2015 年江苏理综

1. 一电器中的变压器可视为理想变压器，它将 220 V 交变电流改变为 110 V。已知变压器原线圈匝数为 800，则副线圈匝数为 (B)

A. 200　　B. 400　　C. 1600　　D. 3200

> 理想变压器的原、副线圈的电压比等于匝数比，即 $\frac{U_1}{n_1}=\frac{U_2}{n_2}$，解得 $n_2=400$，故 B 正确。

2. 静电现象在自然界中普遍存在，我国早在西汉末年已有对静电现象的记载，《春秋纬 · 考异邮》中有“玳瑁吸菸”之说，但下列不属于静电现象的是 (C)

A. 梳过头发的塑料梳子吸起纸屑

B. 带电小球移至不带电金属球附近，两者相互吸引

C. 小线圈接近通电线圈过程中，小线圈中产生电流

D. 从干燥的地毯上走过，手碰到金属把手时有被电击的感觉

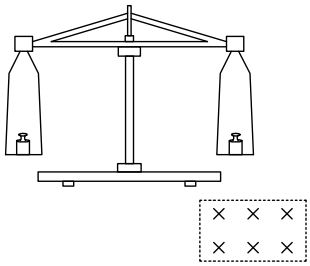
> 梳过头发的梳子由于摩擦起电能吸引轻小纸屑，是静电现象；带电小球移至不带电的金属球附近，因为静电感应而相互吸引，是静电现象；小线圈在接近通电线圈的过程中，穿过小线圈的磁通量发生变化，在小线圈中有感应电流，是电磁感应现象；从干燥的地毯上走过，由于摩擦起电及尖端放电，用手去碰金属物体时会出现放电现象。本题选不是静电现象的，故 C 正确。

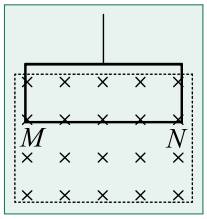
3. 过去几千年来，人类对行星的认识与研究仅限于太阳系内，行星“51 peg b”的发现拉开了研究太阳系外行星的序幕。“51 peg b”绕其中心恒星做匀速圆周运动，周期约为 4 天，轨道半径约为地球绕太阳运动半径的 1/20。该中心恒星与太阳的质量比约为 (B)

A. $\frac{1}{10}$　　B. 1　　C. 5　　D. 10

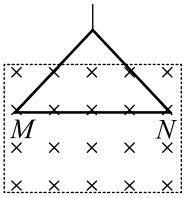
> 行星和恒星的万有引力提供行星做圆周运动的向心力，有 $\frac{GMm}{R^2}=m\frac{4\pi^2}{T^2}R$，那么恒星的质量 $M=\frac{4\pi^2R^3}{GT^2}$，该中心恒星与太阳的质量比 $\frac{M_{中}}{M_{太}}=\frac{R_{中}^3}{R_{太}^3}\frac{T_{太}^2}{T_{中}^2}\approx 1.04$，故 B 正确。

4. 如图所示，用天平测量匀强磁场的磁感应强度。下列各选项所示的载流线圈匝数相同，边长 MN 相等，将它们分别挂在天平的右臂下方。线圈中通有大小相同的电流，天平处于平衡状态。若磁场发生微小变化，天平最容易失去平衡的是 (A)

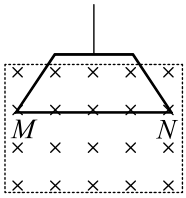




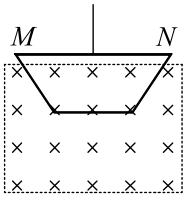
A.



B.



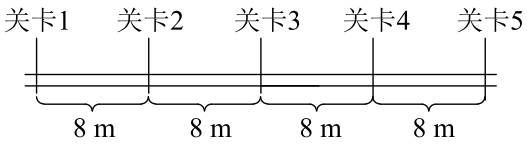
C.



D.

> 通电导线在磁场中所受到的安培力 $F = nBIL$，题图中各线圈在磁场中受安培力的导线有效长度 L 等于线圈与磁场边界两交点间的距离，原来天平处于平衡状态，若磁场改变，安培力的变化量 $\Delta F = nIL\Delta B$，有效长度最大的线圈，安培力的变化量最大，最容易失去平衡，故 A 正确。

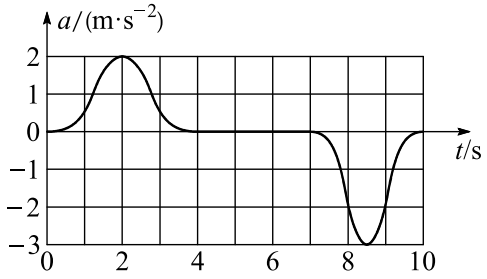
5. 如图所示，某“闯关游戏”的笔直通道上每隔 8 m 设有一个关卡，各关卡同步放行和关闭，放行和关闭的时间分别为 5 s 和 2 s。关卡刚放行时，一同学立即在关卡 1 处以加速度 2 m/s^2 由静止加速到 2 m/s，然后匀速向前，则最先挡住他前进的关卡是 (C)



A. 关卡 2　　B. 关卡 3　　C. 关卡 4　　D. 关卡 5

> 关卡第一次关闭时 $t_1 = 5\,\mathrm{s}$，该同学通过的位移 $x_1 = \frac{v^2}{2a} + v\left(t_1 - \frac{v}{a}\right) = 9\,\mathrm{m}$，那么关卡第一次关闭时该同学穿过关卡 2，并且离关卡 2 的距离为 1 m，关闭的 2 s 内该同学在关卡 2、3 之间继续前行 $x_2 = vt_2 = 4\,\mathrm{m}$，故关卡第二次放行的 5 s 内的位移 $x_3 = vt_3 = 10\,\mathrm{m}$，那么第二次关闭时该同学离出发点的距离为 23 m，故关卡 4 将挡住该同学前进，故 C 正确。

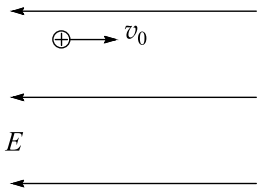
6. 一人乘电梯上楼，在竖直上升过程中加速度 a 随时间 t 变化的图线如图所示，以竖直向上为 a 的正方向，则人对地板的压力 (AD)



A. $t=2\,\mathrm{s}$ 时最大　　B. $t=2\,\mathrm{s}$ 时最小　　C. $t=8.5\,\mathrm{s}$ 时最大　　D. $t=8.5\,\mathrm{s}$ 时最小

> 对人受力分析并由牛顿第二定律有 $F=mg+ma$，由图象可知 AD 正确，故 BC 错误。

7. 一带正电的小球向右水平抛入范围足够大的匀强电场，电场方向水平向左。不计空气阻力，则小球 (BC)

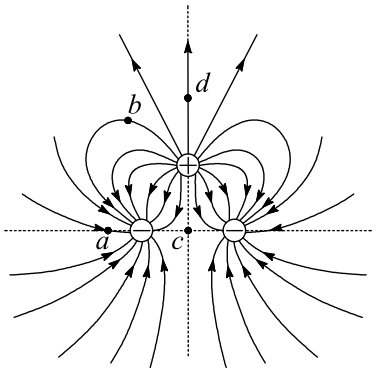


A. 做直线运动　　B. 做曲线运动

C. 速率先减小后增大　　D. 速率先增大后减小

> 小球受到水平向左的电场力和竖直向下的重力的作用，而初速度水平向右，初速度和合力的方向夹角大于 90°，小球做类斜上抛运动，轨迹为曲线，速率先减小后增大，故 BC 正确，AD 错误。

8. 两个相同的负电荷和一个正电荷附近的电场线分布如图所示。c 是两负电荷连线的中点，d 点在正电荷的正上方，c、d 到正电荷的距离相等，则 (ACD)

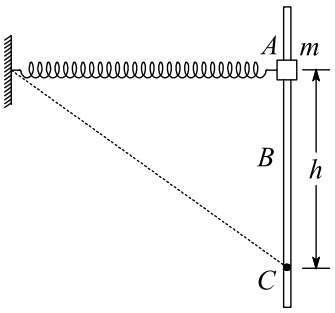


A. a 点的电场强度比 b 点的大　　B. a 点的电势比 b 点的高

C. c 点的电场强度比 d 点的大　　D. c 点的电势比 d 点的低

电场线的疏密程度反映电场强度的大小，故 a 点的电场强度大于 b 点的电场强度，故 A 正确；空间中有三个点电荷，每一点的电场强度等于三个点电荷单独存在时在该点产生的电场强度的矢量和，正电荷在 c、d 两点的电场强度大小相等，两个负点电荷在 c 点的合电场强度为零，而两个负电荷在 d 点的合电场强度和正电荷在该点的电场强度方向相反，得 d 点的电场强度小于 c 点的电场强度，故 C 正确；等势线和电场线垂直且从高电势指向低电势，由电场线的分布可知，a 点的电势低于 b 点的电势，d 点的电势高于 c 点的电势，故 B 错误、D 正确。

9. 如图所示，轻质弹簧一端固定，另一端与一质量为 m、套在粗糙竖直固定杆 A 处的圆环相连，弹簧水平且处于原长。圆环从 A 处由静止开始下滑，经过 B 处的速度最大，到达 C 处的速度为零，$AC = h$。圆环在 C 处获得一竖直向上的速度 v，恰好能回到 A。弹簧始终在弹性限度内，重力加速度为 g。则圆环 (BD)



A. 下滑过程中，加速度一直减小

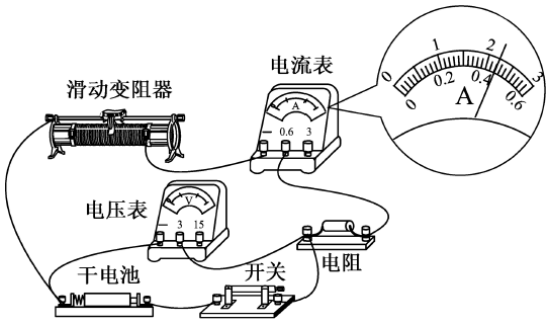
B. 下滑过程中，克服摩擦力做的功为 $\frac{1}{4}mv^2$

C. 在 C 处，弹簧的弹性势能为 $\frac{1}{4}mv^2 - mgh$

D. 上滑经过 B 的速度大于下滑经过 B 的速度

圆环下滑过程中，速度由零增大到最大值然后减小为零，圆环先加速后减速，在 B 点加速度方向反向，可见圆环的加速度不是一直减小的，故 A 错误；下滑过程中，圆环受到重力、杆的支持力、弹簧的弹力和滑动摩擦力四个力的作用，上滑和下滑经过相同位置时，弹簧的弹力相同，那么滑动摩擦力相同，上滑和下滑过程克服摩擦力做的功相同，对上滑和下滑的全过程，由能量守恒得，下滑过程：$mgh = W_f + E_p$，上滑过程：$\frac{1}{2}mv^2 + E_p = W_f + mgh$，两式联立解得 $W_f = \frac{1}{4}mv^2$，$E_p = mgh - \frac{1}{4}mv^2$，故 B 正确、C 错误；从 A 点下滑到 B 点有 $mgh_1 - W_f' - E_p' = \frac{1}{2}mv_{B1}^2$，从 B 点上滑到 A 点有 $mgh_1 + W_f' - E_p' = \frac{1}{2}mv_{B2}^2$，上滑经过 B 点时的速率大，故 D 正确。

10. 小明利用如图所示的实验装置测量一干电池的电动势和内阻。

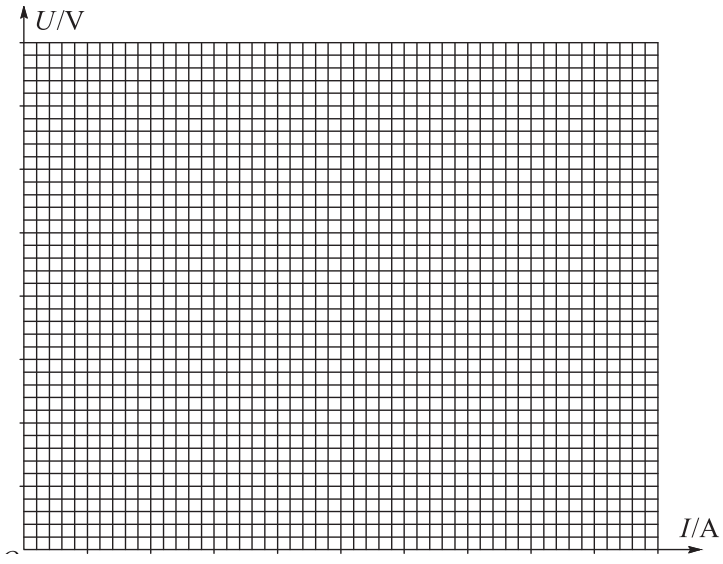


（1）图中电流表的示数为 0.44 A；

（2）调节滑动变阻器，电压表和电流表的示数记录如下：

U（V）	1.45	1.36	1.27	1.16	1.06
I（A）	0.12	0.20	0.28	0.36	0.44

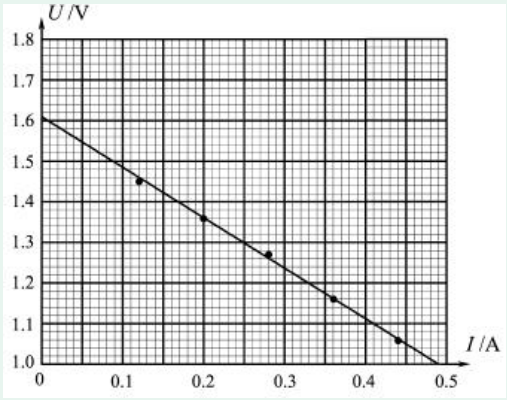
请根据表中的数据，在答题卡的方格纸上作出 $U-I$ 图线。



由图线求得：电动势 $E=1.60\,\mathrm{V}$；内阻 $r=1.2\,\Omega$；

（3）实验时，小明进行了多次测量，花费了较长时间，测量期间一直保持电路闭合。其实，从实验误差考虑，这样的操作不妥，因为干电池长时间使用后，电动势和内阻会发生变化，导致实验误差增大。

（1）0.44 A；（2）$U-I$ 图线见答案图；



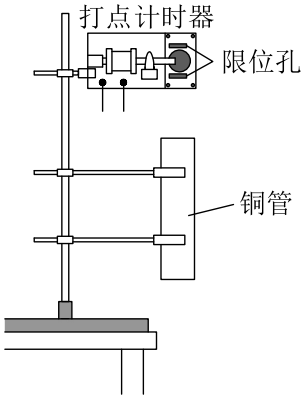
$E=1.60\,\mathrm{V}$（1.58 1.62 均可），$r=1.2\,\Omega$（1.18 1.26 均可）；（3）干电池长时间使用后，电动势和内阻会发生变化，导致实验误差增大。

（1）电流的量程为 0.6 A，电表的最小刻度为 0.02 A，那么有效位数不增加，示数为 0.44 A。

（2）电流表的示数在 0.12 ～ 0.44 A 之间，故横坐标的最大值设为 0.50 A，电压表的示数在 1.00 ～ 1.45 V 之间，故纵坐标从 1.00 V 开始，最大值为 1.80 V，依据实验数据描点，拟合出直线如答图所示。

（3）由 $U=E-Ir$ 得纵截距表示电源的电动势，$E=1.60\,\mathrm{V}$，斜率的绝对值表示内阻，$r=\left|\frac{\Delta U}{\Delta I}\right|=\frac{1.60-1.0}{0.49}\,\Omega\approx 1.22\,\Omega$。

11. 某同学探究小磁铁在铜管中下落时受电磁阻尼作用的运动规律。实验装置如图所示，打点计时器的电源为 50 Hz 的交流电。



（1）下列实验操作中，不正确的有 CD。

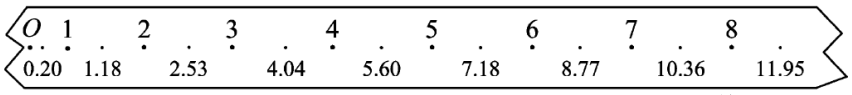
（A）将铜管竖直地固定在限位孔的正下方

（B）纸带穿过限位孔，压在复写纸下面

（C）用手捏紧磁铁保持静止，然后轻轻地松开让磁铁下落

（D）在磁铁下落的同时接通打点计时器的电源

（2）该同学按正确的步骤进行实验（记为“实验①”），将磁铁从管口处释放，打出一条纸带，取开始下落的一段，确定一合适的点为 O 点，每隔一个计时点取一个计数点，标为 1，2，…，8。用刻度尺量出各计数点的相邻两计时点到 O 点的距离，记录在纸带上，如图所示。



（单位：cm）

计算相邻计时点间的平均速度 $\bar{v}$，粗略地表示各计数点的速度，抄入下表。请将表中的数据补充完整。

位置	1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{v}$（cm/s）	24.5	33.8	37.8	39.0	39.5	39.8	39.8	39.8

（3）分析上表的实验数据可知：在这段纸带记录的时间内，磁铁运动速度的变化情况是逐渐增大到 39.8 cm/s；磁铁受到阻尼作用的变化情况是逐渐增大到等于重力。

（4）该同学将装置中的铜管更换为相同尺寸的塑料管，重复上述实验操作（记为“实验②”），结果表明磁铁下落的运动规律与自由落体运动规律几乎相同。请问实验②是为了说明什么？对比实验①和②的结果可得到什么结论？

为了说明磁铁在塑料管中几乎不受阻尼作用。磁铁在铜管中受到的阻尼作用主要是电磁阻尼作用。

（1）CD；（2）39.0；（3）逐渐增大到 39.8 cm/s，逐渐增大到等于重力；（4）为了说明磁铁在塑料管中几乎不受阻尼作用。磁铁在铜管中受到的阻尼作用主要是电磁阻尼作用。

（1）磁铁带着纸带在竖直方向上做加速运动，故铜管要在限位孔正下方，A 操作正确；打点计时器的纸带要在复写纸下方，B 操作正确；磁铁运动前要用手提着纸带，让磁铁靠近打点计时器，先接通打点计时器的电源，后放开纸带，CD 操作错误。本题选不正确的操作，故 CD 正确。

（2）计数点 4 的速度近似等于相邻两计时点间的平均速度 $v = \frac{5.60-4.04}{2\times0.02}\,\mathrm{cm/s} = 39.0\,\mathrm{cm/s}$。

（3）由表格得磁铁先做加速运动，后做匀速运动，那么对应的阻尼逐渐增大到等于磁铁的重力。

（4）若换为塑料管，磁铁在运动过程中，塑料管不会对磁铁起阻碍作用，那么在铜管中的阻尼主要是电磁阻尼作用。

12.【选做题】本题包括 A、B、C 三小题，请选定其中两小题，并在相应的答题区域内作答。若多做，则按 A、B 两小题评分。

A.（选修 3-3）（12 分）

(1) 对下列几种固体物质的认识，正确的有（AD）

A. 食盐熔化过程中，温度保持不变，说明食盐是晶体

B. 烧热的针尖接触涂有蜂蜡薄层的云母片背面，熔化的蜂蜡呈椭圆形，说明蜂蜡是晶体

C. 天然石英表现为各向异性，是由于该物质的微粒在空间的排列不规则

D. 石墨和金刚石的物理性质不同，是由于组成它们的物质微粒排列结构不同

(2) 在装有食品的包装袋中充入氮气，可以起到保质作用。某厂家为检测包装袋的密封性，在包装袋中充满一定量的氮气，然后密封进行加压测试。测试时，对包装袋缓慢地施加压力。将袋内的氮气视为理想气体，则加压测试过程中，包装袋内壁单位面积上所受气体分子撞击的作用力增大（选填“增大”、“减小”或“不变”），包装袋内氮气的内能不变（选填“增大”、“减小”或“不变”）。

(3) 给某包装袋充入氮气后密封，在室温下，袋中气体压强为 1 个标准大气压、体积为 1 L。将其缓慢压缩到压强为 2 个标准大气压时，气体的体积变为 0.45 L。请通过计算判断该包装袋是否漏气。

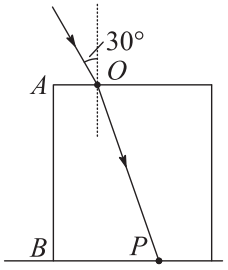
B.（选修 3-4）（12 分）

(1) 一渔船向鱼群发出超声波，若鱼群正向渔船靠近，则被鱼群反射回来的超声波与发出的超声波相比（BC）

A. 波速变大　　B. 波速不变　　C. 频率变高　　D. 频率不变

(2) 用 2×10^6 Hz 的超声波检查胆结石，该超声波在结石和胆汁中的波速分别为 2250 m/s 和 1500 m/s，则该超声波在结石中的波长是胆汁中的 1.5 倍。用超声波检查胆结石是因为超声波的波长较短，遇到结石时不容易（选填“容易”或“不容易”）发生衍射。

(3) 人造树脂是常用的眼镜镜片材料。如图所示，光线射在一人造树脂立方体上，经折射后，射在桌面上的 P 点。已知光线的入射角为 30°，$OA = 5\,\text{cm}$，$AB = 20\,\text{cm}$，$BP = 12\,\text{cm}$，求该人造树脂材料的折射率 n。



C.（选修 3-5）（12 分）

(1) 波粒二象性是微观世界的基本特征，以下说法正确的有（AB）

A. 光电效应现象揭示了光的粒子性

B. 热中子束射到晶体上产生衍射图样说明中子具有波动性

C. 黑体辐射的实验规律可用光的波动性解释

D. 动能相等的质子和电子，它们的德布罗意波长也相等

(2) 核电站利用原子核链式反应放出的巨大能量进行发电，$^{235}_{92}\mathrm{U}$ 是核电站常用的核燃料。$^{235}_{92}\mathrm{U}$ 受一个中子轰击后裂变成 $^{144}_{56}\mathrm{Ba}$ 和 $^{89}_{36}\mathrm{Kr}$ 两部分，并产生 3 个中子。要使链式反应发生，裂变物质的体积要大于（选填“大于”或“小于”）它的临界体积。

(3) 取质子的质量 $m_\mathrm{p}=1.6726\times10^{-27}\,\mathrm{kg}$，中子的质量 $m_\mathrm{n}=1.6749\times10^{-27}\,\mathrm{kg}$，$\alpha$ 粒子的质量 $m_\alpha=6.6467\times10^{-27}\,\mathrm{kg}$，光速 $c=3.0\times10^{8}\,\mathrm{m/s}$。请计算 α 粒子的结合能。（计算结果保留两位有效数字）

(1) A：（1）AD；（2）增大，不变；（3）因为 $0.45\,\mathrm{L}<0.5\,\mathrm{L}$，故包装袋漏气。 (2) B：（1）BC；（2）1.5，不容易；（3）$n=\frac{\sqrt{449}}{14}$（或 $n\approx1.5$）。 (3) C：（1）AB；（2）3，大于；（3）$\Delta E=4.3\times10^{-12}\,\mathrm{J}$。

A.（1）晶体与非晶体的区别在于熔化过程中温度是否发生变化，若不变化则是晶体，所以食盐是晶体，故 A 正确；烧热的针尖接触涂有蜂蜡薄层的云母片背面，熔化的蜂蜡呈椭圆形，说明云母是晶体，故 B 错误；在晶体中，原子、分子或离子都是按照一定的规则排列的，天然石英是晶体，故该物质微粒在空间排列是规则的，故 C 错误；组成石墨、金刚石的微粒按照不同的规则在空间分布，它们的物理性质不同，故 D 正确。

（2）缓慢加压，那么袋内气体温度不变、压强增大，包装袋内壁单位面积上所受气体分子撞击的作用力增大；理想气体的内能由温度决定，温度不变，故气体内能不变。

（3）若不漏气，设加压后的体积为 V_1，由等温过程得 $p_0V_0=p_1V_1$，代入数据得 $V_1=0.5\,\mathrm{L}$。因为 $0.45\,\mathrm{L}<0.5\,\mathrm{L}$，故包装袋漏气。

B.（1）超声波的波速由介质决定，可知波速不变，故 A 错误、B 正确；由多普勒效应知，鱼群在靠近渔船过程中，渔船接收到的频率高于波源的频率，故 C 正确、D 错误。

（2）根据 $\lambda=\frac{v}{f}$，在传播过程中，频率保持不变，所以 $\lambda_1:\lambda_2=v_1:v_2=1.5$；根据波长越长越容易发生衍射，所以用超声波遇到结石时，不容易发生衍射。

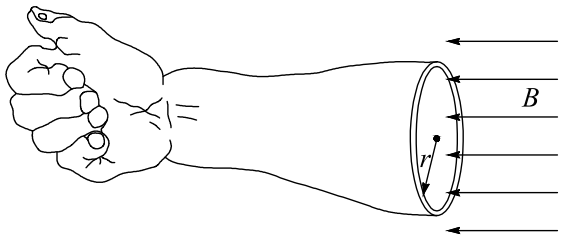
（3）设折射角为 γ，由折射定律 $\sin30^\circ=n\sin\gamma$；由几何关系知 $\sin\gamma=\frac{PB-OA}{OP}$，且 $OP=\sqrt{(PB-OA)^2+AB^2}$。代入数据解得 $n=\frac{\sqrt{449}}{14}$（或 $n\approx1.5$）。

C.（1）光电效应揭示了光具有粒子性，故 A 正确；衍射是波特有的现象，粒子能够发生衍射说明具有波动性，故 B 正确；黑体辐射不能用波动性解释，可引入量子化的观点解释，故 C 错误；德布罗意波长 $\lambda=\frac{h}{p}=\frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$，质子和电子的质量不同、动能相同，则波长不同，故 D 错误。

（2）由核反应的质量数守恒得释放 3 个中子。链式反应要求裂变物质的体积大于临界体积。

（3）组成 α 粒子的核子与 α 粒子的质量差 $\Delta m=(2m_{\mathrm{p}}+2m_{\mathrm{n}})-m_\alpha$，结合能 $\Delta E=\Delta mc^2$，代入数据得 $\Delta E=4.3\times10^{-12}\,\mathrm{J}$。

13. 做磁共振（MRI）检查时，对人体施加的磁场发生变化时会在肌肉组织中产生感应电流。某同学为了估算该感应电流对肌肉组织的影响，将包裹在骨骼上的一圈肌肉组织等效成单匝线圈，线圈的半径 $r=5.0\,\mathrm{cm}$，线圈导线的截面积 $A=0.80\,\mathrm{cm}^2$，电阻率 $\rho=1.5\,\Omega\cdot\mathrm{m}$。如图所示，匀强磁场方向与线圈平面垂直，若磁感应强度 B 在 0.3 s 内从 1.5 T 均匀地减为零，求：（计算结果保留一位有效数字）



(1) 该圈肌肉组织的电阻 R；

(2) 该圈肌肉组织中的感应电动势 E；

(3) 0.3 s 内该圈肌肉组织中产生的热量 Q。

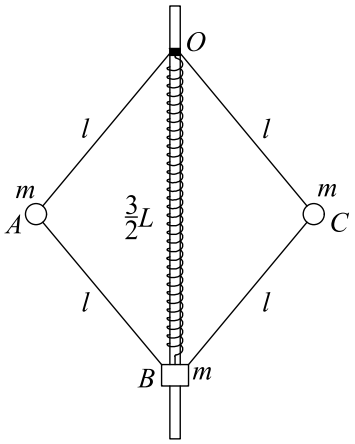
(1) $R=6\times10^3\,\Omega$ (2) $E=4\times10^{-2}\,\mathrm{V}$ (3) $Q=8\times10^{-8}\,\mathrm{J}$

（1）由电阻定律得 $R=\rho\frac{2\pi r}{A}$，代入数据得 $R=6\times10^3\,\Omega$。

（2）感应电动势 $E=\frac{\Delta B\pi r^2}{\Delta t}$，代入数据得 $E=4\times10^{-2}\,\mathrm{V}$。

（3）由焦耳定律得 $Q=\frac{E^2}{R}\Delta t$，代入数据得 $Q=8\times10^{-8}\,\mathrm{J}$。

14. 一转动装置如图所示，四根轻杆 OA、OC、AB 和 CB 与两小球及一小环通过铰链连接，轻杆长均为 l，球和环的质量均为 m，O 端固定在竖直的轻质转轴上。套在转轴上的轻质弹簧连接在 O 与小环之间。原长为 L。装置静止时，弹簧长为 $3L/2$。转动该装置并缓慢增大转速，小环缓慢上升。弹簧始终在弹性限度内，忽略一切摩擦和空气阻力，重力加速度为 g。求



(1) 弹簧的劲度系数 k；

(2) AB 杆中弹力为零时，装置转动的角速度 ω_0；

(3) 弹簧长度从 $3L/2$ 缓慢缩短为 $L/2$ 的过程中，外界对转动装置所做的功 W。

(1) $k=\frac{4mg}{L}$　(2) $\omega_0=\sqrt{\frac{8g}{5L}}$　(3) $W=mgL+\frac{16mgl^2}{L}$

（1）装置静止时，设 OA、AB 杆中的弹力分别为 F_1、T_1，OA 杆与转轴的夹角为 θ_1。

小环受到弹簧的弹力 $F_{弹1}=kL/2$，

小环受力平衡 $F_{弹1}=mg+2T_1\cos\theta_1$，

小球受力平衡 $F_1\cos\theta_1+T_1\cos\theta_1=mg$；$F_1\sin\theta_1=T_1\sin\theta_1$，

解得 $k=\frac{4mg}{L}$。

（2）设 OA、AB 杆中的弹力分别为 F_2、T_2，OA 杆与转轴的夹角为 θ_2，弹簧长度为 x。小环受到弹簧的弹力 $F_{弹2}=k(x-L)$，

小环受力平衡 $F_{弹2}=mg$ 得 $x=5L/4$，

对小球 $F_2\cos\theta_2=mg$；$F_2\sin\theta_2=m\omega_0^2l\sin\theta_2$ 且 $\cos\theta_2=\frac{x}{2l}$，

解得 $\omega_0=\sqrt{\frac{8g}{5L}}$。

（3）弹簧长度为 $L/2$ 时，设 OA、AB 杆中的弹力分别为 F_3、T_3，OA 杆与弹簧的夹角为 θ_3。

小环受到弹簧的弹力 $F_{弹3}=kL/2$，

小环受力平衡 $2T_3\cos\theta_3=mg+F_{弹3}$ 且 $\cos\theta_3=L/4l$，

对小球 $F_3\cos\theta_3=T_3\cos\theta_3+mg$；$F_3\sin\theta_3+T_3\sin\theta_3=m\omega_3^2l\sin\theta_3$，

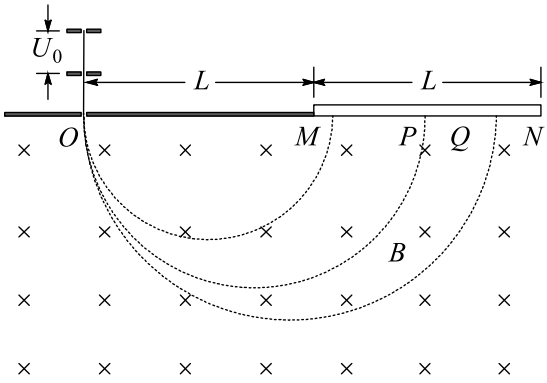
解得 $\omega_3=\sqrt{\frac{16g}{L}}$。

整个过程弹簧弹性势能变化为零，则弹力做的功为零，由动能定理

$W-mg\left(\frac{3L}{2}-\frac{L}{2}\right)-2mg\left(\frac{3L}{4}-\frac{L}{4}\right)=2\times\frac{1}{2}m(\omega_3 l\sin\theta_3)^2$，

解得 $W=mgL+\frac{16mgl^2}{L}$。

15. 一台质谱仪的工作原理如图所示，电荷量均为 $+q$、质量不同的离子飘入电压为 U_0 的加速电场，其初速度几乎为零。这些离子经加速后通过狭缝 O 沿着与磁场垂直的方向进入磁感应强度为 B 的匀强磁场，最后打在底片上。已知放置底片的区域 $MN=L$，且 $OM=L$。某次测量发现 MN 中左侧 2/3 区域 MQ 损坏，检测不到离子，但右侧 1/3 区域 QN 仍能正常检测到离子。在适当调节加速电压后，原本打在 MQ 的离子即可在 QN 检测到。



(1) 求原本打在 MN 中点 P 的离子质量 m；

(2) 为使原本打在 P 的离子能打在 QN 区域，求加速电压 U 的调节范围；

(3) 为了在 QN 区域将原本打在 MQ 区域的所有离子检测完整，求需要调节 U 的最少次数。（取 $\lg 2=0.301$，$\lg 3=0.477$，$\lg 5=0.699$）

(1) $m=\frac{9qB^2L^2}{32U_0}$　(2) $\frac{100}{81}U_0\le U\le\frac{16}{9}U_0$　(3) 最少次数为 3 次

（1）离子在电场中加速 $qU_0=\frac{1}{2}mv^2$，

在磁场中做匀速圆周运动 $qvb=m\frac{v^2}{r}$，

解得 $r=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU_0}{q}}$，

代入 $r_0=\frac{3}{4}L$，解得 $m=\frac{9qB^2L^2}{32U_0}$。

（2）由（1）知，$U=\frac{16U_0r^2}{9L^2}$。离子打在 Q 点 $r=\frac{5}{6}L$，$U=\frac{100U_0}{81}$；

离子打在 N 点 $r=L$，$U=\frac{16U_0}{9}$。则电压的范围 $\frac{100}{81}U_0\le U\le\frac{16}{9}U_0$。

（3）由（1）可知，$r\propto\sqrt{U}$。

由题意知，第 1 次调节电压到 U_1，使原本 Q 点的离子打在 N 点 $\frac{L}{\frac{5}{6}L}=\frac{\sqrt{U_1}}{\sqrt{U_0}}$，

此时，原本半径为 r_1 的打在 Q_1 的离子打在 Q 上 $\frac{\frac{5}{6}L}{r_1}=\frac{\sqrt{U_1}}{\sqrt{U_0}}$，

解得 $r_1=\left(\frac{5}{6}\right)^2 L$。

第 2 次调节电压到 U_2，原本打在 Q_1 的离子打在 N 点，原本半径为 r_2 的打在 Q_2 的离子打在 Q 上，则

$\frac{L}{r_1}=\frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_0}}$，$\frac{\frac{5}{6}L}{r_2}=\frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_0}}$，解得 $r_2=\left(\frac{5}{6}\right)^3 L$。

同理，第 n 次调节电压，有 $r_n=\left(\frac{5}{6}\right)^{n+1} L$。

检测完整，有 $r_n\le\frac{L}{2}$，解得 $n\ge\frac{\lg 2}{\lg\left(\frac{6}{5}\right)}-1\approx 2.8$。

最少次数为 3 次。