

# 2016年北京市高考物理试卷

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) 处于  $n=3$  能级的大量氢原子，向低能级跃迁时，辐射光的频率有( )

- A. 1种                      B. 2种                      C. 3种                      D. 4种

**【考点】** J4: 氢原子的能级公式和跃迁.

**【专题】** 32: 定量思想; 43: 推理法; 54N: 原子的能级结构专题.

**【分析】** 本题考查了波尔原子理论，所有的激发态都是不稳定的，都会继续向基态跃迁，故辐射光子的种类为  $C_n^2$ .

**【解答】** 解：现有大量的氢原子处于  $n=3$  的激发态，当这些氢原子向低能级跃迁时，辐射光子的频率为  $n=C_3^2=3$  种。选项 C 正确，ABD 错误。

故选：C。

**【点评】** 解决本题的关键知道能级间跃迁辐射或吸收光子的能量等于两能级间的能级差，知道数学组合公式  $C_n^2$  的应用。

2. (6分) 下列说法正确的是( )

- A. 电磁波在真空中以光速  $C$  传播  
B. 在空气中传播的声波是横波  
C. 声波只能在空气中传播  
D. 光需要介质才能传播

**【考点】** F8: 声波; G4: 电磁波的发射、传播和接收.

**【专题】** 32: 定量思想; 43: 推理法; 54R: 电磁场理论和电磁波.

**【分析】** 电磁波在真空中的传播速度与光在真空中的传播速度相同，机械波传播的是振动形式，离不开介质；波速由介质决定。

**【解答】**解 A、电磁波在真空中的传播速度与光在真空中的传播速度相同，故 A 正确；

B、空气中的声波是纵波，故 B 错误；

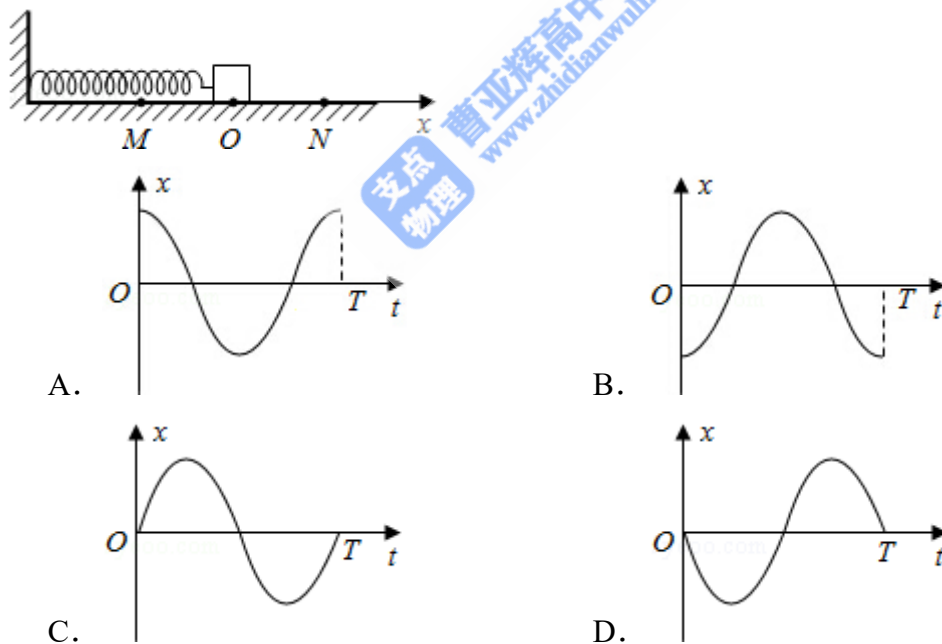
C、声波不仅能在空气中传播，也能在固体、液体中传播，但不能在真空中传播，故 C 错误；

D、光可以在真空中的传播，不需要介质，故 D 错误；

故选：A。

**【点评】**本题考查了电磁波的传播条件、传播速度，涉及的是基础知识，还有要明确声波是机械波，然后结合机械波的波速、波长、频率关系公式列式求解。

3. (6分) 如图所示，弹簧振子在 M、N 之间做简谐运动。以平衡位置 O 为原点，建立 Ox 轴。向右为 x 的正方向。若振子位于 N 点时开始计时，则其振动图象为 ( )



**【考点】** 72：简谐运动的振幅、周期和频率； 73：简谐运动的振动图象。

**【专题】** 32：定量思想； 43：推理法； 51D：振动图像与波动图像专题。

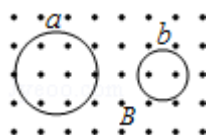
**【分析】**当振子运动到 N 点时开始计时，分析此时振子的位置，即确定出 t=0 时刻质点的位置，即可确定位移时间的图象。

**【解答】**解：由题意：设向右为  $x$  正方向，振子运动到  $N$  点时，振子具有正方向最大位移，所以振子运动到  $N$  点时开始计时振动图象应是余弦曲线，故  $A$  正确， $BCD$  错误。

故选：A。

**【点评】**本题在选择图象时，关键研究  $t=0$  时刻质点的位移和位移如何变化。

4. (6分) 如图所示，匀强磁场中有两个导体圆环  $a$ 、 $b$ ，磁场方向与圆环所在平面垂直。磁感应强度  $B$  随时间均匀增大。两圆环半径之比为  $2:1$ ，圆环中产生的感应电动势分别为  $E_a$  和  $E_b$ ，不考虑两圆环间的相互影响。下列说法正确的是 ( )



- A.  $E_a: E_b=4:1$ ，感应电流均沿逆时针方向
- B.  $E_a: E_b=4:1$ ，感应电流均沿顺时针方向
- C.  $E_a: E_b=2:1$ ，感应电流均沿逆时针方向
- D.  $E_a: E_b=2:1$ ，感应电流均沿顺时针方向

**【考点】** D8：法拉第电磁感应定律；DB：楞次定律。

**【专题】** 32：定量思想；43：推理法；53C：电磁感应与电路结合。

**【分析】**根据法拉第电磁感应定律  $E=n\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n\frac{\Delta B}{\Delta t}S$  计算感应电动势的大小，根据楞次定律判断感应电流的方向。

**【解答】**解：根据法拉第电磁感应定律  $E=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta B}{\Delta t}S$ ，题中  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  相同，

$$a \text{ 圆环中产生的感应电动势分别为 } E_a=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta B}{\Delta t}S=\frac{\Delta B}{\Delta t}\pi r_a^2,$$

$$b \text{ 圆环中产生的感应电动势分别为 } E_b=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Delta B}{\Delta t}S=\frac{\Delta B}{\Delta t}\pi r_b^2,$$

由于  $r_a:r_b=2:1$ ，

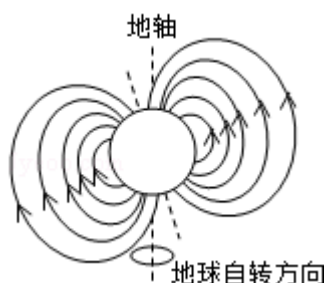
$$\text{所以 } \frac{E_a}{E_b}=\frac{r_a^2}{r_b^2}=\frac{4}{1},$$

由于磁场向外，磁感应强度  $B$  随时间均匀增大，根据楞次定律可知，感应电流均沿顺时针方向，故  $B$  正确， $ACD$  错误；

故选： $B$ 。

**【点评】**本题整合了法拉第电磁感应定律，楞次定律，常规题，要善于运用比例法求解比值。

5. (6分) 中国宋代科学家沈括在《梦溪笔谈》中最早记载了地磁偏角：“以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。”进一步研究表明，地球周围地磁场的磁感线分布示意如图。结合上述材料，下列说法不正确的是 ( )



- A. 地理南、北极与地磁场的南、北极不重合
- B. 地球内部也存在磁场，地磁南极在地理北极附近
- C. 地球表面任意位置的地磁场方向都与地面平行
- D. 地磁场对射向地球赤道的带电宇宙射线粒子有力的作用

**【考点】**  $C5$ ：地磁场； $CF$ ：洛伦兹力。

**【专题】**  $32$ ：定量思想； $43$ ：推理法； $536$ ：带电粒子在磁场中的运动专题。

**【分析】**根据课本中有关地磁场的基础知识，同时明确磁场及磁通量的性质；即可确定此题的答案。

**【解答】**解：A、地理南、北极与地磁场的南、北极不重合有一定的夹角，即为磁偏角；故  $A$  正确；

B、磁场是闭合的曲线，地球内部也存在磁场，地磁南极在地理北极附近，故  $B$  正确；

C、磁场是闭合的曲线，地球磁场从南极附近发出，从北极附近进入地球，组成闭合曲线，不是地球表面任意位置的地磁场方向都与地面平行，故  $C$  错误；

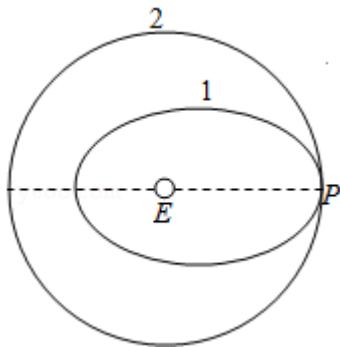
D、地磁场与射向地球赤道的带电宇宙射线粒子速度方向并不平行，所以对带电

宇宙射线粒子有力的作用，故 D 正确；

本题选错误的，故选：C。

**【点评】**本题考查了地磁场的性质以及磁通量等内容，要注意借助地磁场的磁场分布分析地磁场对应的性质。

6. (6分) 如图所示，一颗人造卫星原来在椭圆轨道 1 绕地球 E 运行，在 P 变轨后进入轨道 2 做匀速圆周运动。下列说法正确的是 ( )



- A. 不论在轨道 1 还是在轨道 2 运行，卫星在 P 点的速度都相同
- B. 不论在轨道 1 还是在轨道 2 运行，卫星在 P 点的加速度都相同
- C. 卫星在轨道 1 的任何位置都具有相同加速度
- D. 卫星在轨道 2 的任何位置都具有相同动量

**【考点】** 4F：万有引力定律及其应用； 4H：人造卫星。

**【专题】** 22：学科综合题； 31：定性思想； 43：推理法； 52A：人造卫星问题。

**【分析】**卫星变轨，做离心运动要加速；万有引力提供向心力；加速度和动量都是矢量。

**【解答】**解：A. 卫星由轨道 1 在 P 点进入轨道 2 做离心运动，要加速，所以在轨道 1 和在轨道 2 运行经过 P 点的速度不同，故 A 错误；

B. 在轨道 1 和在轨道 2 运行经过 P 点，都是万有引力提供向心力，由  $a = \frac{GM}{r^2}$  可知，卫星在 P 点的加速度都相同，故 B 正确；

C. 由  $a = \frac{GM}{r^2}$  可知，由于 r 不同，加速度的方向指向地球，方向不同，所以卫星在轨道 1 的任何位置的加速度都不同，故 C 错误；

D. 卫星在轨道 2 的任何位置的速度方向不同，所以动量不同，故 D 错误。

故选：B。

**【点评】**解答本题的关键是知道卫星变轨问题，做离心运动要加速。还要知道加速度和动量都是矢量，都有方向。

7. (6 分) 某兴趣小组探究用不同方法测定干电池的电动势和内阻，他们提出的实验方案中有如下四种器材组合。为使实验结果尽可能准确，最不可取的一组器材是 ( )

- A. 一个安培表、一个伏特表和一个滑动变阻器
- B. 一个伏特表和多个定值电阻
- C. 一个安培表和一个电阻箱
- D. 两个安培表和一个滑动变阻器

**【考点】**N3：测定电源的电动势和内阻。

**【专题】**18：误差分析和数据处理；34：比较思想；43：推理法；535：恒定电流专题。

**【分析】**根据  $U - I$  图象与坐标轴的交点求解电动势和内阻。

**【解答】**解：通过改变电路的阻值从而获得多组数据，根据  $U - I$  图象与坐标轴的交点求解电动势和内阻。

- A. 安培表测电流，伏特表测路端电压，滑动变阻改变电路的阻值从而获得多组数据，故 A 可取；
- B. 伏特表测路端电压，电流可由路端电压和定值电阻求得，通过改变接入定值电阻的个数改变电路的电阻，故 B 可取；
- C. 安培表测电流，再由电流和定值电阻可得路端电压，通过改变接入定值电阻的个数改变电路的电阻，故 C 可取；
- D. 两个安培表和一个滑动变阻器，不管怎么组合，不能测出路端电压，故不能测出电动势和内阻，故 D 最不可取。

本题选最不可取的一组器材，故选：D。

**【点评】**解决本题的关键会从  $U - I$  图线获取电源的电动势和内阻，电源的内阻

等于图线的斜率绝对值，以及会分析误差的来源。

8. (6分) 雾霾天气对大气中各种悬浮颗粒物含量超标的笼统表述，是特定气候条件与人类活动相互作用的结果。雾霾中，各种悬浮颗粒物形状不规则，但可视为密度相同、直径不同的球体，并用 PM10、PM2.5 分别表示直径小于或等于  $10\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$  的颗粒物 (PM 是颗粒物的英文缩写)。

某科研机构对北京地区的检测结果表明，在静稳的雾霾天气中，近地面高度百米的范围内，PM10 的浓度随高度的增加略有减小，大于 PM10 的大悬浮颗粒物的浓度随高度的增加明显减小，且两种浓度分布基本不随时间变化。

据此材料，以下叙述正确的是 ( )

- A. PM10 表示直径小于或等于  $1.0\times 10^{-6}\text{m}$  的悬浮颗粒物
- B. PM10 受到的空气分子作用力的合力始终大于其受到的重力
- C. PM10 和大悬浮颗粒物都在做布朗运动
- D. PM2.5 浓度随高度的增加逐渐增大

**【考点】** 84: 布朗运动; 86: 分子间的相互作用力。

**【专题】** 15: 简答题; 21: 信息给予题; 31: 定性思想; 43: 推理法; 546: 分子间相互作用力与分子间距离的关系。

**【分析】** 由题意知: PM10 表示直径小于或等于的  $10\mu\text{m}$ ;

PM10、PM2.5 是直径小于或等于  $10\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$  的颗粒物，在空气分子作用力的合力作用下做无规则运动，合力不可能始终大于其受到的重力;

布朗运动是悬浮颗粒的无规则运动，是空气分子无规则运动的反映。

**【解答】** 解: A. 由题意知: PM10 表示直径小于或等于的  $10\mu\text{m}=10^{-5}\text{m}$  悬浮颗粒，故 A 错误;

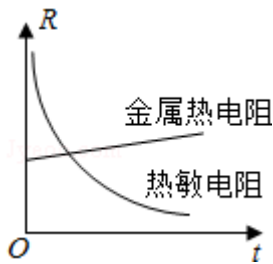
BCD. 由题意知，PM10、PM2.5 是直径小于或等于  $10\mu\text{m}$ 、 $2.5\mu\text{m}$  的颗粒物，在空气分子作用力的合力作用下做无规则运动，合力不可能始终大于其受到的重力，所以 PM10 和大悬浮颗粒物都在做布朗运动，PM10、PM2.5 的浓度随高度的增加略有减小，故 C 正确，BD 错误。

故选: C。

【点评】解答此题的关键是由题目获得信息，并能理解布朗运动的含义。

## 二、解答题

9. (4分) 热敏电阻常用于温度控制或过热保护装置中. 图为某种热敏电阻和金属热电阻的阻值  $R$  随温度  $t$  变化的示意图. 由图可知, 这种热敏电阻在温度上升时导电能力 增强 (选填“增强”或“减弱”); 相对金属热电阻而言, 热敏电阻对温度变化的影响更 敏感 (选填“敏感”或“不敏感”).



【考点】B2: 欧姆定律.

【专题】15: 简答题; 34: 比较思想; 45: 归纳法; 535: 恒定电流专题.

【分析】图中横轴表示温度, 纵轴表示电阻, 图象反映了电阻随着温度的变化情况.

【解答】解: 图中横轴表示温度, 纵轴表示电阻, 随着温度的增加, 金属热电阻的阻值略微增大, 而热敏电阻的阻值显著减小.

所以这种热敏电阻在温度上升时导电能力增强; 相对金属热电阻而言, 热敏电阻对温度变化的影响更敏感.

故答案为: 增强, 敏感.

【点评】解题的关键是能看懂图象, 一个物理量不断变化时, 看另一个物理量如何变化, 从而得出结论.

## 四、标题

10. (14分) 利用图 1 装置做“验证机械能守恒定律”实验.

①为验证机械能是否守恒, 需要比较重物下落过程中任意两点间的 A.

A. 动能变化量与势能变化量

B. 速度变化量和势能变化量

C. 速度变化量和高度变化量

②除带夹子的重物、纸带、铁架台（含铁夹）、电磁打点计时器、导线及开关外，在下列器材中，还必须使用的两种器材是 AB

A. 交流电源 B. 刻度尺 C. 天平（含砝码）

③实验中，先接通电源，再释放重物，得到图 2 所示的一条纸带。在纸带上选取三个连续打出的点 A、B、C，测得它们到起始点 O 的距离分别为  $h_A$ 、 $h_B$ 、 $h_C$ 。

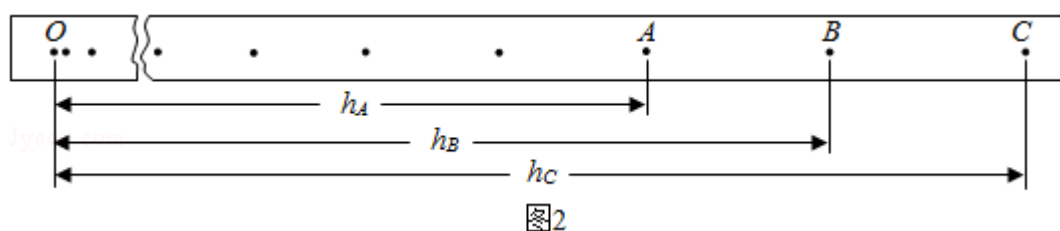


图2

已知当地重力加速度为  $g$ ，打点计时器打点的周期为  $T$ 。设重物的质量为  $m$ 。从打 O 点到打 B 点的过程中，重物的重力势能变化量  $\Delta E_p = \underline{-mgh_B}$ ，动能

变化量  $\Delta E_k = \underline{\frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}}$ 。

④大多数学生的实验结果显示，重力势能的减少量大于动能的增加量，原因是 C

A. 利用公式  $v=gt$  计算重物速度

B. 利用公式  $v=\sqrt{2gh}$  计算重物速度

C. 存在空气阻力和摩擦力阻力的影响

D. 没有采用多次试验去平均值的方法。

⑤根据以下方法研究机械能是否守恒：在纸带上选取多个计数点，测量它们到起始点 O 的距离  $h$ ，计算对应计数点的重物速度  $v$ ，描绘  $v^2 - h$  图象，并做如下判断：若图象是一条过原点的直线，则重物下落过程中机械能守恒。请你分析论证该同学的判断依据是否正确。

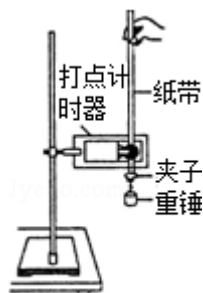


图1

**【考点】** MD：验证机械能守恒定律.

**【专题】** 13：实验题； 23：实验探究题； 31：定性思想； 43：推理法； 52E：机械能守恒定律应用专题.

**【分析】** 根据验证机械能守恒定律原理可判断；

根据实验的原理确定需要测量的物理量，从而确定所需的测量器材；

根据某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度求出 B 点的瞬时速度，从而得出动能的增加量；

根据功能关系可判断；

如果  $v^2 - h$  图象为直线，仅表示合力恒定，与机械能是否守恒无关，比如：阻力恒定，合外力一定，加速度一定， $v^2 - h$  图象也可能是一条过原点的倾斜的直线.

**【解答】** 解：①验证机械能守恒定律原理是看减少的重力势能和增加的动能是否相等，所以需要比较重物下落过程中任意两点间的动能变化量与势能变化量；

②电磁打点计时器使用低压交流电源；需选用刻度尺测出纸带上任意连点见得距离，表示重锤下落的高度；等式两边都含有相同的质量，所以不需要天平秤质量；

③根据功能关系，重物的重力势能变化量的大小等于重力做的功的多少，打 B 点时的重力势能较打 A 点时的小，所以  $\Delta E_p = -mgh_B$ ；B 点的速度为： $v_B =$

$$\frac{h_C - h_A}{2T}, \text{ 所以动能变化量为: } \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2};$$

④由于纸带在下落过程中，重锤和空气之间存在阻力，纸带和打点计时器之间

存在摩擦力，所以减小的重力势能一部分转化为动能，还有一部分要克服空气阻力和摩擦力阻力做功，故重力势能的减少量大于动能的增加量，故 C 选项正确；

- ⑤该同学的判断依据不正确。在重物下落  $h$  的过程中，若阻力  $f$  恒定，根据  $mgh - fh = \frac{1}{2}mv^2 - 0$  可得： $v^2 = 2(g - \frac{f}{m})h$ ，则此时  $v^2 - h$  图象就是过原点的一条直线。所以要想通过  $v^2 - h$  图象的方法验证机械能是否守恒，还必须看图象的斜率是否接近  $2g$ 。

故答案为：①A；②AB；③ $mgh_B$ ； $\frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}$ ；④C；⑤不正确。

**【点评】**解决本题的关键掌握实验的原理，会通过原理确定器材，以及掌握纸带的处理方法，会通过纸带求解瞬时速度的大小，关键是匀变速直线运动推论的运用。

## 五、标题

11. (16分) 如图所示，质量为  $m$ ，电荷量为  $q$  的带电粒子，以初速度  $v$  沿垂直磁场方向射入磁感应强度为  $B$  的匀强磁场，在磁场中做匀速圆周运动。不计带电粒子所受重力。

- (1) 求粒子做匀速圆周运动的半径  $R$  和周期  $T$ ；
- (2) 为使该粒子做匀速直线运动，还需要同时存在一个与磁场方向垂直的匀强电场，求电场强度  $E$  的大小。



**【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】11：计算题；32：定量思想；4C：方程法；536：带电粒子在磁场中的运动专题。

【分析】(1) 粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，由牛顿第二定律求出轨道半径，然后求出周期。

(2) 粒子在电磁场中做匀速直线运动，电场力和洛伦兹力二力平衡，即可求出电场强度  $E$  的大小

【解答】解：(1) 由洛伦兹力公式，粒子在磁场中受力  $F$  为  $F=qvB$ ①

粒子做匀速圆周运动所需向心力

$$F_{\text{向}}=m\frac{v^2}{R}$$
②

粒子仅受洛伦兹力做匀速圆周运动

$$F=F_{\text{向}}$$
③

联立①②③得

$$R=\frac{mv}{qB}$$
④④

由匀速圆周运动周期与线速度关系：

$$T=\frac{2\pi R}{v}$$
⑤

联立④⑤得  $T=\frac{2\pi m}{qB}$

(2) 粒子做匀速直线运动需受力平衡

故电场力需与洛伦兹力等大反向即  $qE=qvB$

解得： $E=vB$

答：(1) 粒子做匀速圆周运动的半径  $R$  为  $\frac{mv}{qB}$  和周期  $T$  为  $\frac{2\pi m}{qB}$ ；

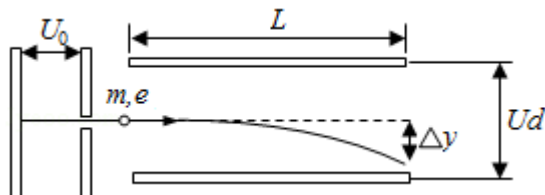
(2) 为使该粒子做匀速直线运动，还需要同时存在一个与磁场方向垂直的匀强电场，电场强度  $E$  的大小为  $vB$ 。

【点评】 本题考查了求粒子做圆周运动的轨道半径、周期，应用牛顿第二定律、线速度与周期的关系即可正确解题。注意粒子（重力不计）在电磁复合场中做匀速直线运动，电场力和洛伦兹力平衡。

12. (18分) 如图所示，电子由静止开始经加速电场加速后，沿平行于版面的方

向射入偏转电场，并从另一侧射出。已知电子质量为  $m$ ，电荷量为  $e$ ，加速电场电压为  $U_0$ ，偏转电场可看做匀强电场，极板间电压为  $U$ ，极板长度为  $L$ ，板间距为  $d$ 。

- (1) 忽略电子所受重力，求电子射入偏转电场时初速度  $v_0$  和从电场射出时沿垂直版面方向的偏转距离  $\Delta y$ ；
- (2) 分析物理量的数量级，是解决物理问题的常用方法。在解决 (1) 问时忽略了电子所受重力，请利用下列数据分析说明其原因。已知  $U=2.0\times 10^2\text{V}$ ， $d=4.0\times 10^{-2}\text{m}$ ， $m=9.1\times 10^{-31}\text{kg}$ ， $e=1.6\times 10^{-19}\text{C}$ ， $g=10\text{m/s}^2$ 。
- (3) 极板间既有电场也有重力场。电势反映了静电场各点的能的性质，请写出电势  $\varphi$  的定义式。类比电势的定义方法，在重力场中建立“重力势”的  $\varphi_G$  概念，并简要说明电势和“重力势”的共同特点。



**【考点】** AC：电势；AG：电势差和电场强度的关系。

**【专题】** 11：计算题；32：定量思想；43：推理法；532：电场力与电势的性质专题。

**【分析】** (1) 根据动能定理，即可求得加速的速度大小，再依据类平抛运动处理规律，结合运动学公式，及运动的合成与分解，从而即可求解；

(2) 依据提供的数据，从而计算出重力与电场力，并求得它们的比值，即可求解；

(3) 根据电势是电势能与电荷量的比值，故重力势等于重力势能与质量的比值，再根据两者的联系，从而确定共同点。

**【解答】** 解：(1) 电子在加速场中加速，根据动能定理，则有：
$$eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得：
$$v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$$

电子在偏转电场中加速，做类平抛运动，将其运动分解成速度方向匀速直线运动，与电场强度方向做初速度为零的匀加速直线运动，则有：

速度方向的位移为： $L=v_0t$ ;

电场强度方向的位移为： $\Delta y=\frac{1}{2}at^2$

由牛顿第二定律有： $a=\frac{F}{m}=\frac{eE}{m}$

且  $E=\frac{U}{d}$

综上所述，解得： $\Delta y=\frac{UL^2}{4U_0d}$

(2) 已知  $U=2.0\times 10^2\text{V}$ ， $d=4.0\times 10^{-2}\text{m}$ ， $m=9.1\times 10^{-31}\text{kg}$ ， $e=1.6\times 10^{-19}\text{C}$ ， $g=10\text{m/s}^2$ .

电子所受重力为： $G=mg=9.1\times 10^{-30}\text{N}$

电子受到的电场力为： $F_{\text{电}}=e\frac{U}{d}=8\times 10^{-16}\text{N}$

那么  $\frac{G}{F_{\text{电}}}=\frac{9.1\times 10^{-30}}{8\times 10^{-16}}\approx 10^{-14}$ ;

由于  $F_{\text{电}}\gg G$ ，所以重力忽略不计，

(3) 电场中某点电势  $\varphi$  定义为电荷在该点的电势能  $E_P$  与其电荷量  $q$  的比值，

即： $\varphi=\frac{E_P}{q}$

由于重力做功与路径无关，可以类比静电场电势的定义，将重力场中物体在某点

的重力势能  $E_G$  与其质量  $m$  的比值，叫做“重力势”，即  $\varphi_G=\frac{E_G}{m}$ .

电势  $\varphi$  与重力势  $\varphi_G$  都是反映场的能的性质的物理量，仅由场自身的因素决定.

答：(1) 忽略电子所受重力，电子射入偏转电场时初速度  $\sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$ ,

从电场射出时沿垂直版面方向的偏转距离  $\frac{UL^2}{4U_0d}$ ;

(2) 根据  $\frac{G}{F_{\text{电}}}\approx 10^{-14}$ ，从而可以忽略了电子所受重力.

(3) 电势  $\varphi$  的定义式为： $\varphi=\frac{E_P}{q}$ ;

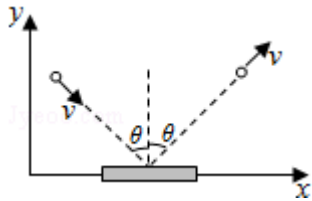
电势和“重力势”的共同特点为：电势  $\varphi$  与重力势  $\varphi_G$  都是反映场的能的性质的物

理量，仅由场自身的因素决定。

**【点评】**考查了动能定理的内容，掌握类平抛运动处理规律，掌握运动的合成与分解的应用，注意类比法的内涵，及如何归纳物理量间的共同点是解题的关键。

13. (10分) 动量定理可以表示为 $\Delta p = F\Delta t$ ，其中动量  $p$  和力  $F$  都是矢量。在运用动量定理处理二维问题时，可以在相互垂直的  $x$ 、 $y$  两个方向上分别研究。例如，质量为  $m$  的小球斜射到木板上，入射的角度是  $\theta$ ，碰撞后弹出的角度也是  $\theta$ ，碰撞前后的速度大小都是  $v$ ，如图所示。碰撞过程中忽略小球所受重力。

- 分别求出碰撞前后  $x$ 、 $y$  方向小球的动量变化  $\Delta p_x$ 、 $\Delta p_y$ ；
- 分析说明小球对木板的作用力的方向。



**【考点】** 52：动量定理。

**【专题】** 15：简答题； 31：定性思想； 43：推理法； 52F：动量定理应用专题。

**【分析】** (a) 把小球入射速度和反射速度沿  $x$  方向和  $y$  方向进行分解，再根据动量的变化量等于末动量减初动量求解即可；

(b) 对小球分析，根据 $\Delta p = F\Delta t$  分别求出  $x$  方向和  $y$  方向的作用力，从而求出合力，再结合牛顿第三定律分析即可。

**【解答】** 解： a、把小球入射速度分解为  $v_x = v\sin\theta$ ， $v_y = -v\cos\theta$ ，

把小球反弹速度分解为  $v_x' = v\sin\theta$ ， $v_y' = v\cos\theta$ ，

则 $\Delta p_x = m(v_x' - v_x) = 0$ ， $\Delta p_y = m(v_y' - v_y) = 2mv\cos\theta$ ，方向沿  $y$  轴正方向，

b、对小球分析，根据 $\Delta p = F\Delta t$  得： $F_x = \frac{\Delta P_x}{\Delta t} = 0$ ， $F_y = \frac{\Delta P_y}{\Delta t}$ ，

则 $F_{\text{合}} = F_y = \frac{\Delta P_y}{\Delta t}$ ，方向沿  $y$  轴正向，

根据牛顿第三定律可知，小球对木板的作用力的方向沿  $y$  轴负方向。

答：a. 分别求出碰撞前后  $x$ 、 $y$  方向小球的动量变化  $\Delta p_x$  为 0， $\Delta p_y$  大小为  $2mv\cos\theta$ ，方向沿  $y$  轴正方向；

b. 小球对木板的作用力的方向沿  $y$  轴负方向。

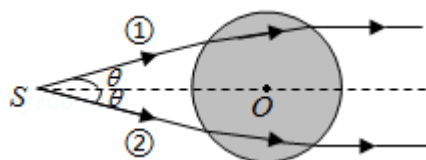
**【点评】** 本题主要考查了速度的合成与分解原则以及动量定理的直接应用，注意动量是矢量，有大小也有方向，难度适中。

14. (10 分) 激光束可以看作是粒子流，其中的粒子以相同的动量沿光传播方向运动。激光照射到物体上，在发生反射、折射和吸收现象的同时，也会对物体产生作用。光镊效应就是一个实例，激光束可以像镊子一样抓住细胞等微小颗粒。

一束激光经  $S$  点后被分成若干细光束，若不考虑光的反射和吸收，其中光束①和②穿过介质小球的光路如图②所示，图中  $O$  点是介质小球的球心，入射时光束①和②与  $SO$  的夹角均为  $\theta$ ，出射时光束均与  $SO$  平行。请在下面两种情况下，分析说明两光束因折射对小球产生的合力的方向。

a. 光束①和②强度相同；

b. 光束①比②强度大。



**【考点】** 52：动量定理。

**【专题】** 12：应用题； 33：参照思想； 49：合成分解法； 52F：动量定理应用专题。

**【分析】** 分竖直和水平两个方向，分别运用动量定理列式，求出球对光子的作用力的两个分力，再合成求球对光子的作用力，由牛顿第三定律得到光对球的合力。

**【解答】** 解：设光束 1 单位时间内射出的光子数为  $N_1$ ，光束 2 单位时间内射出的光子数为  $N_2$ ，该激光束单个光子的动量为  $P$ 。规定向右为水平方向的正方向。向上为竖直方向的正方向。根据动量定理得

对光束 1 有：

$$\text{水平方向: } (N_1 \Delta t) (P - P \cos \theta) = F_{1x} \cdot \Delta t$$

$$\text{竖直方向: } (N_1 \Delta t) (0 - P \sin \theta) = F_{1y} \cdot \Delta t$$

对光束 2 有:

$$\text{水平方向: } (N_2 \Delta t) (P - P \cos \theta) = F_{2x} \cdot \Delta t$$

$$\text{竖直方向: } (N_2 \Delta t) [0 - (-P \sin \theta)] = F_{2y} \cdot \Delta t$$

a、光束①和②强度相同, 有  $N_1 = N_2$ .

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} > 0, \text{ 方向向右}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} = 0$$

所以  $F = F_x$ , 方向水平向右

根据牛顿第三定律可知, 小球所受的合力方向水平向左.

b、若强度不同, 且  $N_1 > N_2$ . 所以

$$F_x = F_{1x} + F_{2x} > 0, \text{ 方向向右}$$

$$F_y = F_{1y} + F_{2y} < 0, \text{ 方向竖直向下}$$

根据力的合成可知, 合力  $F$  方向为右下

根据牛顿第三定律知, 小球所受的合力方向为左上.

答:

a. 光束①和②强度相同时, 光束因折射对小球产生的合力的方向向左;

b. 光束①比②强度大时, 小球所受的合力方向为左上.

**【点评】**解决本题的关键建立物理模型, 可将光子抽象成小球, 根据动量定理进行分析其受力情况.