2012 年北京理综

1. 一个氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级，该氢原子（B）

A. 放出光子，能量增加　　B. 放出光子，能量减少

C. 吸收光子，能量增加　　D. 吸收光子，能量减少

> 原子由高能级 3 跃迁到低能级 2 的过程中，原子能量减少，放出光子。答案 B。

2. 一束单色光经由空气射入玻璃，这束光的（A）

A. 速度变慢，波长变短　　B. 速度不变，波长变短

C. 频率增高，波长变长　　D. 频率不变，波长变长

> 单色光由光疏介质空气进入光密介质玻璃，频率不变，但介质对光的折射率增大，由 $n=\frac{c}{v}$ 及 $v=\lambda f$，可知光的波长和速度都减小，答案 A。

3. 一个小型电热器若接在输出电压为 10 V 的直流电源上，消耗电功率为 P；若把它接在某个正弦交流电源上，其消耗的电功率为 $\frac{P}{2}$。如果电热器电阻不变，则此交流电源输出电压的最大值为（C）

A. 5 V　　B. $5\sqrt{2}$ V　　C. 10 V　　D. $10\sqrt{2}$ V

> 电热器电阻不变，根据功率表达式和交流电的有效值得：$P=\frac{(10\,\mathrm{V})^2}{R}$；$\frac{P}{2}=\frac{(U_m/\sqrt{2})^2}{R}$，可求得 $U_m=10\,\mathrm{V}$，答案 C。

4. 处于匀强磁场中的一个带电粒子，仅在磁场力作用下做匀速圆周运动。将该粒子的运动等效为环形电流，那么此电流值（D）

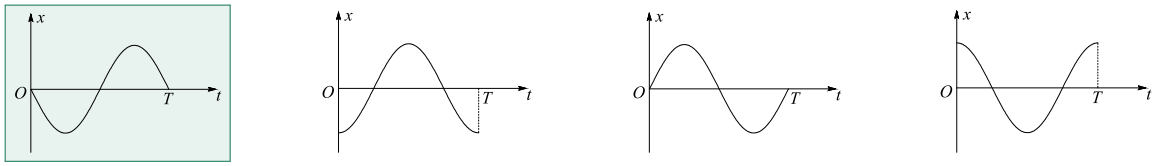
A. 与粒子电荷量成正比　　B. 与粒子速率成正比

C. 与粒子质量成正比　　D. 与磁感应强度成正比

> 粒子的运动可等效为环形电流，粒子在一个周期内只通过某一个截面一次，则环形电流在一个周期 T 内的电量为 q，由电流定义式 $I=\frac{q}{T}$。粒子在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动，有 $qvB=\frac{mv^2}{r}$，$T=\frac{2\pi r}{v}$，联立解得 $I=\frac{Bq^2}{2\pi m}$。环形电流与磁感应强度成正比，与粒子质量成反比，与粒子电荷量的平方成正比，而与粒子速率无关，答案 D。

5. 一个弹簧振子沿 x 轴做简谐运动，取平衡位置 O 为 x 轴坐标原点。从某时刻开始计时，经过四分之一的周期，振子具有沿 x 轴正方向的最大加速度。能正确反映振子位移 x

与时间 t 关系的图像是 (A)



A. B. C. D.

由简谐运动知 $a=-\frac{kx}{m}$，则在 $t=\frac{T}{4}$ 时刻，振子具有沿 x 轴正方向的最大加速度（正的最大），它的位移为沿 x 轴负方向的最大位移（负的最大），满足条件的图像只有 A，答案 A。

6. 关于环绕地球运行的卫星，下列说法正确的是 (B)

A. 分别沿圆轨道和椭圆轨道运行的两颗卫星，不可能具有相同的周期

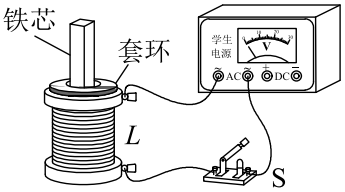
B. 沿椭圆轨道运行的一颗卫星，在轨道不同位置可能具有相同的速率

C. 在赤道上空运行的两颗地球同步卫星，它们的轨道半径有可能不同

D. 沿不同轨道经过北京上空的两颗卫星，它们的轨道平面一定会重合

所有的同步卫星都在同一个赤道轨道上运动，C 错误；沿不同轨道经过北京上空的两颗卫星，它们的运行轨道面与赤道面的夹角可以不同，它们的轨道平面就不会重合，D 错误；分别沿圆轨道和椭圆轨道运行的两颗卫星，可能具有相同的周期，A 错误；沿椭圆轨道运行的一颗卫星，在轨道的关于长轴对称的两个位置的速率相等，所以在轨道不同位置可能具有相同的速率是正确的。答案 B。

7. 物理课上，老师做了一个奇妙的“跳环实验”。如图，她把一个带铁芯的线圈 L、开关 S 和电源用导线连接起来后，将一金属套环置于线圈 L 上，且使铁芯穿过套环，闭合开关 S 的瞬间，套环立刻跳起。某同学另找来器材再探究此实验。他连接好电路，经重复实验，线圈上的套环均未动，对比老师演示的实验，下列四个选项中，导致套环未动的原因可能是 (D)



A. 线圈接在了直流电源上

B. 电源电压过高

C. 所选线圈的匝数过多

D. 所用套环的材料与老师的不同

在开关闭合的瞬间，线圈中的电流变大，磁场变强，穿过套环的磁通量变大，在金属套环内产生感应电流。感应磁场必然阻碍原磁场的增大，所以金属套环会受到线圈的斥力而跳起。在实验时一般采用直流电源，电压不能太大（以不烧导线和电源的条件

> 下现象明显），所选线圈的匝数越多，现象也越明显。如果该学生所用套环的材料为非金属，则不会观察到“跳环实验”。答案 D。

8. “约瑟夫森结”由超导体和绝缘体制成．若在结两端加恒定电压 U，则它会辐射频率为 ν 的电磁波，且 ν 与 U 成正比，即 $\nu = kU$。已知比例系数 k 仅与元电荷的 2 倍和普朗克常数 h 有关，你可能不了解此现象的机理，但仍可运用物理学中常用的方法，在下列选项中，推理判断比例系数 k 的值可能为 (B)

A. $\frac{h}{2e}$　　B. $\frac{2e}{h}$　　C. $2he$　　D. $\frac{1}{2he}$

> 物理公式表达了各物理量间的质量和单位双重关系，光子的能量与光的频率成正比 $E = h\nu$，电场力对电子所做电功为 $W = eU$，又 $\nu = kU$，所以 $k = \frac{\nu}{U} = \frac{E/h}{W/e}$。由于 E 和 W 有相同的单位，所以 k 的单位与 $\frac{e}{h}$ 的单位相同。根据题意 k 仅与元电荷 e 的 2 倍和普朗克常量 h 有关，答案 B。

9. 在“测定金属的电阻率”实验中，所用测量仪器均已校准．待测金属丝接入电路部分的长度约为 50 cm。

(1) 用螺旋测微器测量金属丝的直径，其中某一次测量结果如图 1 所示，其读数应为 _____mm（该值接近多次测量的平均值）。

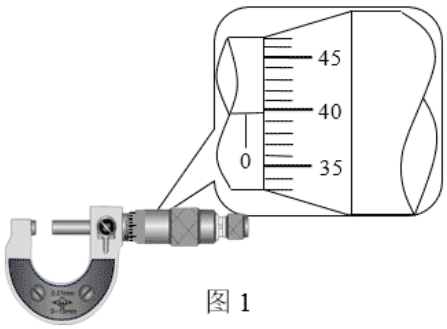


图 1

(2) 用伏安法测金属丝的电阻 R_x。实验所用器材为：电池组（电动势为 3 V，内阻约 1 Ω）、电流表（内阻约 0.1 Ω）、电压表（内阻约 3 kΩ）、滑动变阻器 R（0~20 Ω，额定电流 2 A）、开关、导线若干。

某小组同学利用以上器材正确连接好电路，进行实验测量，记录数据如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7
U/V	0.10	0.30	0.70	1.00	1.50	1.70	2.30
I/A	0.020	0.060	0.160	0.220	0.340	0.460	0.520

由以上数据可知，他们测量 R_x 是采用图 2 中的 _____ 图（选填“甲”或“乙”）。



甲 图 2 乙

(3) 图 3 是测量 R_x 的实验器材实物图，图中已连接了部分导线，滑动变阻器的滑片 P 置于变阻器的一端。请根据图（2）所选的电路图，补充完成图 3 中实物间的连线，并使闭合开关的瞬间，电压表或电流表不至于被烧坏。

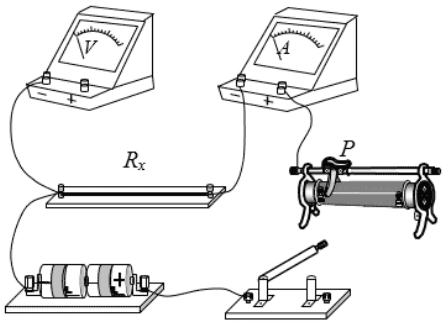


图 3

(4) 这个小组的同学在坐标纸上建立 U、I 坐标系，如图 4 所示，图中已标出了测量数据对应的 4 个坐标点。请在图 4 中标出第 2、4、6 次测量数据坐标点，并描绘出 $U-I$ 图线。由图线得到金属丝的阻值 $R_x=$_____Ω（保留两位有效数字）。

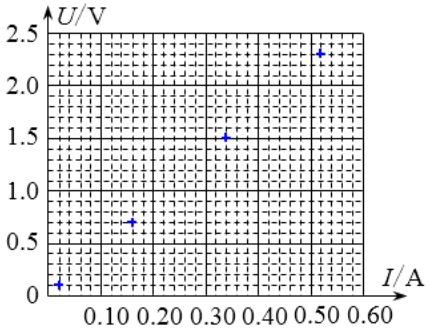


图4

(5) 根据以上数据可以估算出金属丝的电阻率约为 _____（填选项前的符号）。

（A）$1\times10^{-2}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$ （B）$1\times10^{-3}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$ （C）$1\times10^{-6}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$ （D）$1\times10^{-8}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$

(6) 任何实验测量都存在误差. 本实验所用测量仪器均已校准，下列关于误差的说法中正确的选项是 _____（有多个正确选项）。

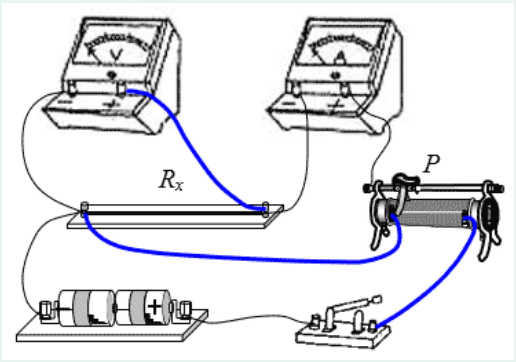
（A）用螺旋测微器测量金属丝直径时，由于读数引起的误差属于系统误差

（B）由于电流表和电压表内阻引起的误差属于偶然误差

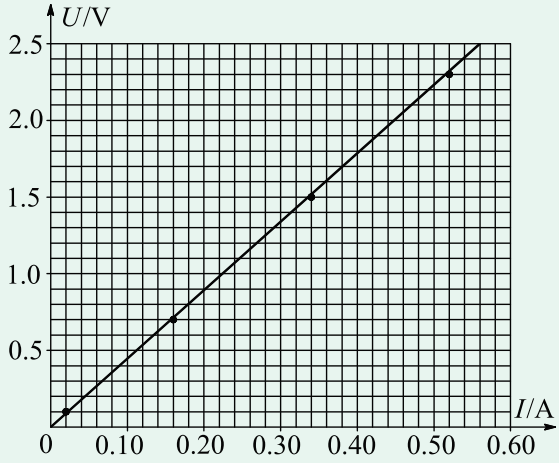
（C）若将电流表和电压表内阻计算在内，可以消除由测量仪表引起的系统误差

（D）用 $U-I$ 图像处理数据求金属丝电阻可以减小偶然误差

(1) 0.395 ~ 0.399　(2) 甲　(3) 如答图 3



(4) 如答图 4（4.3 ~ 4.7）



(5) C　(6) CD

（1）固定刻度读数为 0，可动刻度读数为 39.7，所测长度为 $0+39.7\times0.01=0.397\,\text{mm}$（0.395～0.399）。

（2）由记录数据根据欧姆定律可知金属丝的电阻 R_x 约 $5\,\Omega$。则有 $\frac{R_x}{R_A}=\frac{5}{0.1}=50$，$\frac{R_V}{R_x}=\frac{3000}{5}=600$，比较可知 R_x 为小电阻，应该采用外接法测量误差小。由（3）知是用伏安特性曲线来测量电阻的，就要求电压电流从接近 0 开始调节，所以应该采用分压接法（甲）。

（3）注意连图时连线起点和终点在接线柱上并且不能交叉，结合（2）可知应该连接成外接分压接法（甲），那么在连线时断开开关且使 R_x 两端的电压为 0。先连外接法（线 1）再连分压法（线 2 和 3），此时滑片 P 必须置于变阻器的左端，如答图 3 所示。

（4）描绘出第 2、4、6 三个点后可见第 6 次测量数据的坐标点误差太大，舍去，然后作出 $U-I$ 图线，如答图 4 所示。其中第 4 次测量数据的坐标点在描绘出的 $U-I$

图线上，有 $R_x = \frac{1.00}{0.220}\,\Omega = 4.5\,\Omega$（4.3～4.7）。

（5）根据电阻定律 $R_x = \rho\frac{l}{S}$，有 $\rho = \frac{R_x S}{l} = \frac{4.5\times3.14\times0.397^2\times10^{-6}}{0.5}\,\Omega\cdot\mathrm{m} = 4.5\times10^{-6}\,\Omega\cdot\mathrm{m}$，估算出的金属丝电阻率是 C。

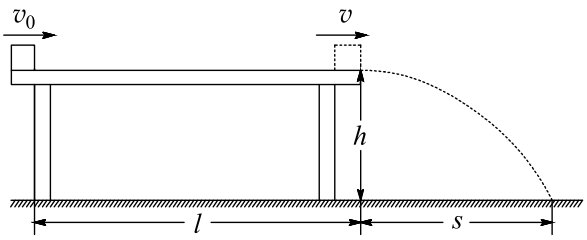
（6）用螺旋测微器测量金属丝直径时，由于读数引起的误差属于偶然误差；由于电流表和电压表内阻引起的误差属于系统误差。答案 CD。

10. 如图所示，质量为 m 的小物块在粗糙水平桌面上做直线运动，经距离 l 后以速度 v 飞离桌面，最终落在水平地面上。已知 $l = 1.4\,\mathrm{m}$，$v = 3.0\,\mathrm{m/s}$，$m = 0.10\,\mathrm{kg}$，物块与桌面间的动摩擦因数 $\mu = 0.25$，桌面高 $h = 0.45\,\mathrm{m}$，不计空气阻力，重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。求：

(1) 小物块落地点距飞出点的水平距离 s；

(2) 小物块落地时的动能 E_k；

(3) 小物块的初速度大小 v_0。



(1) 0.90 m (2) 0.90 J (3) 4.0 m/s

（1）由平抛运动规律，有竖直方向 $h = \frac{1}{2}gt^2$，水平方向 $s = vt$，得水平距离 $s = \sqrt{\frac{2h}{g}}v = 0.90\,\mathrm{m}$。

（2）由机械能守恒定律，动能 $E_k = \frac{1}{2}mv^2 + mgh = 0.90\,\mathrm{J}$。

（3）由动能定理，有 $-\mu mgl = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$，得初速度大小 $v_0 = \sqrt{2\mu gl + v^2} = 4.0\,\mathrm{m/s}$。

11. 摩天大楼中一部直通高层的客运电梯，行程超过百米．电梯的简化模型如图所示。考虑安全、舒适、省时等因素，电梯的加速度 a 是随时间 t 变化的，已知电梯在 $t = 0$ 时由静止开始上升，$a - t$ 图像也如图所示。电梯总质量 $m = 2.0\times10^3\,\mathrm{kg}$。忽略一切阻力，重力加速度 g 取 $10\,\mathrm{m/s^2}$。

(1) 求电梯在上升过程中受到的最大拉力 F_1 和最小拉力 F_2；

(2) 类比是一种常用的研究方法。对于直线运动，教科书中讲解了由 $v - t$ 图像求位移的方法。请你借鉴此方法，对比加速度和速度的定义，根据图中所给的 $a - t$ 图像，求电梯在第 1 s 内的速度改变量 Δv_1 和第 2 s 末的速率 v_2；

(3) 求电梯以最大速率上升时，拉力做功的功率 P；再求在 0~11 s 时间内，拉力和重力对电梯所做的总功 W。

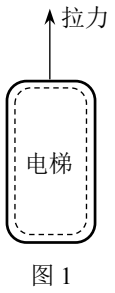


图 1

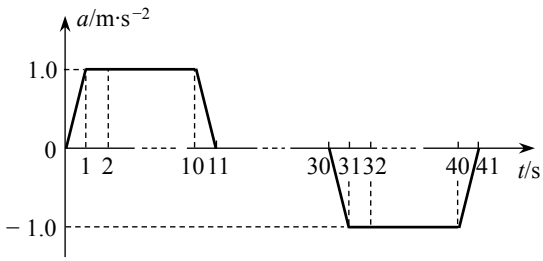


图 2

(1) $2.2\times10^4\,\mathrm{N}$，$1.8\times10^4\,\mathrm{N}$　(2) $0.50\,\mathrm{m/s}$，$1.5\,\mathrm{m/s}$　(3) $P=2.0\times10^5\,\mathrm{W}$，$W=1.0\times10^5\,\mathrm{J}$

（1）由牛顿第二定律，有 $F-mg=ma$。由 $a-t$ 图像可知，F_1 和 F_2 对应的加速度分别是 $a_1=1.0\,\mathrm{m/s^2}$，$a_2=-1.0\,\mathrm{m/s^2}$。

$$F_1=m(g+a_1)=2.0\times10^3\times(10+1.0)\,\mathrm{N}=2.2\times10^4\,\mathrm{N}$$

$$F_2=m(g+a_2)=2.0\times10^3\times(10-1.0)\,\mathrm{N}=1.8\times10^4\,\mathrm{N}$$

（2）类比可得，所求速度变化量等于第 1 s 内 $a-t$ 图线下的面积 $\Delta v_1=0.50\,\mathrm{m/s}$。同理可得 $\Delta v_2=v_2-v_0=1.5\,\mathrm{m/s}$，$v_0=0$，第 2 s 末的速率 $v_2=1.5\,\mathrm{m/s}$。

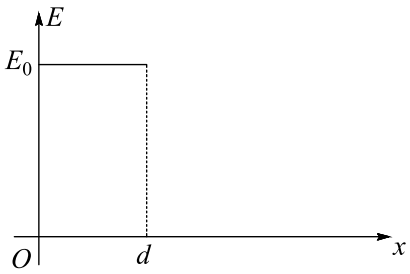
（3）由 $a-t$ 图像可知，11 s~30 s 内速率最大，其值等于 0~11 s 内 $a-t$ 图线下的面积，有 $v_m=10\,\mathrm{m/s}$。此时电梯做匀速运动，拉力 F 等于重力 mg，所求功率 $P=Fv_m=mg\cdot v_m=2.0\times10^3\times10\times10\,\mathrm{W}=2.0\times10^5\,\mathrm{W}$。由动能定理，总功 $W=E_{k2}-E_{k1}=\frac{1}{2}mv_m^2=\frac{1}{2}\times2.0\times10^3\times10^2\,\mathrm{J}=1.0\times10^5\,\mathrm{J}$。

12. 匀强电场的方向沿 x 轴正方向，电场强度 E 随 x 的分布如图所示，图中 E_0 和 d 均为已知量。将带正电的质点 A 在 O 点由静止释放，A 离开电场足够远后，再将另一带正电的质点 B 放在 O 点也由静止释放。当 B 在电场中运动时，A、B 间的相互作用力及相互作用能均为零；B 离开电场后，A、B 间的相互作用视为静电作用。已知 A 的电荷量为 Q，A 和 B 的质量分别为 m 和 $\frac{m}{4}$。不计重力。

(1) 求 A 在电场中的运动时间 t；

(2) 若 B 的电荷量为 $q=\frac{4}{9}Q$，求两质点相互作用能的最大值 E_{pm}；

(3) 为使 B 离开电场后不改变运动方向，求 B 所带电荷量的最大值 q_m。



(1) $\sqrt{\frac{2dm}{QE_0}}$ (2) $\frac{1}{45}QE_0d$ (3) $\frac{16}{9}Q$

（1）由牛顿第二定律，A 在电场中运动的加速度 $a=\frac{F}{m}=\frac{QE_0}{m}$。A 在电场中做匀变速直线运动，$d=\frac{1}{2}at^2$，解得运动时间 $t=\sqrt{\frac{2d}{a}}=\sqrt{\frac{2dm}{QE_0}}$。

（2）设 A、B 离开电场时的速度分别为 v_{A0}、v_{B0}，由动能定理，有 $QE_0d=\frac{1}{2}mv_{A0}^2$，$qE_0d=\frac{1}{2}\frac{m}{4}v_{B0}^2$。A、B 相互作用过程中，动量和能量守恒。A、B 相互作用力为斥力，A 受的力与其运动方向相同，B 受的力与其运动方向相反，相互作用力对 A 做正功，对 B 做负功。A、B 靠近的过程中，B 的路程大于 A 的路程，由于相互作用力大小相等，相互作用力对 B 做功的绝对值大于对 A 做功的绝对值，因此相互作用力做功之和为负，相互作用能增加。所以，当 A、B 最接近时相互作用能最大，此时两者速度相同，设为 v'，有 $(m+\frac{m}{4})v'=mv_{A0}+\frac{m}{4}v_{B0}$，$E_{pm}=(\frac{1}{2}mv_{A0}^2+\frac{1}{2}\frac{m}{4}v_{B0}^2)-\frac{1}{2}(m+\frac{m}{4})v'^2$。已知 $q=\frac{4}{9}Q$，解得相互作用能的最大值 $E_{pm}=\frac{1}{45}QE_0d$。

（3）考虑 A、B 在 $x>d$ 区间的运动，由动量守恒、能量守恒，且在初态和末态均无相互作用，有 $mv_A+\frac{m}{4}v_B=mv_{A0}+\frac{m}{4}v_{B0}$，$\frac{1}{2}mv_A^2+\frac{1}{2}\frac{m}{4}v_B^2=\frac{1}{2}mv_{A0}^2+\frac{1}{2}\frac{m}{4}v_{B0}^2$。解得 $v_B=-\frac{3}{5}v_{B0}+\frac{8}{5}v_{A0}$。因 B 不改变运动方向，故 $v_B=-\frac{3}{5}v_{B0}+\frac{8}{5}v_{A0}\geq 0$，解得 $q\leq\frac{16}{9}Q$，即 B 所带电荷量的最大值 $q_m=\frac{16}{9}Q$。