点】E8: 变压器的构造和原理.

【专题】32: 定量思想; 43: 推理法; 53A: 交流电专题.

【分析】滑动变阻器的滑动触头 P 向上滑动时, 接入电路中的阻值变大, 因输出电压不变, 则总电流变小, 据欧姆定律确定各表的示数变化.

【解答】解: A、滑动变阻器的滑动触头 P 向上滑动时, 电阻变大, 则干路电流变小, 则  $R_1$  消耗的功率变小, 则 A 错误

B、干路电流变小,  $R_1$  分压变小, 则电压表 V 的测量的电压变大, 示数变大, 则 B 正确

C、因输出电流变小, 则输出功率变小即输入功率变小, 电流表  $A_1$  示数变小. 则 C 错误

D、闭合开关 S 并联支路增加, 电阻变小, 则副线圈即  $R_1$  的电流变大, 分压变大, 则  $R_2$  的分压变小, 电流变小. 电流表  $A_1$  示数随副线圈电流的变大而变大, 则 D 错误

故选: B.

【点评】考查电路的动态分析: 本题中 P 的移动与电键的闭合均会引起电阻的变小, 再由电路的联接关系可分析各表的示数的变化, 可见明确电路的结构是求解的关键.

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) 物理学家通过对实验的深入观察和研究, 获得正确的科学认知, 推动物理学的发展, 下列说法符合事实的是 ( )

- A. 赫兹通过一系列实验, 证实了麦克斯韦关于光的电磁理论
- B. 查德威克用  $\alpha$  离子轰击  ${}^4_2\text{He}$  获得反冲核  ${}^{17}_8\text{O}$ , 发现了中子
- C. 贝克勒尔发现天然放射性现象, 说明原子核有复杂结构
- D. 卢瑟福通过对阴极射线的研究, 提出了原子核式结构模型

【考点】1U：物理学史。

【专题】31：定性思想；43：推理法；54M：原子的核式结构及其组成。

【分析】明确人类对于电磁波以及原子结构研究的物理学史，注意 B 中查德威克发现中子的核反应方程，从而明确发现物。

【解答】解：A、根据物理学史可知，赫兹通过一系列实验，证实了麦克斯韦关于光的电磁理论；故 A 正确；

B、查德威克用  $\alpha$  粒子轰击铍核，产生中子和碳 12 原子核，故 B 错误；

C、贝克勒尔发现天然放射性现象，说明原子核有复杂结构；故 C 正确；

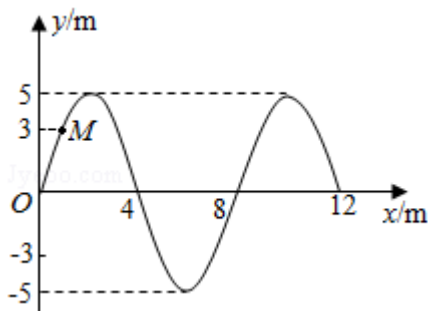
D、卢瑟福通过对  $\alpha$  射线散射的研究提出了原子的核式结构模型；故 D 错误；

故选：AC。

【点评】本题考查对物理学史的掌握情况，要注意准确记忆相关科学家的主要贡献；并能准确用所学规律进行分析，绝不能似是而非。

7. (6分) 在均匀介质中坐标原点 O 处有一波源做简谐运动，其表达式为  $y=5\sin\left(\frac{\pi}{2}t\right)$ ，它

在介质中形成的简谐横波沿 x 轴正方向传播，某时刻波刚好传播到  $x=12\text{m}$  处，波形图如图所示，则 ( )



A. 此后再经 6s 该波传播到  $x=24\text{m}$  处

B. M 点在此后第 3s 末的振动方向沿 y 轴正方向

C. 波源开始振动时的运动方向沿 y 轴负方向

D. 此后 M 点第一次到达  $y=-3\text{m}$  处所需时间是 2s

【考点】F4：横波的图象；F5：波长、频率和波速的关系。

【专题】31：定性思想；43：推理法；51D：振动图像与波动图像专题。

【分析】A、根据质点做简谐运动的表达式，从而求得周期，再由  $v=\frac{\lambda}{T}$ ，确定波速，进

而可求得某段时间内的波传播的距离；

B、根据 M 点振动的的时间，结合周期，从而判定 M 点的振动方向；

C、简谐波传播过程中，质点做简谐运动时，起振方向与波源起振方向相同，与图示时刻波最前端质点的振动方向相同；

D、根据此时 M 点的振动方向，再结合末位置，从而确定运动的时间。

**【解答】**解：A、波的周期  $T = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{2}} = 4\text{s}$ ，波长  $\lambda = 8\text{m}$ ，波速  $v = \frac{\lambda}{T} = 2\text{m/s}$ ，

则再经过 6s，波传播的距离为  $x = vt = 12\text{m}$ ，故该波传到  $x = 24\text{m}$  处，故 A 正确；

B、M 点在此时振动方向向下，则第 3 秒末，即经过了  $0.75T$ ，该点的振动方向沿 y 轴正向，故 B 正确；

C、因波传到  $x = 12\text{m}$  处时，质点向 y 轴正向振动，故波源开始振动时的运动方向沿 y 轴正向，故 C 错误；

D、M 点第一次到达  $y = -3\text{cm}$  位置时，振动的时间为  $t = \frac{74}{90}\text{s}$ ，故 D 错误；

故选：AB。

**【点评】**考查由表达式来确定角速度与周期，并掌握波长、波速、周期的关系，并能灵活运用，同时并判定某质点经过一段时间时，所处的振动方向，或由所处的位置，来判定所经历的时间。

8. (6分) 我国高铁技术处于世界领先水平，它是由动车和拖车组合而成，提供动力的车厢叫动车，不提供动力的车厢叫拖车。假设动车组各车厢质量均相等，动车的额定功率都相同，动车组在水平直轨道上运行过程中阻力与车重成正比。某列动车组由 8 节车厢组成，其中第 1、5 节车厢为动车，其余为拖车，则该列车组 ( )



- A. 启动时乘客受到车厢作用力的方向与车运动的方向相反  
B. 做匀加速运动时，第 5、6 节与第 6、7 节车厢间的作用力之比为 3：2  
C. 进站时从关闭发动机到停下来滑行的距离与关闭发动机时的速度成正比  
D. 与改为 4 节动车带 4 节拖车的动车组最大速度之比为 1：2

【考点】1E：匀变速直线运动的位移与时间的关系；37：牛顿第二定律；63：功率、平均功率和瞬时功率；65：动能定理。

【专题】31：定性思想；4C：方程法；522：牛顿运动定律综合专题。

【分析】根据受力分析，结合牛顿第二定律分析车厢之间的作用力；根据动能定理分析从关闭发动机到停下来滑行的距离；当牵引力和阻力的大小相等时，动车的速度达到最大值，由此可以求得将非动力车改为动力车的数量。

【解答】解：设每节动车的功率为  $P$ ，牵引力为  $F$ ，每一节车厢的质量是  $m$ ，阻力为  $kmg$ ，

A、启动时乘客的加速度的方向与车厢运动的方向是相同的，所以乘客受到车厢作用力的方向与车运动的方向相同。故 A 错误；

B、做加速运动时，有两节动力车厢，对整个的车进行受力分析得：

$$2F - 8kmg = 8ma$$

对 6、7、8 车厢进行受力分析得：

$$F_1 - 3kmg = 3ma$$

对 7、8 车厢进行受力分析得：

$$F_2 - 2kmg = 2ma$$

联立可得： $\frac{F_1}{F_2} = \frac{3}{2}$ 。故 B 正确；

C、设进站时从关闭发动机到停下来滑行的距离为  $s$ ，则：

$$-8kmg \cdot s = 0 - 8 \times \frac{1}{2}mv^2$$

可得： $s = \frac{v^2}{2kg}$

可知进站时从关闭发动机到停下来滑行的距离与关闭发动机时的速度的平方成正比。故

C 错误；

D、当只有两节动力车时，最大速率为  $v$ ，则：

$$2P = 8kmg \cdot v$$

改为 4 节动车带 4 节拖车的动车组时：

$$4P = 8kmg \cdot v'$$

所以： $v' = 2v$ ，故 D 正确。

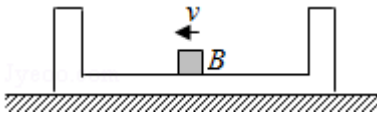
故选：BD。

【点评】当机车的速度达到最大时，机车做匀速运动，此时机车处于受力平衡状态，即此时的牵引力和受到的阻力的大小相等，再根据瞬时功率的公式即可解答本题。

### 三、解答题

9. (6分) 如图所示，方盒 A 静止在光滑的水平面上，盒内有一小滑块 B，盒的质量是滑块的 2 倍，滑块与盒内水平面间的动摩擦因数为  $\mu$ 。若滑块以速度  $v$  开始向左运动，与盒的左、右壁发生无机械能损失的碰撞，滑块在盒中来回运动多次，最终相对于盒静止，

则此时盒的速度大小为  $\frac{1}{3}v$ ，滑块相对于盒运动的路程为  $\frac{v^2}{3\mu g}$ 。



【考点】53：动量守恒定律.

【专题】31：定性思想；4C：方程法；52K：动量与动能定理或能的转化与守恒定律综合.

【分析】物体与盒子组成的系统动量守恒；先由动量守恒求出盒子与物块的最终速度，再结合损失的机械能即可求出滑块相对于盒运动的路程。

【解答】解：设滑块的质量是  $m$ ，碰后速度为  $v_{共}$ ，物体与盒子组成的系统合外力为 0，设向左为正方向，由动量守恒：

$$mv = (m+2m)v_{共}$$

$$\text{解得：} v_{共} = \frac{1}{3}v$$

$$\text{开始时盒子与物块的机械能：} E_1 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{碰后盒子与物块的机械能：} E_2 = \frac{1}{2}(m+2m)v_{共}^2 = \frac{1}{6}mv^2$$

$$\text{损失的机械能：} \Delta E = E_1 - E_2 = \mu mg \cdot s$$

$$\text{联立得：} s = \frac{v^2}{3\mu g}$$

$$\text{故答案为：} \frac{1}{3}v; \frac{v^2}{3\mu g}$$

**【点评】** 该题考查动量守恒定律，解答的关键是能忽略运动的过程，熟练应用动量守恒定律、能量守恒定律是正确解题的关键；解题时要分析清楚运动过程。

10. (6分) 某同学利用图1所示装置研究小车的匀变速直线运动。

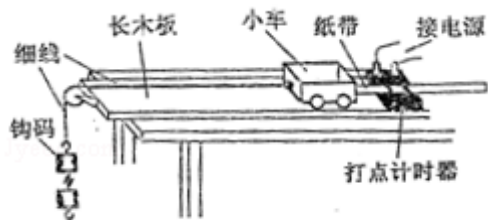


图1

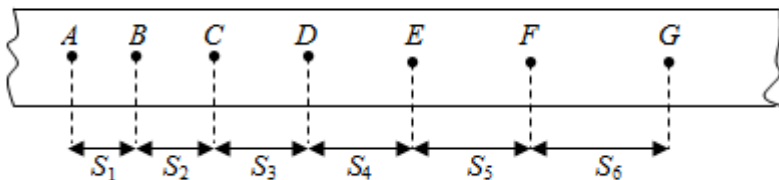


图2

①实验中必要的措施是\_\_\_\_\_。

- A. 细线必须与长木板平行
- B. 先接通电源再释放小车
- C. 小车的质量远大于钩码的质量
- D. 平衡小车与长木板间的摩擦力

②他实验时将打点机器接到频率为 50Hz 的交流电源上，得到一条纸带，打出的部分计数点如图 2 所示（每相邻两个计数点间还有 4 个点，图中未画出）。 $s_1=3.59\text{cm}$ ， $s_2=4.41\text{cm}$ ， $s_3=5.19\text{cm}$ ， $s_4=5.97\text{cm}$ ， $s_5=6.78\text{cm}$ ， $s_6=7.64\text{cm}$ 。则小车的加速度  $a=$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ （要求充分利用测量的数据），打点计时器在打 B 点时小车的速度  $v_B=$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ 。（结果均保留两位有效数字）

**【考点】** M4：探究小车速度随时间变化的规律；M5：测定匀变速直线运动的加速度。

**【专题】** 13：实验题；31：定性思想；43：推理法；511：直线运动规律专题。

**【分析】** ①分析实验目标和实验原理，明确实验中需要注意事项即可求解；

②根据逐差法可求得物体运动的加速度；根据平均速度表示中间时刻的瞬时速度可求得 B 点的速度。

**【解答】** 解：①A、为了让小车做匀加速直线运动，应使小车受力恒定，故应将细线与木板保持水平；同时为了打点稳定，应先开电源再放纸带；故 AB 正确；

C、本实验中只是研究匀变速直线运动，故不需要让小车的质量远大于钩码的质量；只要能小车做匀加速运动即可；故 C 错误；

D、由 C 的分析可知，只要摩擦力恒定即可，不需要平衡摩擦力；故 D 错误；

故选：AB；

②每两个计数点间有四个点没有画出，故两计数点间的时间间隔为  $T=5\times 0.02=0.1\text{s}$ ；

根据逐差法可知，物体的加速度  $a$

$$= \frac{(s_4+s_5+s_6)-(s_1+s_2+s_3)}{9T^2} = \frac{(5.97+6.78+7.64)-(3.59+4.41+5.19)}{9 \times 0.01} \times 10^{-2} = 0.80 \text{m/s}^2;$$

B点的速度等于AC段的平均速度，则有： $v = \frac{s_1+s_2}{2T} = \frac{0.0359+0.0441}{0.1 \times 2} = 0.40 \text{m/s};$

故答案为：①AB；②0.80；0.40。

**【点评】** 本题考查匀变速直线运动规律的应用，要注意明确实验原理，知道本实验中只需要研究匀变速直线运动即可，所以不需要平衡摩擦力，也不需要让小车的质量远大于钩码的质量。

11. (6分) 某同学想要描绘标有“3.8V 0.3A”字样小灯泡L的伏安特性曲线，要求测量数据尽量精确、绘制曲线完整。可供该同学选用的器材除开关、导线外，还有：

电压表  $V_1$  (0~3V, 内阻等于  $3\text{k}\Omega$ )

电压表  $V_2$  (0~15V, 内阻等于  $15\text{k}\Omega$ )

电流表  $A_1$  (0~200mA, 内阻等于  $10\Omega$ )

电流表  $A_2$  (0~3A, 内阻等于  $0.1\Omega$ )

滑动变阻器  $R_1$  (0~ $10\Omega$ , 额定电流 2A)

滑动变阻器  $R_2$  (0~ $1\text{k}\Omega$ , 额定电流 0.5A)

定值电阻  $R_3$  (阻值等于  $1\Omega$ )

定值电阻  $R_4$  (阻值等于  $10\Omega$ )

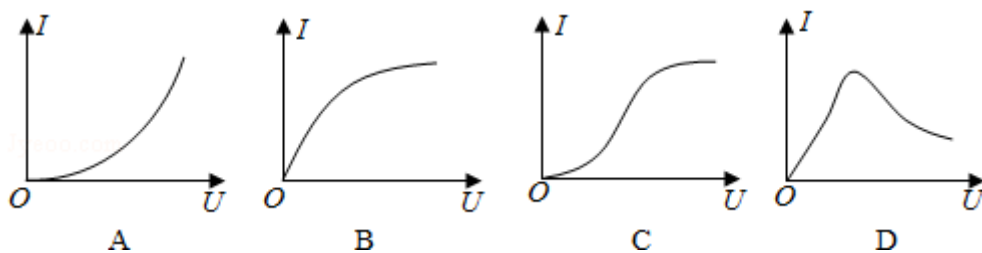
定值电阻  $R_5$  (阻值等于  $1\text{k}\Omega$ )

电源 E (E=6V, 内阻不计)

①请在方框中画出实验电路图，并将各元件字母代码标在元件的符号旁；



②该同学描绘出的 I - U 图象应是图中的 B .



【考点】N5：描绘小电珠的伏安特性曲线。

【专题】13：实验题；31：定性思想；46：实验分析法；535：恒定电流专题。

【分析】①分析给定仪器，明确电表的量程；根据安全性原则进行改装；同时根据实验要求明确滑动变阻器以及电流表接法；

②根据灯泡电阻随温度的变化规律进行分析，同时明确  $I - U$  图象中图象的斜率表示电阻的倒数。

【解答】解：①灯泡额定电压为  $3.8V$ ，而给出的电压表量程分别为  $15V$  和  $3V$ ， $15V$  量程太大，无法正确测量；故只能选用  $3V$  量程，并且与定值电阻串联扩大量程； $3V$  量程的电压表内阻为  $3K\Omega$ ；根据串并联电路规律可知，应选择  $1K\Omega$  的定值电阻串联；

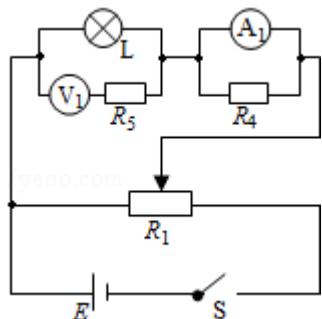
额定电流为  $0.3A$ ，而给出的量程中  $3A$  量程过大，不能使用；只能采用将电流表量程  $200mA$  的电流表与定值电阻并联的方式来扩大量程；根据改装原理可知，并联  $10\Omega$  的定值电阻，即可将量程扩大到  $0.4A$ ；

因本实验中要求多测几组数据，因此应采用滑动变阻器分压接法；同时因灯泡内阻较小，故采用电流表外接法；故答案如图所示；

②因灯泡电阻随温度的增加而增大，因此在  $I - U$  图象中图线的斜率应越来越小；

故选：B。

故答案为：①如图所示；②B。

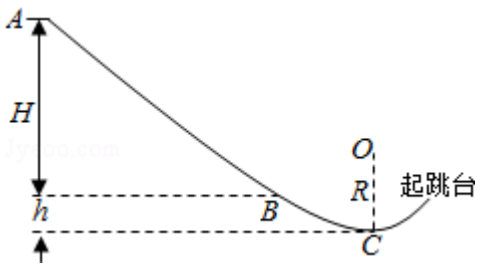


【点评】本题考查描绘小灯泡伏安特性曲线的实验以及电表的改装，要求能明确改装原理，并正确掌握本实验中电路的接法；注意分压接法以及电流表接法的正确判断。

12. (16分) 我国将于2022年举办冬奥运会，跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一，如

图所示，质量  $m=60\text{kg}$  的运动员从长直轨道 AB 的 A 处由静止开始以加速度  $a=3.6\text{m/s}^2$  匀加速下滑，到达助滑道末端 B 时速度  $v_B=24\text{m/s}$ ，A 与 B 的竖直高度差  $H=48\text{m}$ 。为了改变运动员的运动方向，在助滑道与起跳台之间用一段弯曲滑道衔接，其中最低点 C 处附近是一段以 O 为圆心的圆弧，助滑道末端 B 与滑道最低点 C 的高度差  $h=5\text{m}$ ，运动员在 B、C 间运动时阻力做功  $W=-1530\text{J}$ ，取  $g=10\text{m/s}^2$ 。

- (1) 求运动员在 AB 段下滑时受到阻力  $F_f$  的大小；
- (2) 若运动员能承受的最大压力为其所受重力的 6 倍，则 C 点所在圆弧的半径  $R$  至少应为多大。



**【考点】** 37：牛顿第二定律； 65：动能定理。

**【专题】** 11：计算题； 32：定量思想； 4T：寻找守恒量法； 52D：动能定理的应用专题。

**【分析】** (1) 运动员在 AB 段做初速度为零的匀加速运动，已知初、末速度和位移，可根据速度位移公式求出加速度，再由牛顿第二定律求出阻力。

(2) 运动员从 B 到 C 的过程，由动能定理求出到达 C 点的速度。在 C 点，由重力和轨道的支持力充当向心力，由牛顿第二定律列式，即可求解。

**【解答】** 解：(1) 运动员在 AB 上做初速度为零的匀加速运动，设 AB 的长度为  $x$ ，斜面的倾角为  $\alpha$ ，则有

$$v_B^2 = 2ax$$

根据牛顿第二定律得

$$mgsin\alpha - F_f = ma$$

$$\text{又 } sin\alpha = \frac{H}{x}$$

由以上三式联立解得  $F_f = 144\text{N}$

- (2) 设运动员到达 C 点时的速度为  $v_C$ ，在由 B 到达 C 的过程中，由动能定理有

$$mgh+W=\frac{1}{2}mv_C^2-\frac{1}{2}mv_B^2$$

设运动员在 C 点所受的支持力为  $F_N$ ，由牛顿第二定律得

$$F_N - mg = m\frac{v_C^2}{R}$$

由运动员能承受的最大压力为其所受重力的 6 倍，即有  $F_N = 6mg$

联立解得  $R = 12.5m$

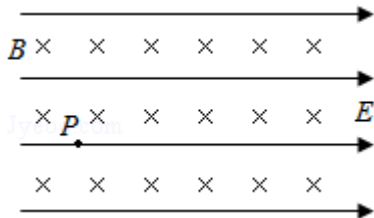
答：

- (1) 求运动员在 AB 段下滑时受到阻力  $F_f$  的大小是 144N；
- (2) 若运动员能承受的最大压力为其所受重力的 6 倍，则 C 点所在圆弧的半径 R 至少应为 12.5m。

**【点评】**本题中运动员先做匀加速运动，后做圆周运动，是牛顿第二定律、运动学公式、动能定理和向心力的综合应用，要知道圆周运动向心力的来源，涉及力在空间的效果，可考虑动能定理。

13. (18 分) 如图所示，空间中存在着水平向右的匀强电场，电场强度大小  $E = 5\sqrt{3}N/C$ ，同时存在着水平方向的匀强磁场，其方向与电场方向垂直，磁感应强度大小  $B = 0.5T$ 。有一带正电的小球，质量  $m = 1.0 \times 10^{-6}kg$ ，电荷量  $q = 2 \times 10^{-6}C$ ，正以速度  $v$  在图示的竖直面内做匀速直线运动，当经过 P 点时撤掉磁场（不考虑磁场消失引起的电磁感应现象），取  $g = 10m/s^2$ 。求：

- (1) 小球做匀速直线运动的速度  $v$  的大小和方向；
- (2) 从撤掉磁场到小球再次穿过 P 点所在的这条电场线经历的时间  $t$ 。



**【考点】**CM：带电粒子在混合场中的运动。

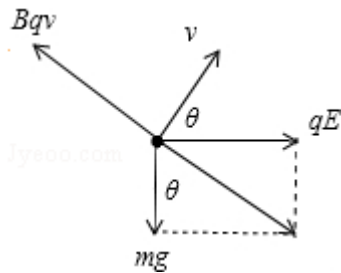
**【专题】**11：计算题；32：定量思想；43：推理法；537：带电粒子在复合场中的运动专题。

**【分析】**(1) 小球做匀速直线运动时，受力平衡，根据平衡条件结合几何关系列式求解

即可；

(2) 撤去磁场后，由于电场力垂直于竖直方向，它对竖直方向的分运动没有影响，小球在竖直方向上做匀减速直线运动，若使小球再次穿过 P 点所在的电场线，仅需小球的竖直方向的分位移为零，根据竖直上抛运动的基本公式列式求解即可。

【解答】解：(1) 小球做匀速直线运动时，受力如图，



其所受的三个力在同一平面内，合力为零，则有：

$$Bqv = \sqrt{q^2 E^2 + m^2 g^2},$$

代入数据解得： $v = 20\text{m/s}$ ，

速度  $v$  的方向与电场  $E$  的方向之间的夹角满足  $\tan\theta = \frac{qE}{mg}$ ，

解得： $\tan\theta = \sqrt{3}$ ，则  $\theta = 60^\circ$

(2) 撤去磁场后，由于电场力垂直于竖直方向，它对竖直方向的分运动没有影响，以 P 点为坐标原点，竖直向上为正方向，小球在竖直方向上做匀减速直线运动，其初速度为  $v_y = v \sin\theta$ ，

若使小球再次穿过 P 点所在的电场线，仅需小球的竖直方向的分位移为零，则有：

$$v_y t - \frac{1}{2} g t^2 = 0$$

联立解得  $t = 2\sqrt{3}\text{s}$

因此从撤掉磁场到小球再次穿过 P 点所在的这条电场线经历的时间  $2\sqrt{3}\text{s}$ ；

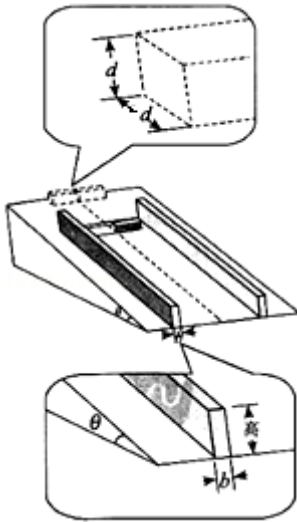
答：(1) 小球做匀速直线运动的速度  $v$  的大小为  $20\text{m/s}$ ，方向与电场  $E$  的夹角为  $60^\circ$ ；

(2) 从撤掉磁场到小球再次穿过 P 点所在的这条电场线经历的时间为  $2\sqrt{3}\text{s}$ 。

【点评】本题主要考查了带电粒子在混合场中运动的问题，要求同学们能正确分析小球的受力情况和运动情况，抓住小球做匀速直线运动，合力为零求解，难度适中。

14. (20分) 电磁缓速器是应用于车辆上以提高运行安全性的辅助制动装置，其工作原理是利用电磁阻尼作用减缓车辆的速度。电磁阻尼作用可以借助如下模型讨论：如图所示，将形状相同的两根平行且足够长的铝条固定在光滑斜面上，斜面与水平方向夹角为  $\theta$ ，一质量为  $m$  的条形磁铁滑入两铝条间，恰好匀速穿过，穿过时磁铁两端面与两铝条的间距始终保持恒定，其引起电磁感应的效果与磁铁不动，铝条相对磁铁运动相同。磁铁端面是边长为  $d$  的正方形，由于磁铁距离铝条很近，磁铁端面正对两铝条区域的磁场均可视为匀强磁场，磁感应强度为  $B$ ，铝条的高度大于  $d$ ，电阻率为  $\rho$ ，为研究问题方便铝条只考虑与磁场正对部分的电阻和磁场，其他部分电阻和磁场可忽略不计，假设磁铁进入铝条间以后，减少的机械能完全转化为铝条的内能，重力加速度为  $g$ 。

- (1) 求铝条中与磁铁正对部分的电流  $I$ ；
- (2) 若两铝条的宽度均为  $b$ ，推导磁铁匀速穿过铝条间时速度  $v$  的表达式；
- (3) 在其他条件不变的情况下，仅将两铝条更换为宽度  $b' > b$  的铝条，磁铁仍以速度  $v$  进入铝条间，试简要分析说明磁铁在铝条间运动的加速度和速度如何变化。



**【考点】** BB：闭合电路的欧姆定律；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】** 12：应用题；34：比较思想；4E：模型法；538：电磁感应——功能问题。

**【分析】** (1) 磁铁在铝条间运动时，根据安培力公式  $F=BdI$  求出两根铝条受到的安培力大小。磁铁匀速运动，受力平衡，由平衡条件求解铝条中与磁铁正对部分的电流  $I$ 。

(2) 根据法拉第电磁感应定律求出铝条中产生的感应电动势，根据电阻定律得到铝条与磁铁正对部分的电阻，结合欧姆定律列式，可求解速度  $v$  的表达式。

(3) 磁铁以速度  $v$  进入铝条间恰好做匀速运动时，磁铁受到沿斜面向上的作用力  $F$ 。由

上题结果得到  $F$  与  $b$ 、 $v$  等量的关系。再分析当两铝条的宽度变为  $b'$  时，受到的作用力变化，由牛顿第二定律分析铝条的运动情况，从而得到加速度和速度的变化情况。

**【解答】**解：（1）磁铁在铝条间运动时，两根铝条受到的安培力大小为：

$$F_{\text{安}} = BId \cdots \textcircled{1}$$

磁铁受到沿斜面向上的作用力，其大小有：

$$F = 2F_{\text{安}} \cdots \textcircled{2}$$

磁铁匀速运动时受力平衡，则有：

$$F - mg\sin\theta = 0 \cdots \textcircled{3}$$

联立①②③式可得：

$$I = \frac{mg\sin\theta}{2Bd} \cdots \textcircled{4}$$

（2）磁铁匀速穿过铝条间时，在铝条中产生的感应电动势为  $E$ ，则有：

$$E = Bdv \cdots \textcircled{5}$$

铝条与磁铁正对部分的电阻为  $R$ ，由电阻定律有：

$$R = \rho \frac{d}{db} \cdots \textcircled{6}$$

由欧姆定律有：

$$I = \frac{E}{R} \cdots \textcircled{7}$$

联立④⑤⑥⑦式可得：

$$v = \frac{\rho mg\sin\theta}{2B^2 d^2 b} \cdots \textcircled{8}$$

（3）磁铁以速度  $v$  进入铝条间，恰好做匀速运动时，磁铁受到沿斜面向上的作用力  $F$ ，

联立①②⑤⑥⑦式可得：

$$F = \frac{2B^2 d^2 bv}{\rho} \cdots \textcircled{9}$$

当铝条的宽度  $b' > b$  时，磁铁以速度  $v$  进入铝条间时，磁铁受到的作用力变为  $F'$ ，有：

$$F' = \frac{2B^2 d^2 b'v}{\rho}$$

可见， $F' > F = mg\sin\theta$ ，磁铁受到的合力方向沿斜面向上，获得与运动方向相反的加速

度，磁铁将减速下滑，此时加速度最大，之后，随着运动速度减小， $F'$  也随着减小，磁铁所受的合力也减小，由于磁铁加速度与所受的合力成正比，则磁铁的加速度逐渐减小。综上所述，磁铁做加速度逐渐减小的减速运动，直到  $F' = mg\sin\theta$  时，磁铁重新达到平衡状态，将再次以较小的速度匀速下滑。

答：

(1) 铝条中与磁铁正对部分的电流  $I$  是  $\frac{mg\sin\theta}{2Bd}$ ；

(2) 两铝条的宽度均为  $b$ ，磁铁匀速穿过铝条间时速度  $v$  的表达式是  $v = \frac{\rho mg\sin\theta}{2B^2 d^2 b}$ ；

(3) 磁铁做加速度逐渐减小的减速运动，直到  $F' = mg\sin\theta$  时，磁铁重新达到平衡状态，将再次以较小的速度匀速下滑。

**【点评】**该题首先要认真读题，弄清问题的情景，抓住磁铁运动、铝条不动与磁铁不动、铝条运动的效果相同，建立起物理模型，运用电磁感应的规律得到安培力与速度的关系式。