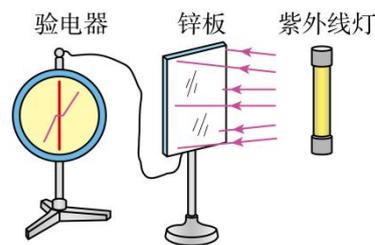


江苏省仪征中学高二物理周末练习 20

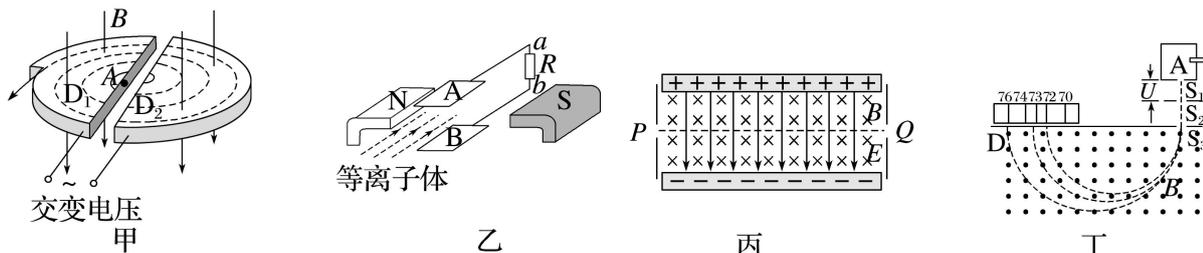
2024.6.9

一、单选题

1. 如图所示，把一块锌板连接在验电器上，并使锌板带负电，验电器指针张开。用紫外线灯照射锌板，则 ()
- 指针张角变小的过程中有电子离开锌板
 - 锌板所带的电荷量一直变大
 - 改用红光照射，指针张角也会变化
 - 用其它金属板替换锌板，一定会发生光电效应



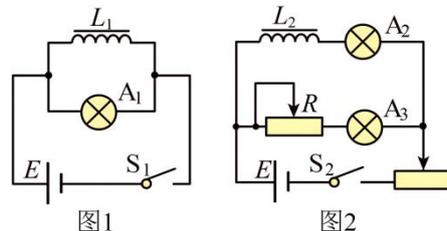
2. 甲、乙、丙、丁四幅图分别是回旋加速器、磁流体发电机、速度选择器、质谱仪的结构示意图，下列说法中正确的是 ()



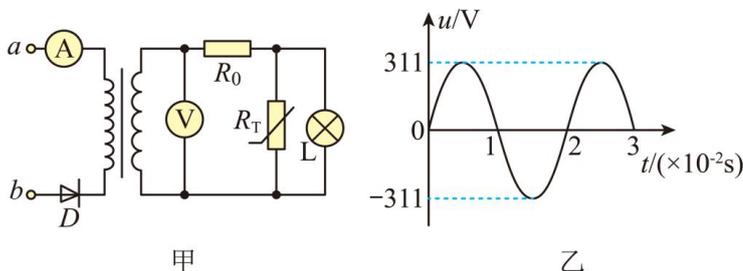
- 图甲中增大交变电场的电压可增大粒子的最大动能
- 图乙中可以判断出通过 R 的电流方向为从 a 到 b
- 图丙中粒子沿 PQ 向右或沿 QP 向左直线运动的条件都是 $v = \frac{E}{B}$
- 图丁中在分析同位素时，磁场中半径最小的粒子对应质量也一定最小

3. 图 1 和图 2 是教材中演示自感现象的两个电路图， L_1 和 L_2 为电感线圈。实验时，断开开关 S_1 瞬间，突然闪亮，随后逐渐变暗；闭合开关 S_2 ，灯 A_2 逐渐变亮，而另一个相同的灯 A_3 立即变亮，最终 A_2 与 A_3 的亮度相同。下列说法正确的是 ()

- 图 1 中， A_1 与 L_1 的电阻值相同
- 图 2 中，闭合 S_2 ，电路稳定后， A_3 中电流大于 L_2 中电流
- 图 2 中，变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同
- 图 2 中，闭合 S_2 瞬间， L_2 中电流与变阻器 R 中电流相等



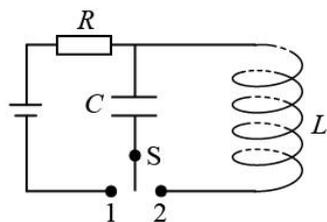
4. 在如图甲所示的电路中， ab 两端接入图乙所示的电压，副线圈接火灾报警系统（报警器未画出），图中电压表和电流表均为理想电表，电压表的示数为 22V，D 为理想二极管， R_0 为定值电阻， L 为电阻恒定的指示灯， R_T 为热敏电阻，其阻值随温度的升高而减小。下列说法中正确的是 ()



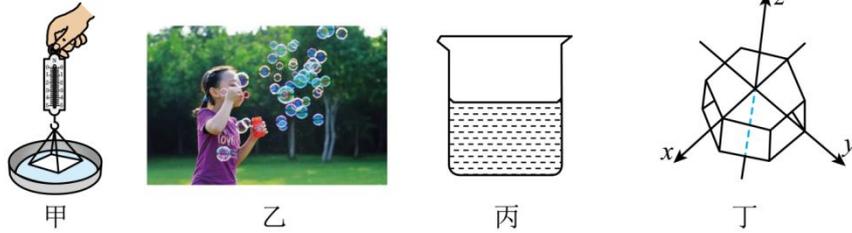
- 理想变压器原、副线圈匝数比为 10 : 1
- 若 R_T 处出现火灾时，电压表示数不变，电流表示数将变小
- 若 R_T 处出现火灾时，指示灯 L 将变暗
- 若只将原线圈的理想二极管去掉，则电压表的示数会变为原来的 2 倍

5. 如图所示的电路，电阻 $R = 10\Omega$ ，电容 $C = 1.2\mu F$ ，电感 $L = 30\mu H$ ，电感线圈的电阻可以忽略。单刀双掷开关 S 置于“1”，电路稳定后，再将开关 S 从“1”拨到“2”，图中 LC 回路开始电磁振荡，振荡开始后 $t = 5\pi \times 10^{-6}s$ 时，下列说法正确的是 ()

- 电容器正在放电
- 电容器的上极板带负电
- 电场能正在转化为磁场能
- 穿过线圈 L 的磁感应强度方向向上，且正在逐渐增强



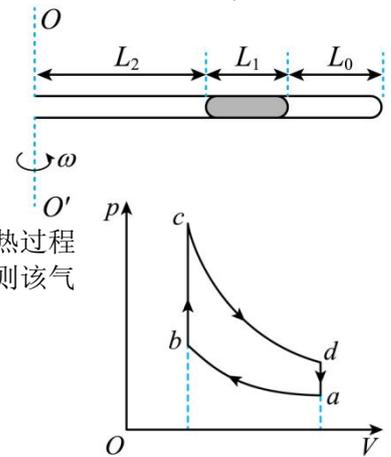
6.关于以下四幅图片的说法中，正确的是（ ）



- A.图甲中，向上拉下表面紧贴水面的玻璃板时，拉力大于玻璃板的重力，主要是受到大气压力的影响
- B.图乙中，小女孩吹出的肥皂泡呈球状与液体的表面张力无关
- C.图丙中，液体与玻璃杯壁接触的附着层的液体分子之间的分子力表现为斥力
- D.图丁中，石英沿垂直 x 轴晶面上的压电效应最显著，沿其他方向不明显，说明石英是多晶体

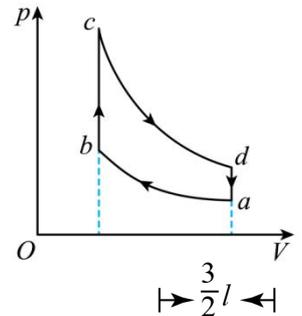
7.试管内封有一定质量的气体，静止时气柱长为 L_0 ，大气压强为 p_0 ，其他尺寸如图所示，当试管绕竖直轴以角速度 ω 在水平面内匀速转动时气柱长变为 L ，设温度不变，管横截面积为 S ，水银密度为 ρ ，则转动时管内被封气体的压强为（ ）

- A. $p_0 + \rho L_1 \omega^2 (L_2 + L_0 - L + \frac{L_1}{2})$
- B. $p_0 + \rho L_1 \omega^2 (L_2 + \frac{L_1}{2})$
- C. $p_0 + \rho g L_1$
- D. $\frac{L P_0}{L_0}$

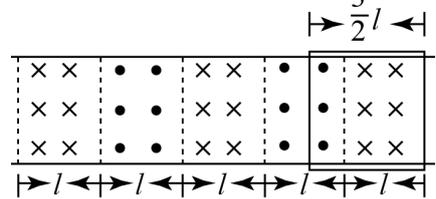


8.某汽车的四冲程内燃机利用奥托循环进行工作，该循环可视为由两个绝热过程和两个等容过程组成如图所示为一定质量的理想气体所经历的奥托循环，则该气体（ ）

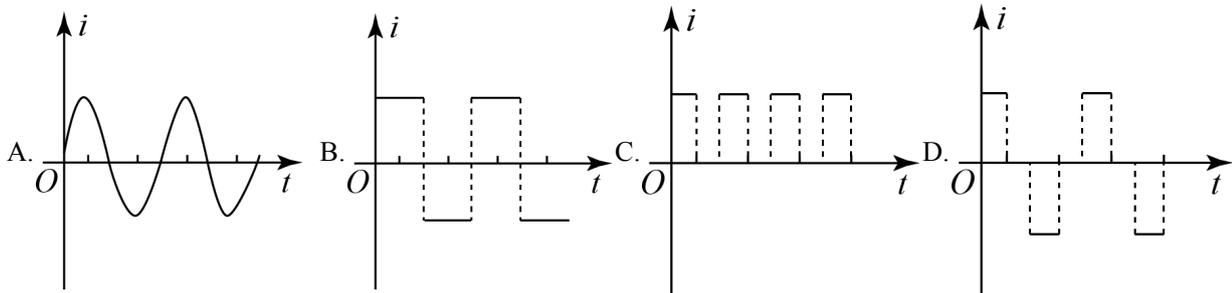
- A.在 $a \rightarrow b$ 的过程中，外界对其做的功全部用于增加内能
- B.在状态 a 和 c 时气体分子的平均动能可能相等
- C.在 $b \rightarrow c$ 的过程中，气体温度不变
- D.在一次循环过程中气体吸收的热量小于放出的热量



9.如图，在同一水平面内有两根平行长导轨，导轨间存在依次相邻的矩形匀强磁场区域，区域宽度均为 l ，磁感应强度大小相等、方向交替向上向下.一边长为 $\frac{3}{2}l$ 的正方形金属线框在导轨上向左匀速运动.

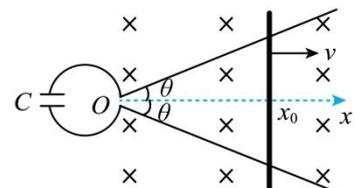


线框中感应电流 i 随时间 t 变化的正确图线可能是（ ）



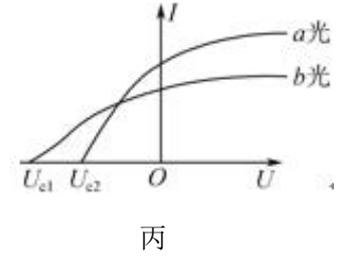
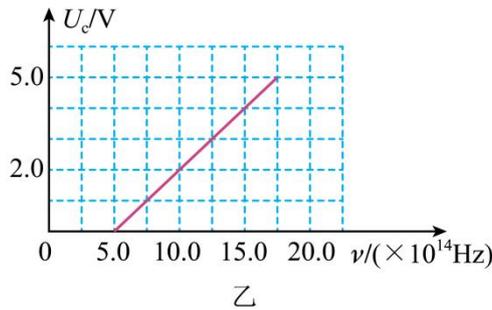
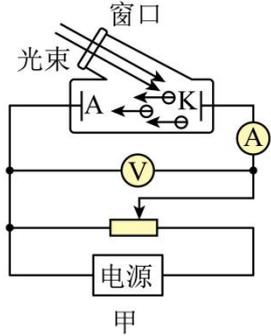
10.如图，两光滑导轨水平放置在竖直向下的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B 。导轨间距最窄处为一狭缝，取狭缝所在处 O 点为坐标原点。狭缝（缝宽可忽略）右侧两导轨与 x 轴夹角均为 θ ，一电容为 C 的电容器与导轨左端相连。导轨上的金属棒与 x 轴垂直，在外力 F 作用下从 O 点开始以速度 v 向右匀速运动，忽略所有电阻。下列说法正确的是（ ）

- A.通过金属棒的电流为 $BCv^2 \tan \theta$
- B.金属棒到达 x_0 时，电容器极板上的电荷量为 $BCvx_0 \tan \theta$
- C.金属棒运动过程中，电容器的上极板带负电
- D. $0-t$ 时间内，外力 F 的冲量为 $2CB^2 \tan^2 \theta t^2 v^3$



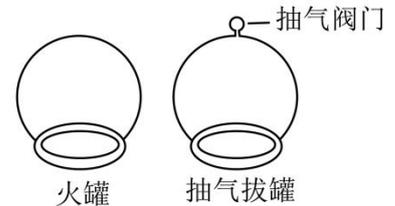
二、解答题

11. (15分) 用金属铷制成的光电管观测光电效应的装置如图甲所示。



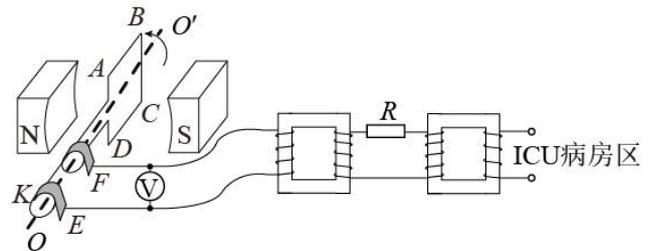
- (1) 图甲中电极 K 为光电管的_____。(选填“阴极”或“阳极”)
- (2) 要观察遏止电压，电源正、负极的接线为_____。(选填“左负右正”或“左正右负”)
- (3) 用不同频率的光照射该光电管，测得铷的遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系图像如图乙所示，则该金属的截止频率 $\nu_c =$ _____ Hz，逸出功 $W_0 =$ _____ J。已知普朗克常量 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 。(结果均保留两位有效数字)
- (4) 保持实验装置不变，用颜色不同的 a 光和 b 光照射光电管阴极 K 时，产生的光电流 I 随光电管两端电压 U 的变化规律如图乙丙所示。则 a 光的频率_____ (选填“大于”“等于”或“小于”) b 光的频率。

12. (8分) 中医拔罐的物理原理是利用玻璃罐内外的气压差使罐吸附在人体穴位上，进而治疗某些疾病。常见拔罐有两种，如图所示，左侧为火罐，下端开口；右侧为抽气拔罐，下端开口，上端留有抽气阀门。使用火罐时，先加热罐中气体，然后迅速按到皮肤上，自然降温后火罐内部气压低于外部大气压，使火罐紧紧吸附在皮肤上。抽气拔罐是先把罐体按在皮肤上，再通过抽气降低罐内气体压强。某次使用火罐时，罐内气体初始压强与外部大气压相同，温度为 450K，最终降到 300K，因皮肤凸起，内部气体体积变为罐容积的 $\frac{20}{21}$ 。若换用抽气拔罐，抽气后罐内剩余气体体积同样变为抽气拔罐容积的 $\frac{20}{21}$ ，罐内气压与火罐降温后的内部气压相同。大气压强为 p_0 ，罐内气体均可视为理想气体，且忽略抽气过程中气体温度的变化。求：(1) 火罐降温后内部气体压强 p ；(2) 抽气拔罐应抽出气体的质量与抽气前罐内气体质量的比值。

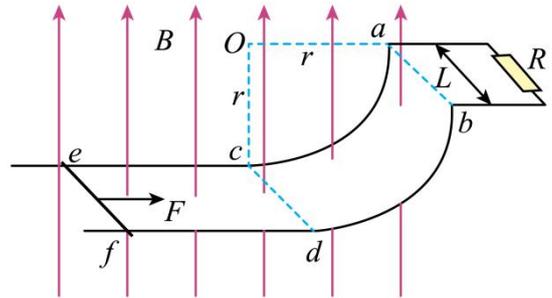


13. (9分) 疫情期间，为保障医院用电安全，供电部门专门为医院 ICU 病房区设计供电系统以及输电电路如图所示，发电机的矩形线框 ABCD 处于磁感应强度大小 B 的水平匀强磁场中，线框面积 $S=0.25\text{m}^2$ ，匝数 $n=100$ 匝，电阻不计。线框绕垂直于磁场的轴 OO' 以 3000 转/分的转速匀速转动，其输出端通过电刷 E、F 与升压变压器的原线圈相连，图中电压表示数为 250V，降压变压器原、副线圈的匝数之比为 5:1，降压变压器的副线圈接入到病房区供电，两变压器间的输电线等效电阻 $R=20\Omega$ ，变压器均为理想变压器。医院有五间标准 ICU 病房，病房内医疗设备额定工作电压均为 $U=220\text{V}$ ，每间病房的最大功率为 $P=4400\text{W}$ 。当五间病房均满负荷工作时，求：

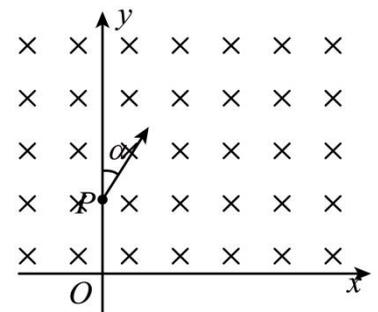
- (1) 磁感应强度 B 的大小；
- (2) 升压变压器原、副线圈匝数之比 $\frac{n_1}{n_2}$ 。



14. (14分) 如图所示, 在两根水平的平行光滑金属导轨右端 c 、 d 处, 连接两根相同的平行光滑 $\frac{1}{4}$ 圆弧导轨。圆弧导轨均处于竖直面内, 与水平轨道相切, 半径 $r = 0.5\text{m}$, 顶端 a 、 b 处连接一阻值 $R = 2.0\Omega$ 的电阻, 平行导轨各处间距均为 $L = 0.5\text{m}$, 导轨电阻不计。整个装置处于竖直向上的匀强磁场中, 磁感应强度大小 $B = 2.0\text{T}$ 。一根质量 $m = 1.0\text{kg}$ 、电阻 $R_0 = 1.0\Omega$ 的金属棒在水平拉力 F 作用下从 ef 处由静止开始匀加速直线运动, 运动到 cd 处的时间 $t_0 = 3.0\text{s}$, 此时拉力 $F_0 = 6.0\text{N}$ 。金属棒运动过程中始终与导轨垂直且接触良好, 重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求: (1) 金属棒匀加速直线运动的加速度大小; (2) 金属棒做匀加速直线运动时通过金属棒的电荷量 q ; (3) 若金属棒运动到 cd 处, 调节拉力 F 使金属棒沿圆弧导轨做匀速圆周运动至 ab 处。计算金属棒从 cd 运动至 ab 的过程中, 拉力做的功 W_F 。(计算结果保留到小数点后两位)



15. (14分) 如图所示, 在坐标系 xOy 中, x 轴上方存在垂直纸面向里的匀强磁场, 磁感应强度大小为 B_0 。质量为 m 、电荷量为 $-q$ 的带电粒子在纸面内从 P 点与 y 轴成 $\alpha = 30^\circ$ 方向射入磁场, 已知 P 点的纵坐标 $y_P = d$, 不计粒子重力。
- (1) 若粒子不离开磁场, 求粒子速度的最大值 v_m ;
 - (2) 若粒子离开磁场, 求粒子在磁场中运动时间 t 的范围;
 - (3) 若磁场为非匀强磁场, 方向垂直纸面向里, 磁感应强度大小随 y 方向均匀增大, 关系为 $B = \frac{B_0 y}{d}$ 。粒子以大小为 $v = \frac{2qB_0 d}{m}$ 的速度从 P 点沿图示方向射入磁场, 求粒子从 P 点运动到离 x 轴最远位置的过程中运动轨迹与 x 轴围成的面积 S 。



江苏省仪征中学周末练习 20 参考答案

1.A

2.D

【详解】A.根据洛伦兹力充当向心力，可知 $qvB = m \frac{v^2}{R}$ 故 $v = \frac{qBR}{m}$ 可知 $E_{k\max} = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$ 无关，A 错误。

B.根据左手定则可知，等离子体中的正电荷向下偏，负电荷向上偏，故电流的方向为从 b 到 a，B 错误。

C. $qE = qvB$ 故 $v = \frac{E}{B}$ 当粒子速度方向改变的时候，电场力方向不变，但洛伦兹力方向反向，无法与电场力相平衡，则无法匀速直线运动，C 错误。

D.在加速电场中，则有 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 在磁场中，则有 $qvB = m \frac{v^2}{R}$ 可得 $R = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$ 同位素电荷量相同，质量越大，半径越大，D 正确。

3.C

【详解】A.图 1，断开开关 S_1 瞬间，突然闪亮，随后逐渐变暗，则 A_1 的电阻值大于 L_1 的电阻值，故 A 错；BC.图 2 中，闭合 S_2 ，电路稳定后，最终 A_2 与 A_3 的亮度相同，则 A_2 中电流等于 L_2 中电流，路端电压等于灯 A_2 与 L_2 两端的电压，也等于灯 A_3 与 R 两端的电压，则 L_2 两端的电压等于 R 两端的电压，变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同，故 B 错误，C 正确；

D.图 2 中，闭合 S_2 瞬间，由于线圈 L_2 自感作用产生感应电动势，阻碍电流的增大，故 L_2 中电流小于变阻器 R 中电流，故 D 错误。

4.C

【详解】A. $\frac{U_1^2}{R} T = \frac{220^2}{R} \times \frac{T}{2}$ 解得 $U_1 = 110\sqrt{2}V$ 由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 得 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{110\sqrt{2}}{22} = 5\sqrt{2}$ 故 A 错误；

B.输入端的电压不变，匝数比不变，则电压表示数不变， R_T 电阻变小，输出的总功率变大，则输入端的电功率变大，电压不变，则电流表的示数变大，故 B 错误；

C.若 R_T 处出现火灾时， R_T 电阻变小，输出的总功率变大，电流强度变大， R_0 两端电压变大，则灯泡两端电压变小，灯泡变暗，故 C 正确；

D.有二极管时原线圈两端电压为 $110\sqrt{2}V$ ，没有二极管时原线两端电压为 $220V$ ，则原线圈两端电压变为原来的 $\sqrt{2}$ 倍，由于匝数比不变，则电压表的示数变为原来的 $\sqrt{2}$ 倍，故 D 错误。

5.B

【详解】对 LC 振荡电路的周期为 $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{30 \times 10^{-6} \times 1.2 \times 10^{-6}} = 1.2\pi \times 10^{-5} s$

则在 $t = 5\pi \times 10^{-6} s$ 时刻从初始状态振荡半个周期，则此时电容器正在反向充电，电容器下极板带正电，上极板带负电，磁场能正在转化为电场能，因通过线圈的电流正在向下减弱，则穿过线圈 L 的磁感应强度方向向下，且正在逐渐减弱。故选 B。

6.C

【详解】A.向上拉动下表面紧贴水面的玻璃板时，拉力大于玻璃板的重力，主要是受到水的张力的影响。故 A 错误；

B.表面张力让液体收缩，而球面是同体积物体最小的表面积，所以肥皂泡呈球状与液体的表面张力有关。故 B 错误；

C.玻璃杯附着层内的液体分子由于受到固体分子的吸引，所以附着层液体分子比较密集，分子之间的分子力表现为斥力。故 C 正确；

D.石英沿垂直 x 轴晶面上的压电效应最显著，沿其他方向不明显，说明具有各向异性的压电效应。故 D 错误。故选 C。

7. A

【详解】以水银柱为研究对象，其两端的压力差为向心力，水平方向受力为向右的 $p_0 S$ ，向左的 pS ，由牛顿第二定律，知 $pS - p_0 S = m\omega^2(L_1 + L_2 + L_0 - L - \frac{L_1}{2})$ 则有 $p = p_0 + \rho L_1 \omega^2(L_2 + L_0 - L + \frac{L_1}{2})$ 若以被封闭气体为研究对象，由等温变化可知 $p_0 L_0 S = p L S$

解得 $p = \frac{L_0}{L} p_0$ 故 BCD 错误，A 正确。

8. A

【详解】A. $a \rightarrow b$ 过程为绝热压缩过程，外界对其做正功，且与外界没有热交换，根据热力学第一定律，外界对其做的功全部用于增加内能，故 A 正确；

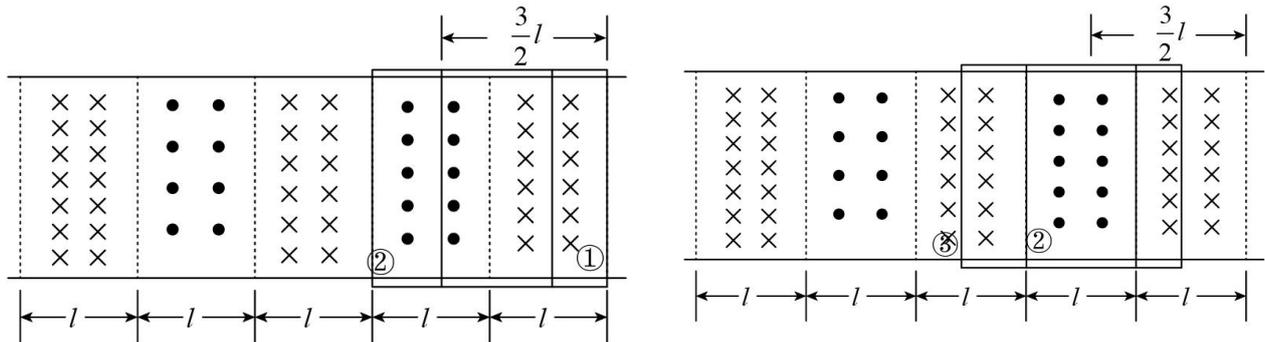
BC. 由 A 的分析可知，状态 b 的温度比 a 的温度高，由状态 b 到 c 的过程是等容过程，压强增大，温度升高，所以 c 状态的温度大于 a 状态的温度，故气体分子的平均动能不可能相等，故 BC 错误；

D. 在 $b \rightarrow c$ 的过程中，气体吸收热量，从 $c \rightarrow d$ 是绝热过程，气体对外做功，从 $d \rightarrow a$ 是等容过程，温度降低，气体放热，在一次循环过程中，气体内能变化为零，而图像中 $abcd$ 的面积为气体对外做功，所以气体吸收的热量大于放出的热量，故 D 错误。

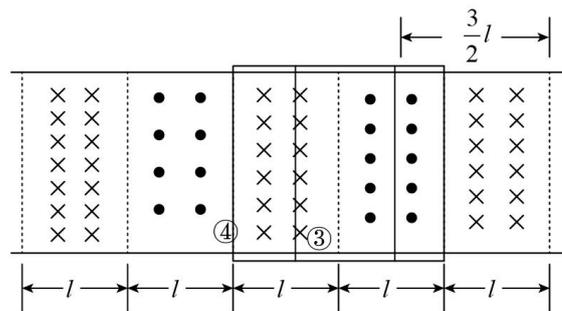
故选 A。

9. D

【详解】第一过程从①移动到②的过程中



左边导体棒切割产生的电流方向是顺时针，右边切割磁感线产生的电流方向也是顺时针，两根棒切割产生电动势方向相同所以 $E = 2Blv$ ，则电流为 $i = \frac{E}{R} = \frac{2Blv}{R}$ ，电流恒定且方向为顺时针，再从②移动到③的过程中左右两根棒切割磁感线产生的电流大小相等，方向相反，所以回路中电流表现为零，



然后从③到④的过程中，左边切割产生的电流方向逆时针，

而右边切割产生的电流方向也是逆时针，所以电流的大小为 $i = \frac{E}{R} = \frac{2Blv}{R}$ ，方向是逆时针

当线框再向左运动时，左边切割产生的电流方向顺时针，右边切割产生的电流方向是逆时针，此时回路中电流表现为零，故线圈在运动过程中电流是周期性变化，D 正确；ABC 错误；故选 D

10. D

【详解】C. 根据楞次定律可知电容器的上极板应带正电，C 错误；

A. 由题知导体棒匀速切割磁感线，根据几何关系切割长度为 $L = 2x \tan \theta$ ， $x = vt$

则产生的感应电动势为 $E = 2Bv^2 \tan \theta t$ 由题图可知电容器直接与电源相连，则电容器的电荷量为 $Q = CE =$

$2BCv^2 \tan \theta t$ 则流过金属棒的电流 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = 2BCv^2 \tan \theta$ ，A 错误；

B. 当金属棒到达 x_0 处时，导体棒产生的感应电动势为 $E' = 2Bvx_0 \tan \theta$ 则电容器的电荷量为 $Q = CE' = 2BCvx_0 \tan \theta$ ，B 错误；

D. 因为金属棒以速度 v 向右匀速运动，则对金属棒有 $F = F_{安} = BIL = 4CB^2 v^3 \tan^2 \theta t$

则在 $0-t$ 时间内，外力 F 与时间 t 成正比，则 $0-t$ 时间内，外力 F 的冲量为 $I_F = \bar{F}t = \frac{F}{2}t = 2CB^2 v^3 \tan^2 \theta t^2$ 故

D 正确。

11. (15分) 阴极 左负右正 5.0×10^{14} 3.3×10^{-19} 小于

【详解】(1)电子从金属板上射出后被电场加速，由此可知K板为负极，即为阴极；
 (2)要观察饱和电流，加正向电压，则电源正、负极的接线为左正右负；要观察遏止电压，则加反向电压，电源正、负极的接线为左负右正。
 (3)根据爱因斯坦光电方程 $E_{km} = h\nu - W_0$ 和 $eU_c = E_{km}$ 得 $eU_c = h\nu - W_0$ 因此当遏止电压为零时 $h\nu = W_0$
 由图像可知，铷的截止频率 $\nu_c = 5.0 \times 10^{14}$ Hz 根据 $h\nu_c = W_0$ 可求得该金属的逸出功大小为 $W_0 = 3.3 \times 10^{-19}$ J
 (4)根据爱因斯坦光电效应方程有 $eUc = E_k = h\nu - W_0$ 照射同一阴极材料则 W_0 相同，由图可知 $Uca < Ucb$
 可得 $\nu_a < \nu_b$

12.(1) $0.7p_0$; (2) $\frac{1}{3}$

【详解】(1)设火罐内气体初始状态参量分别为 p_1 、 T_1 、 V_1 ，温度降低后状态参量分别为 p_2 、 T_2 、 V_2 ，罐的容积为 V_0 ，由题意知 $p_1 = p_0$ 、 $T_1 = 450$ K、 $V_1 = V_0$ 、 $T_2 = 300$ K、 $V_2 = \frac{20}{21}V_0$ ，由理想气体状态方程得 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$

解得 $p_2 = 0.7p_0$

(2)对于抽气罐，设初态气体状态参量分别为 p_3 、 V_3 ，末态气体状态参量分别为 p_4 、 V_4 ，罐的容积为 V_0 ，由题意知 $p_3 = p_0$ 、 $V_3 = V_0$ 、 $p_4 = p_2$ ，由玻意耳定律得， $p_0 V_0 = p_2 V_4$ ，联立代入数据得， $V_4 = \frac{10}{7}V_0$ ，设抽出的气

体的体积为 ΔV ，由题意知， $\Delta V = V_4 - \frac{20}{21}V_0$ ，故应抽出气体的质量与抽气前罐内气体质量的比值为

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta V}{V_0}，联立代入数据得，\frac{\Delta m}{m} = \frac{1}{3}$$

13.(1) $\frac{\sqrt{2}}{10\pi}$ T; (2) $\frac{1}{6}$

【详解】(1)线框转动的角速度为， $\omega = 2\pi n_{\text{转}} = 100\pi \text{ rad/s}$ ，线框在匀强磁场中匀速转动产生交变电流，感应电动势最大值， $E_m = nBS\omega = 250\sqrt{2}\text{V}$ ，解得， $B = \frac{\sqrt{2}}{10\pi} \text{ T}$

(2)当五间病房均满负荷工作时，降压变压器副线圈的电流， $I_4 = 5 \times \frac{P}{U} = 100\text{A}$ ，根据变压器原副线圈电流关系， $\frac{I_4}{I_3} = \frac{n_3}{n_4}$ ，代入数据得降压变压器原线圈的电流， $I_3 = 20\text{A}$ ，根据变压器原副线圈电流关系， $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ ， $U_4 = 220\text{V}$ ，解得 $U_3 = 1100\text{V}$ ，设升压变压器原线圈电压为 U_1 ，副线圈电压为 U_2 ，根据 $U_2 - I_3 R = U_3$ 代入数据解得 $U_2 = 1500\text{V}$ 根据题意 $U_1 = 250\text{V}$ 则升压变压器得原副线圈匝数之比 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{6}$

14.(1) 3.0m/s^2 ; (2) 4.5C ; (3) 6.18J

【详解】(1)设金属棒匀加速运动的加速度为 a ，则运动到 cd 的速度 $v = at_0$ 当金属棒在 cd 时，其产生的感应电动势为 $E_1 = BLv$ 产生的电流为 $I = \frac{E_1}{R + R_0}$ 金属棒所受的安培力为 $F_A = BIL$ 据牛顿第二定律得 $F_0 - F_A = ma$
 联立以上代入数据解得 $a = 3\text{m/s}^2$

(2)通过金属棒的电荷量为 $q = \bar{I}t_0$ ， $\bar{I} = \frac{BL\bar{v}}{R + R_0}$ ， $\bar{v} = \frac{v}{2}$ ，联立得 $q = 4.5\text{C}$

(3)设金属棒运动速度 v 与磁场正方向的夹角为 α ，则垂直磁场方向的分速度 $v_{\perp} = v \sin \alpha$ 则 $E_2 = BLv \sin \alpha$

有效值 $E = \frac{BLv}{\sqrt{2}}$ 则 $Q = \frac{E^2}{R + R_0} t$ 其中 $t = \frac{\pi r}{2v}$ 解得 $Q = \frac{3}{8}\pi\text{J}$ 由功能关系得 $W_F = mgr + Q$ 代入数据

$$W_F = 5 + \frac{3}{8}\pi \approx 6.18\text{J}$$

15.(1) $\frac{2qdB_0}{3m}$; (2) $\frac{2\pi m}{3B_0q} < t < \frac{4\pi m}{3B_0q}$; (3) $\sqrt{3}d^2$

【详解】(1)若粒子刚好不离开磁场，则运动轨迹与 x 轴相切，由几何关系

$$d = r \sin \alpha + r \text{ 由洛伦兹力提供向心力 } qv_m B_0 = m \frac{v_m^2}{r} \text{ 解得 } v_m = \frac{2qdB_0}{3m}$$

(2)粒子在磁场中的运动周期 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{B_0 q}$

当粒子刚好离开磁场时，在磁场中运动时间最长 $t_1 = \frac{240^\circ}{360^\circ} T = \frac{4\pi m}{3B_0 q}$

当粒子速度越来越大，粒子的半径足够大时，可视为粒子从磁场边界 x 轴上

进入磁场，粒子在磁场中运动时间最短，则 $t_2 = \frac{120^\circ}{360^\circ} T = \frac{1}{3} T = \frac{2\pi m}{3B_0 q}$

综上所述，粒子离开磁场，在磁场中运动时间的范围为 $\frac{2\pi m}{3B_0 q} < t < \frac{4\pi m}{3B_0 q}$

(3)设粒子在 x 轴方向上的分速度为 v_x ，粒子运动至 x 轴最远位置时 y 轴方向上的分速度为零，根据动量定理

$$-qBv_x \Delta t = 0 - mv \cos \alpha \text{ 其中 } B = \frac{B_0 y}{d} \text{ 则 } \sum q \frac{B_0 y}{d} v_x \Delta t = mv \cos \alpha \text{ 可得 } q \frac{B_0}{d} \sum y v_x \Delta t = mv \cos \alpha \text{ 根据}$$

$$\sum y v_x \Delta t = \sum y \Delta x = S \text{ 解得 } S = \sqrt{3}d^2$$

