

一、选择题

1. 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

解析：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，BCD 错误。

答案：C

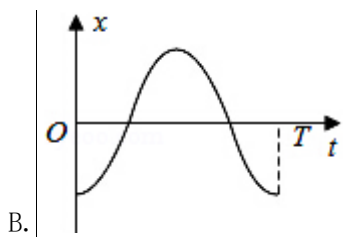
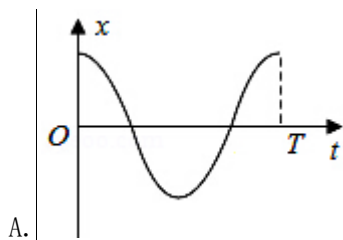
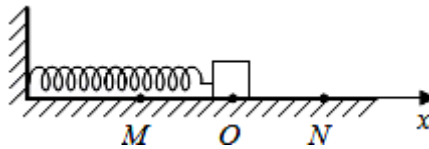
2. 下列说法正确的是()

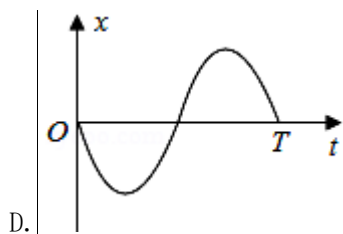
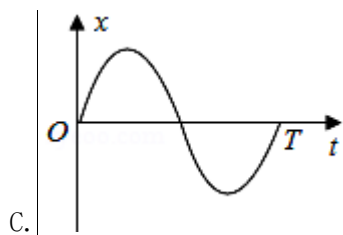
- A. 电磁波在真空中以光速 c 传播
- B. 在空气中传播的声波是横波
- C. 声波只能在空气中传播
- D. 光需要介质才能传播

解析：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。

答案：A

3. 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()

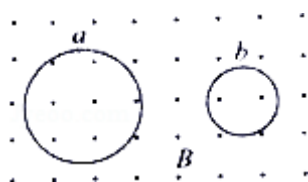




解析：由题意：设向右为 x 正方向，振子运动到 N 点时，振子具有正方向最大位移，所以振子运动到 N 点时开始计时振动图象应是余弦曲线，故 A 正确，BCD 错误。

答案：A

4. 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

解析：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 $r_a: r_b=2: 1$,

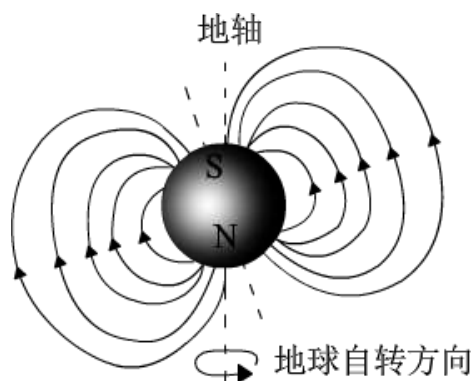
$$\frac{E_a}{E_b} = \frac{r_a^2}{r_b^2} = \frac{4}{1},$$

所以

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。

答案：B

5. 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()

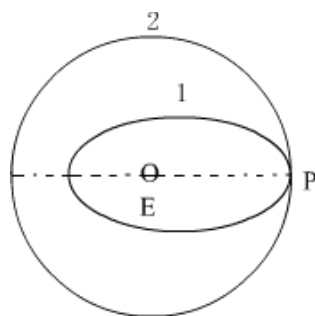


- A. 地理南、北极与地磁场的南、北极不重合
- B. 地球内部也存在磁场，地磁南极在地理北极附近
- C. 地球表面任意位置的地磁场方向都与地面平行
- D. 地磁场对射向地球赤道的带电宇宙射线粒子有力的作用

解析：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。

答案：C

6. 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

解析：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。

答案：B

7. 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

解析：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。

答案：D

8. 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

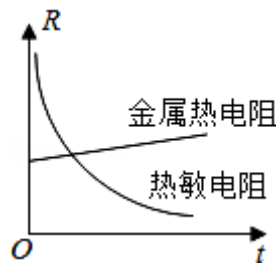
解析：A. 由题意知：PM10 表示直径小于或等于的 $10 \mu\text{m} = 10^{-5} \text{m}$ 悬浮颗粒，故 A 错误；

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。

答案：C

二、解答题

9. 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____(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____(选填敏感或不敏感)。

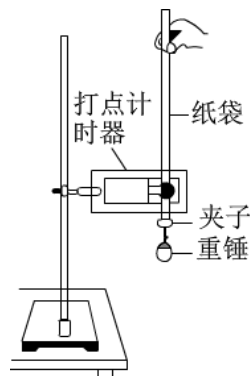


解析：图中横轴表示温度，纵轴表示电阻，随着温度的增加，金属热电阻的阻值略微增大，而热敏电阻的阻值显著减小。

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。

答案：增强 敏感

10. 利用如下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. 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

解析：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。

答案：A

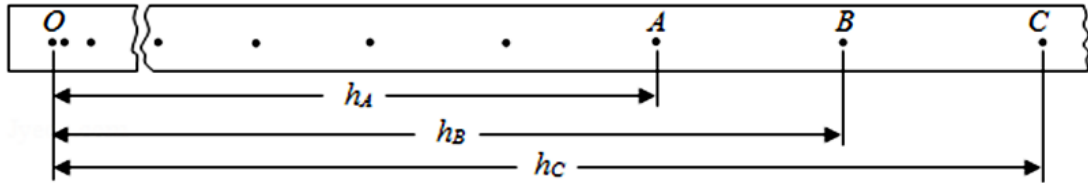
(2) 除带夹子的重物、纸带、铁架台(含铁夹)、电磁打点计时器、导线及开关外，在下列器材中，还必须使用的两种器材是_____

A. 交流电源 B. 刻度尺 C. 天平(含砝码)

解析：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。

答案：AB

(3) 实验中，先接通电源，再释放重物，得到如图所示的一条纸带。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 。



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 $\Delta E_p = \underline{\hspace{2cm}}$ ，动能变化量 $\Delta E_k = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析：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： $v_B = \frac{h_C - h_A}{2T}$ ，所以动能变化量

为： $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}$ 。

答案： mgh_B $\frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}$

(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_____

- 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。

解析：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。

答案：C

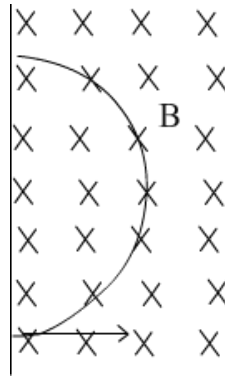
(5) 根据以下方法研究机械能是否守恒：在纸带上选取多个计数点，测量它们到起始点 O 的距离 h ，计算对应计数点的重物速度 v ，描绘 $v^2 - h$ 图象，并做如下判断：若图象是一条过原点的直线，则重物下落过程中机械能守恒。请你分析论证该同学的判断依据是否正确。

解析：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 $2g$ 。

答案：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 $2g$ 。

11. 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 ；

解析：由洛伦兹力公式，粒子在磁场中受力 F 为 $F = qvB$
粒子做匀速圆周运动所需向心力

$$F_{\text{向}} = m \frac{v^2}{R}$$

粒子仅受洛伦兹力做匀速圆周运动

$$F = F_{\text{向}}$$

联立上式得

$$R = \frac{mv}{qB}$$

由匀速圆周运动周期与线速度关系：

$$T = \frac{2\pi R}{v}$$

联立上式得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$

答案：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，求电场强度 E 的大小。

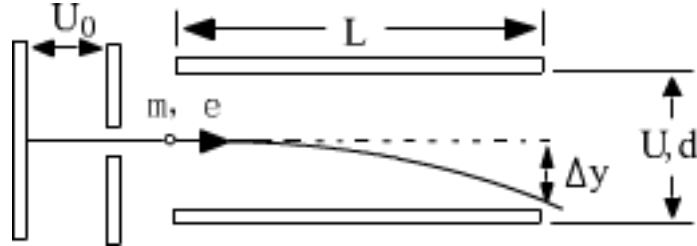
解析：粒子做匀速直线运动需受力平衡

故电场力需与洛伦兹力等大反向即 $qE = qvB$

解得： $E=vB$ 。

答案：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 。

12. 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 Δy ：

解析：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： $L = v_0 t$ ；

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：
$$\Delta y = \frac{UL^2}{4U_0 d}$$
。

答案：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 $\frac{UL^2}{4U_0 d}$ 。

(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 $U=2.0 \times 10^2 \text{V}$ ， $d=4.0 \times 10^{-2} \text{m}$ ， $m=9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ ， $e=1.6 \times 10^{-19} \text{C}$ ， $g=110 \text{m/s}^2$ 。

解析：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。

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

(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 ϕ 的定义式。类比电势的定义方法，在重力场中建立重力势的 ϕ_G 概念，并简要说明电势和重力势的共同特点。

解析：电场中某点电势 ϕ 定义为电荷在该点的电势能 E_P 与其电荷量 q 的比值，

即： $\phi = \frac{E_P}{q}$

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 $\phi_G = \frac{E_G}{m}$ 。

电势 ϕ 与重力势 ϕ_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。

答案：电势 ϕ 的定义式为： $\phi = \frac{E_P}{q}$ 。

电势和重力势的共同特点为：电势 ϕ 与重力势 ϕ_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。

13. 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 θ , 碰撞后弹出的角度也是 θ , 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。



(1) 分别求出碰撞前后 x 、 y 方向小球的动量变化 Δp_x 、 Δp_y ;

解析：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 $\Delta p_x = m(v_x' - v_x) = 0$, $\Delta p_y = m(v_y' - v_y) = 2m v \cos \theta$, 方向沿 y 轴正方向。

答案：分别求出碰撞前后 x 、 y 方向小球的动量变化 Δp_x 为 0， Δp_y 大小为 $2mv\cos\theta$ ，方向沿 y 轴正方向。

(2) 分析说明小球对木板的作用力的方向。

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

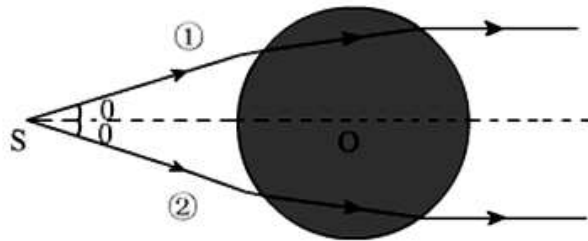
则 $F_{\text{合}} = F_y = \frac{\Delta P_y}{\Delta t}$ ，方向沿 y 轴正向，

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。

答案：小球对木板的作用力的方向沿 y 轴负方向。

14. 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 θ ，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。



解析：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：

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

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

对光束 2 有：

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

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

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

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

$F_y = F_{1y} + F_{2y} < 0$ ，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。

答案：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。