2016 年北京理综

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 (C)

A. 1 种　　B. 2 种　　C. 3 种　　D. 4 种

> 处于 $n=3$ 能级的大量氢原子，向低能级跃迁时，会出现 $n=3$ 向 $n=2$、$n=1$ 直接跃迁的两种情形，辐射出两种频率的光子，还有 $n=2$ 向 $n=1$ 跃迁时再辐射出一种光子，所以会出现 3 种频率的光子，故 C 正确。

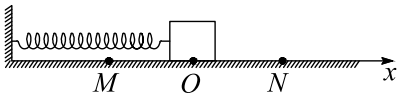
2. 下列说法正确的是 (A)

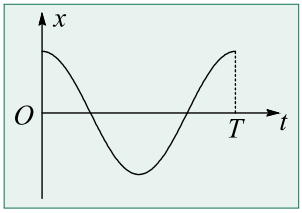
A. 电磁波在真空中以光速 c 传播　　B. 在空气中传播的声波是横波

C. 声波只能在空气中传播　　D. 光需要介质才能传播

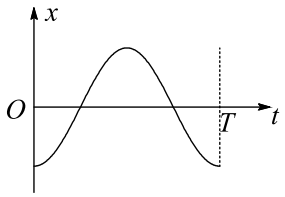
> 电磁波在真空中以光速 c 传播，故 A 正确；在空气中传播的声波是纵波，故 B 错误；声波在气体、液体、固体中都可以传播，故 C 错误；光是电磁波，传播不需要介质，故 D 错误。

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 轴正方向。若振子位于 N 点时开始计时，则其振动图像为 (A)

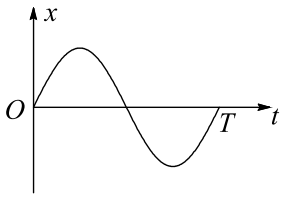




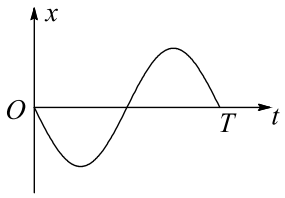
A.



B.



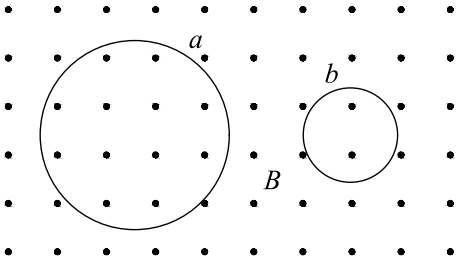
C.



D.

> 振动图像以 O 为平衡位置、向右为 x 轴正方向，从振子位于 N 点时开始计时，即 0 时刻振子的位移为正向最大值，故 A 正确。

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 (B)



A. $E_a : E_b = 4 : 1$，感应电流均沿逆时针方向

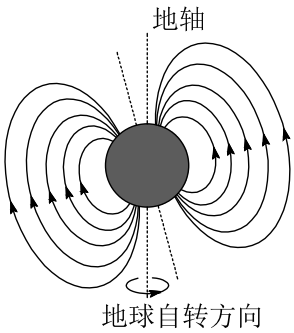
B. $E_a : E_b = 4 : 1$，感应电流均沿顺时针方向

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

> 由法拉第电磁感应定律得 $E = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B \cdot S}{\Delta t}$，所以圆环的感应电动势之比为 $\frac{E_a}{E_b} = \frac{S_a}{S_b}$，又圆环的面积 $S = \pi r^2$，所以 $\frac{E_a}{E_b} = \frac{S_a}{S_b} = \frac{r_a^2}{r_b^2} = \frac{4}{1}$；因为磁场方向垂直纸面向外且磁感应强度增大，由楞次定律可以判断圆环内的感应电流沿顺时针方向，故 B 正确。

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 (C)



A. 地理南、北极与地磁场的南、北极不重合

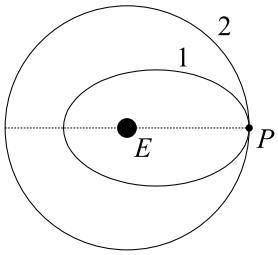
B. 地球内部也存在磁场，地磁南极在地理北极附近

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

> 地磁偏角的存在说明地理南、北极与地磁场的南、北极不重合，故 A 正确；由地球周围地磁场的磁感线分布示意图及磁感线是闭合曲线，可知地球内部也存在磁场，地磁南极在地理北极附近，故 B 正确；由图可知，在地球的两极附近，磁感线和地面是倾斜相交的，不与地面平行，故 C 错误；带电粒子速度与磁感线不平行时会受到洛伦兹力的作用，故 D 正确。

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 点变轨后进入轨道 2 做匀速圆周运动。下列说法正确的是 (B)



A. 不论在轨道 1 还是轨道 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

> 卫星在 P 点变轨，能够进入轨道 2，说明卫星相对轨道 1 在做离心运动，所以卫星在轨道 2 上 P 点的速度大于在轨道 1 上 P 点的速度，故 A 错误；无论在哪个轨道上，卫星在 P 点受到的万有引力相同，由 $\frac{GMm}{r^2}=ma$ 可知，其在 P 点的加速度相同，故 B 正确；万有引力的方向始终指向地心，所以加速度的方向也始终指向地心，时刻在变化，故 C 错误；卫星在轨道 2 上的速度方向沿着该点的切向，时刻在发生变化，所以动量的方向也是时刻变化的，故 D 错误。

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 (D)

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

> 一个安培表、一个伏特表和一个滑动变阻器，利用公式 $E=U+Ir$，测量两组数据，可得电池的电动势和内阻，故 A 可取；一个伏特表和多个定值电阻，利用公式 $E=U+\frac{U}{R}r$，也可以得到电动势和内阻，故 B 可取；一个安培表和一个电阻箱，利用公式 $E=IR+Ir$，同理可得电动势和内阻，故 C 可取；两个安培表和一个滑动变阻器，只能测量电流，无法测量电压和电阻，所以无法得到电动势和内阻，故 D 不可取。

8. 雾霾天气是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 分别表示球体直径小于或等于 10 μm、2.5 μm 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 (C)

A. PM10 表示直径小于或等于 $1.0\times10^{-6}\,\mathrm{m}$ 的悬浮颗粒物

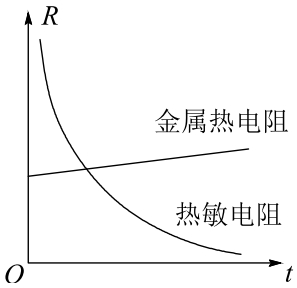
B. PM10 受到的空气分子作用力的合力始终大于其所受到的重力

C. PM10 和大悬浮颗粒物都在做布朗运动

D. PM2.5 的浓度随高度的增加逐渐增大

> PM_{10} 表示直径小于或等于 $10\,\mu\mathrm{m}=1.0\times10^{-5}\,\mathrm{m}$，故 A 错误；$PM_{10}$ 颗粒悬浮在空气中，其运动状态不能确定，故其受力情况不能确定，故 B 错误；材料中指出 PM_{10} 和大悬浮颗粒物，两种浓度分布基本不随时间变化，说明两种颗粒在做无规则运动，故两种颗粒都在做布朗运动，故 C 正确；材料中并没有说明 $PM_{2.5}$ 浓度随高度的增加逐渐增大，故 D 错误。

9. (1) 热敏电阻常用于温度控制或过热保护装置中。如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响应更 敏感（选填“敏感”或“不敏感”）。



(2) 利用如图 1 所示装置做“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．速度变化量与势能变化量

C．速度变化量与高度变化量

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，得到如图 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。

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 $\Delta E_p = -mgh_B$，动能变化量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}m\left(\frac{h_C-h_A}{2T}\right)^2$。

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阻力的影响

D．没有采用多次实验取平均值的方法

⑤ 某同学想用下述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 图像，并做如下判断：若图像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。

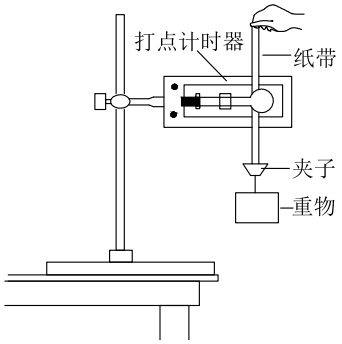


图 1

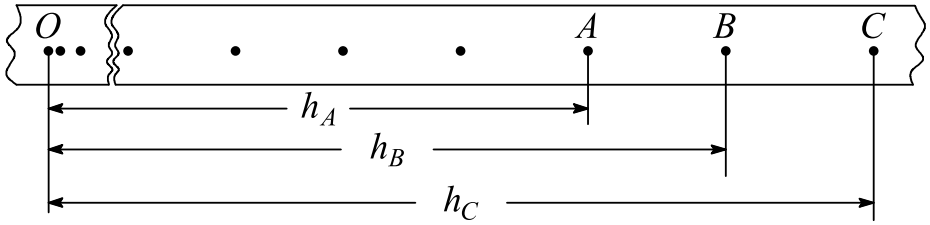


图 2

(1) 增强，敏感　(2) ① A；② AB；③ $-mgh_B$，$\frac{1}{2}m\left(\frac{h_C-h_A}{2T}\right)^2$；④ C；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，由 $mgh - fh = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ 得 $v^2 = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)h$ 可知，v^2-h 图像就是过原点的一条直线。要想通过 v^2-h 图像的方法验证机械能是否守恒，还必须看图像的斜率是否接近 $2g$。

（1）由图可知，热敏电阻的阻值随温度的升高而减小，电阻减小则其导电能力增强；由图可知，在相同的温度变化范围内，热敏电阻的阻值变化更大，即热敏电阻对温度的变化更敏感。

（2）①如果机械能守恒，则动能和势能相互转化，所以本实验需要比较重物下落过程

中两点的动能变化量与势能变化量，故 A 正确。

②电磁打点计时器需要交流电源，数据处理时需要利用刻度尺测量纸带上的距离，故 AB 正确；本实验不需要测量重物的质量，所以不需要天平。

③从 O 点到 B 点，重力势能的变化为 $\Delta E_p = 0 - mgh_B = -mgh_B$，因起始点的速度为零，所以动能的变化量等于 B 点的动能，B 的速度为 $v = \frac{h_C - h_A}{2T}$，则动能变化量为 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{m(h_C - h_A)^2}{8T^2}$。

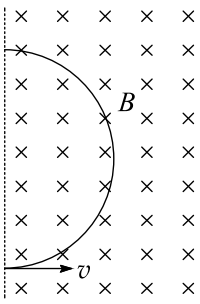
④由于实验中存在空气阻力和摩擦阻力，重物实际速度小于理论速度，所以动能的增加量小于重力势能的减少量，故 C 正确。

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，由 $mgh - fh = \frac{1}{2}mv^2 - 0$ 得 $v^2 = 2\left(g - \frac{f}{m}\right)h$ 可知，$v^2 - h$ 图像就是过原点的一条直线。要想通过 $v^2 - h$ 图像的方法验证机械能是否守恒，还必须看图像的斜率是否接近 $2g$。

10. 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。



(1) $R = \frac{mv}{qB}$，$T = \frac{2\pi m}{qB}$　(2) $E = vB$

（1）带电粒子在磁场中，由洛伦兹力提供向心力得 $f = qvB = m\frac{v^2}{R}$，带电粒子做匀速圆周运动的半径为 $R = \frac{mv}{qB}$，匀速圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$。

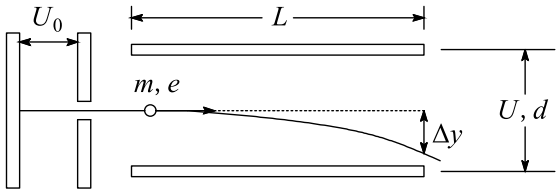
（2）粒子受电场力 $F = qE$，洛伦兹力 $f = qvB$。粒子做匀速直线运动，则 $qE = qvB$，场强 E 的大小 $E = vB$。

11. 如图所示，电子由静止开始经加速电场加速后，沿平行于板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的初速度 v_0 和从电场射出时沿垂直板面方向的偏转距离 Δy；

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

(3) 极板间既有静电场也有重力场。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” φ_G 的概念，并简要说明电势和“重力势”的共同特点。



(1) $v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$，$\Delta y = \frac{UL^2}{4U_0 d}$　(2) 重力 $G = mg \sim 10^{-29}\,\mathrm{N}$，电场力 $F = \frac{eU}{d} \sim 10^{-15}\,\mathrm{N}$，由于 $F \gg G$，因此不需要考虑电子所受重力。　(3) $\varphi = \frac{E_p}{q}$，$\varphi_G = \frac{E_G}{m}$；电势 φ 和重力势 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。

（1）由功和能的关系得 $eU_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$，电子射入偏转电场的初速度为 $v_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$，在偏转电场中，电子的运动时间为 $\Delta t = \frac{L}{v_0} = L\sqrt{\frac{m}{2eU_0}}$，偏转距离为 $\Delta y = \frac{1}{2}a(\Delta t)^2 = \frac{UL^2}{4U_0 d}$。

（2）考虑电子所受重力和电场力的数量级，有重力 $G = mg \sim 10^{-29}\,\mathrm{N}$，电场力 $F = \frac{eU}{d} \sim 10^{-15}\,\mathrm{N}$，由于 $F \gg G$，因此不需要考虑电子所受重力。

（3）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 $\varphi = \frac{E_p}{q}$，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，叫作“重力势”，即 $\varphi_G = \frac{E_G}{m}$，电势 φ 和重力势 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。

12. (1) 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 1 所示。碰撞过程中忽略小球所受重力。

A．分别求出碰撞前后 x、y 方向小球的动量变化量 Δp_x、Δp_y；

B．分析说明小球对木板的作用力的方向。

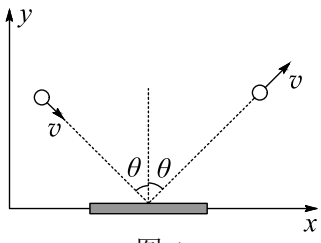


图 1

(2) 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 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的强度大。

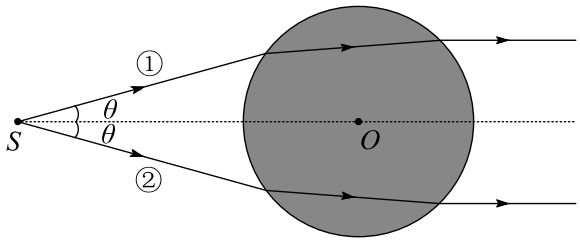


图 2

(1) A．$\Delta p_x = 0$，$\Delta p_y = 2mv\cos\theta$，方向沿 y 轴正方向。

B．根据动量定理可知，木板对小球作用力的方向沿 y 轴正方向；根据牛顿第三定律可知，小球对木板作用力的方向沿 y 轴负方向。 (2) A．两光束对小球的合力的方向沿 SO 向左。

B．两光束对小球的合力的方向指向左上方。

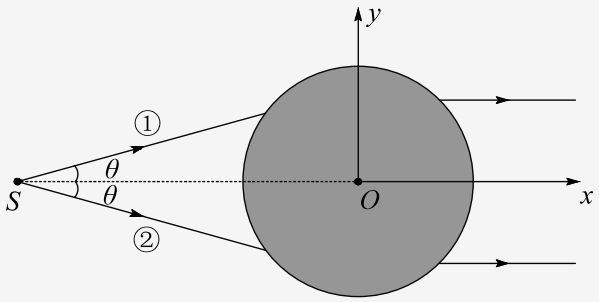
（1）a．x 方向：动量变化为 $\Delta p_x = mv\sin\theta - mv\sin\theta = 0$，$y$ 方向：动量变化为 $\Delta p_y = mv\cos\theta - (-mv\cos\theta) = 2mv\cos\theta$，方向沿 y 轴正方向。

b．由动量定理可知，木板对小球作用力的方向沿 y 轴正方向；由牛顿第三定律可知，小球对木板作用力的方向沿 y 轴负方向。

（2）a．仅考虑光的折射，设 Δt 时间内每束光穿过小球的粒子数为 n，每个粒子动量的大小为 p。这些粒子进入小球前的总动量为 $p_1 = 2np\cos\theta$，从小球出射时的总动量为 $p_2 = 2np$，p_1、p_2 的方向均沿 SO 向右，由动量定理得 $F\Delta t = p_2 - p_1 = 2np(1-\cos\theta) > 0$，可知小球对这些粒子的作用力 F 的方向沿 SO 向右；由牛顿第

三定律，两光束对小球的合力的方向沿 SO 向左。

b．建立如图所示的 Oxy 直角坐标系。



x 方向：由（2）a 同理可知，两光束对小球的作用力沿 x 轴负方向。

y 方向：设 Δt 时间内，光束①穿过小球的粒子数为 n_1，光束②穿过小球的粒子数为 n_2，$n_1 > n_2$。这些粒子进入小球前的总动量为 $p_{1y} = (n_1 - n_2)p\sin\theta$，从小球出射时的总动量为 $p_{2y} = 0$，由动量定理得 $F_y\Delta t = p_{2y} - p_{1y} = -(n_1 - n_2)p\sin\theta$，可知小球对这些粒子的作用力 F_y 的方向沿 y 轴负方向，由牛顿第三定律，两光束对小球的作用力沿 y 轴正方向。所以两光束对小球的合力的方向指向左上方。