



2023 北京育英学校高二（上）期末

物理（2-5 班）

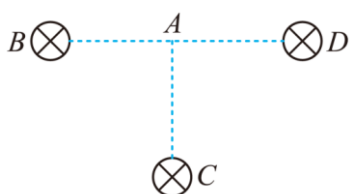
2023 年 1 月

一、单项选择题（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是最符合题目要求的，请将正确答案填涂在答题卡相应位置。）

1. 奥斯特实验是科学历史上的经典实验，它的价值在于直接证实了（ ）

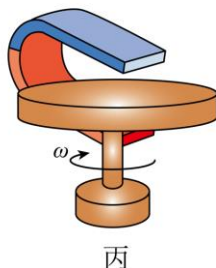
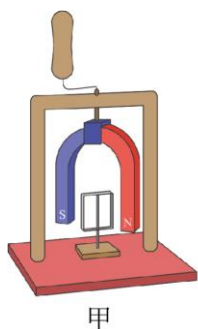
- A. 磁场的存在
- B. 地磁场的存在
- C. 电流会激发磁场
- D. 地磁场的方向

2. 如图是 三根平行直导线的截面图，它们的电流大小都相同，方向垂直纸面向里。如果 $AB=AC=AD$ ，则 A 点的磁感应强度的方向是（ ）



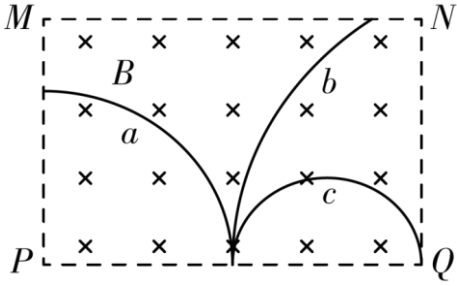
- A. 由 A 指向 B
- B. 由 A 指向 D
- C. 由 A 指向 C
- D. 由 C 指向 A

3. 下列关于教材中四幅插图的说法正确的是（ ）



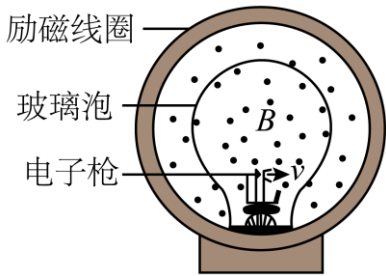
- A. 图甲中，当手摇动柄使得蹄形磁铁转动，则铝框会同向转动，且和磁铁转得一样快
- B. 图乙是真空冶炼炉，当炉外线圈通入高频交流电时，线圈中产生大量热量，从而冶炼金属
- C. 丙是铜盘靠惯性转动，手持磁铁靠近铜盘，铜盘转动加快
- D. 图丁是微安表的表头，运输时把两个正、负接线柱用导线连接，可以减小电表指针摆动角度

4. 如图所示，虚线框 $MNPQ$ 内为一矩形匀强磁场区域，磁场方向垂直纸面向里。 a 、 b 、 c 是三个质量和电荷量都相等的带电粒子，它们从 PQ 边上的中点沿垂直于磁场的方向射入磁场，图中画出了它们在磁场中的运动轨迹。若不计粒子所受重力，则（ ）



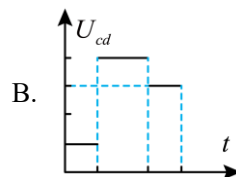
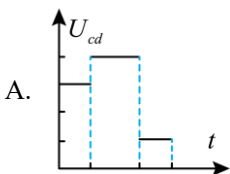
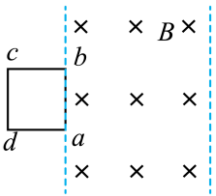
- A. 粒子 a 带负电, 粒子 b 、 c 带正电
- B. 射入磁场时, 粒子 b 的动能最大
- C. 粒子 b 的运动轨迹是抛物线
- D. 射入磁场时 c 的运动时间最大

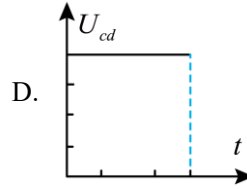
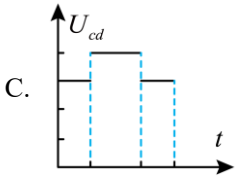
5. 如图为洛伦兹力演示仪的结构图, 励磁线圈产生匀强磁场, 电子束由电子枪产生, 其速度方向与磁场方向垂直, 电子速度大小可通过电子枪的加速电压来控制, 磁场强弱可通过励磁线圈的电流来调节, 下列说法正确的是 ()



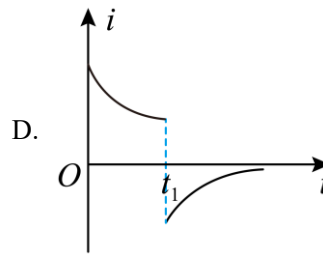
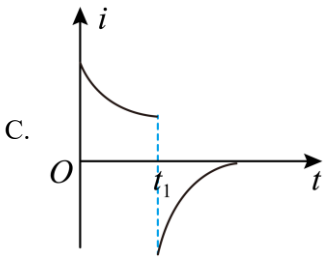
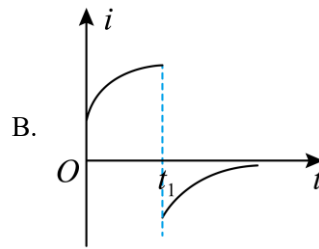
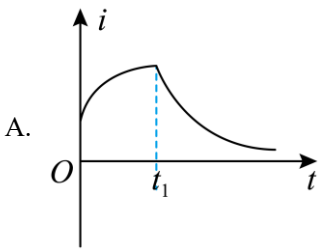
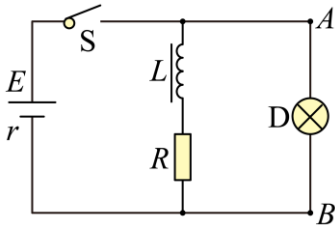
- A. 励磁线圈电流沿顺时针方向
- B. 仅增大励磁线圈的电流, 电子束径迹的半径变大
- C. 仅加大电子枪加速电压, 电子束径迹的半径变大
- D. 仅加大电子枪加速电压, 电子做圆周运动的周期将变大

6. 如图所示, 由同种材料制成的粗细均匀的正方形金属线框, 以恒定速度通过有理想边界的匀强磁场, 线框的边长小于有界磁场的宽度。开始计时时线框的 ab 边恰与磁场的左边界重合, 在运动过程中线框平面与磁场方向保持垂直, 且 ab 边保持与磁场边界平行, 则图中能定性的描述线框中 c 、 d 两点间的电势差 U_{cd} 随时间变化情况的是 ()

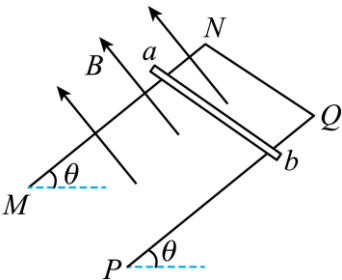




7. 如图所示的电路中，电源的电动势为 E ，内阻为 r ，电感 L 的电阻不计，电阻 R 的阻值大于灯泡 D 的阻值。在 $t=0$ 时刻闭合开关 S ，经过一段时间后，在 $t=t_1$ 时刻断开 S ，下列表示灯泡 D 的电流 i 随时间变化的图像中，正确的是（ ）



8. 如图所示，足够长的 U 形光滑金属导轨平面与水平面成 θ 角，其中 MN 与 PQ 平行且间距为 L ，导轨平面与磁感应强度大小为 B 的匀强磁场垂直，导轨电阻不计。金属棒 ab 由静止开始沿导轨下滑，并与两导轨始终保持垂直且接触良好， ab 棒在 MN 与 PQ 之间部分的电阻为 R ，当 ab 棒沿导轨下滑的距离为 x 时，棒的速度大小为 v 。则在这一过程中（ ）



A. 金属棒 ab 做匀加速运动

B. 通过金属棒 ab 横截面的电荷量为 $\frac{BLx}{R}$

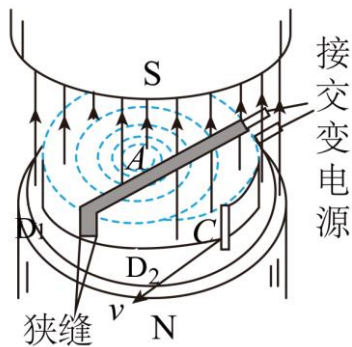
C. 金属棒 ab 产生的焦耳热为 $\frac{B^2 L^3 v}{2R} x$



D. 金属棒 ab 的最大速度为 $\frac{mgR}{B^2 L^2}$

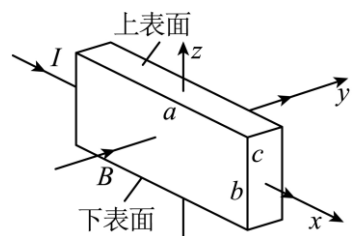
9. 回旋加速器的原理如图所示，中空半圆金属盒 D_1 和 D_2 的半径为 R ，分别接在电压相等的交流电源两端，磁感应强度为 B 的匀强磁场与盒面垂直。 A 点处的粒子源能不断产生带电粒子，调节交流电源的频率或磁感应强度大小，粒子最终都能沿位于 D_2 盒边缘的 C 口射出。该回旋加速器可将原来静止的质子

(${}^1_1\text{H}$) 加速到最大速率 v ，使它获得的最大动能为 E_k 。若带电粒子在 A 点的初速度、所受重力、通过狭缝的时间及 C 口的口径大小均可忽略不计，且不考虑相对论效应，则用该回旋加速器 ()



- A. 若只改变交流电的频率，能使原来静止的氘核 (${}^2_1\text{H}$) 获得的最大速率为 $2v$
- B. 若只改变交流电的频率，能使原来静止的 α 粒子 (${}^4_2\text{He}$) 获得的动能为 E_k
- C. 若只改变磁感应强度大小，加速质子的磁感应强度是加速氘核的磁感应强度的 2 倍
- D. 若只改变磁感应强度大小，能使原来静止的 α 粒子 (${}^4_2\text{He}$) 获得的动能为 E_k

10. 利用霍尔效应制作的霍尔元件以及传感器，广泛应用于测量和自动控制等领域。图中一块长为 a 、宽为 b 、厚为 c 的半导体样品薄片放在沿 y 轴正方向的匀强磁场中，磁感应强度大小为 B 。当有大小为 I 、沿 x 轴正方向的恒定电流通过样品板时，会在与 z 轴垂直的两个侧面之间产生电势差，这一现象称为霍尔效应。其原因是薄片中的导电粒子受洛伦兹力的作用向一侧偏转和积累，于是上、下表面间建立起电场 E_H ，同时产生霍尔电压 U_H 。当导电粒子所受的电场力与洛伦兹力处处相等时， E_H 和 U_H 达到稳定值， U_H 的大小与 I 和 B 满足关系 $U_H = k_H IB$ ，其中 k_H 称为霍尔元件灵敏度， k_H 越大，灵敏度越高。半导体内导电粒子——“载流子”有两种：自由电子和空穴（空穴可视为能自由移动带正电的粒子），若每个载流子所带电量的绝对值为 e ，薄片内单位体积中导电的电子数为 n 。下列说法中正确的是 ()



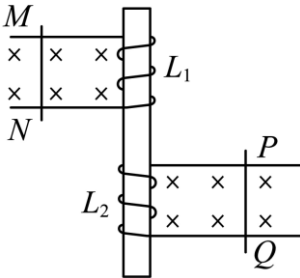
- A. 若载流子是电子，半导体样品的上表面电势高
- B. 磁感应强度大小为 $B = \frac{neU_H}{Ic}$
- C. 在其他条件不变时，半导体薄片的厚度 c 越大，霍尔元件灵敏度越高



D. 在其他条件不变时, 单位体积中导电的电子数 n 越大, 霍尔元件灵敏度越低

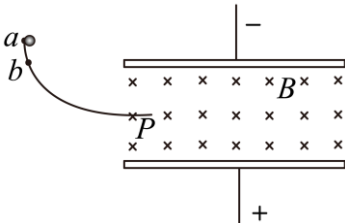
二、多项选择题 (本题共 4 小题, 每小题 3 分, 共 12 分. 在每小题给出的四个选项中, 有几项是符合题目要求的, 全部选对者得 3 分, 选对但不全者得 2 分, 选错、多选或不选者不得分. 请将正确答案标号填涂在答题卡上相应位置。)

11. 如图所示, 水平放置的两条光滑轨道上有可自由移动的金属棒 PQ 、 MN , 当 MN 在外力的作用下运动时, PQ 在磁场的作用下向右运动, 则 MN 所做的运动可能是 ()



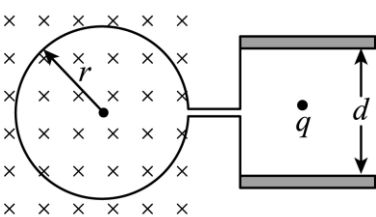
- A. 向右减速运动 B. 向右加速运动 C. 向左减速运动 D. 向左加速运动

12. 如图所示, 水平正对放置的带电平行金属板间的匀强电场方向竖直向上, 匀强磁场方向垂直纸面向里, 一带电小球从光滑绝缘轨道上的 a 点由静止释放, 经过轨道端点 P 进入板间后恰好沿水平方向做匀速直线运动. 现在使小球从稍低些的 b 点由静止释放, 经过轨道端点 P 进入两板之间的场区. 关于小球和小球现在运动的情况以下判断中正确的是 ()

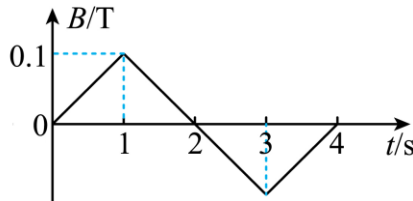


- A. 小球可能带负电
B. 小球在电、磁场中做加速运动
C. 小球在电、磁场中运动的过程机械能减少
D. 小球在电、磁场中运动的过程电势能减少

13. 如图甲所示, 半径为 r 带缺口的刚性金属圆环在纸面内固定放置, 在圆环的缺口两端引出两根导线, 分别与两块垂直于纸面正对固定放置的平行金属板连接, 两板间距为 d 。圆环内有垂直于纸面变化的磁场, 变化规律如图乙所示 (规定磁场方向垂直于纸面向里为正方向)。在 $t = 0$ 时刻平板之间中心有一重力不计, 电荷量为 q 的静止微粒, 电荷始终在两板间运动, 则下列说法中正确的是 ()



图甲



图乙

- A. 第 3s 内场强方向向下



B. 第 2s 内两极板之间的电场强度大小为 $\frac{0.2\pi r^2}{d}$

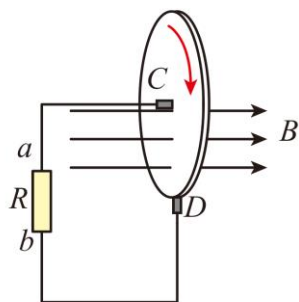
C. 第 2s 末微粒回到了原来位置

D. 第 4s 末微粒回到了原来位置

14. 如图甲所示为法拉第发明的圆盘发电机，图乙是其原理示意图，其中的铜质圆盘安装在水平的铜轴上，铜质圆盘的圆心与铜轴重合，它的边缘正好在两磁极之间，两块铜片 C 、 D 分别与圆盘的转动轴和边缘良好接触，用导线将两块铜片与电阻 R 连接起来形成闭合回路，为讨论问题方便，将磁场简化为水平向右磁感应强度为 B 的匀强磁场；将圆盘匀速转动简化为一根始终在匀强磁场中绕铜轴匀速转动、长度为圆盘半径的导体棒，其等效电阻为 r 。除了 R 和 r 以外，其他部分电阻不计。已知圆盘半径为 a ，当其以角速度 ω 匀速转动时（ ）



甲



乙

A. 通过电阻 R 的电流方向是由 a 到 b

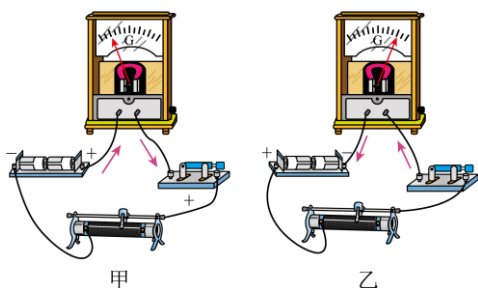
B. 回路中感应电流大小为 $\frac{Ba^2\omega}{2(R+r)}$

C. 圆盘匀速转动一圈，外力做功 $\frac{B^2a^4\omega\pi}{2(R+r)}$

D. 圆盘匀速转动过程中 C 点电势高于 D 点电势

三、实验题（14分）

15. 某同学探究“影响感应电流方向的因素”，实验如下：



甲

乙

(1) 首先按图甲所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向左偏转；再按图乙所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向右偏转。进行上述实验的目的是_____

A. 检查各仪器及导线是否完好

B. 检查电流量程是否合适

C. 检查电流计测量电路的电流是否准确

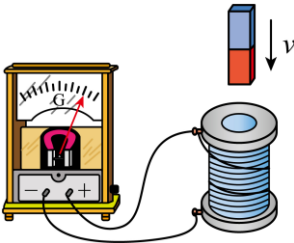


D. 推断电流从不同接线柱流入时电流计指针偏转方向

(2) 要想使电流计指针发生偏转，即有感应电流产生，某同学设计了以下四种操作，其中可行的是_____ (选填选项前的字母)。

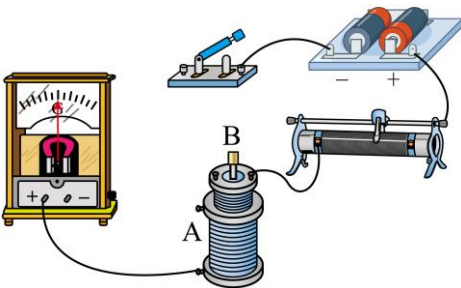
- A. 螺线管不动，磁铁快速插入或拔出螺线管
- B. 螺线管不动，磁铁匀速插入或拔出螺线管
- C. 磁铁与螺线管保持相对静止，一起加速向上运动
- D. 磁铁与螺线管保持相对静止，一起匀速向上运动

(3) 接下来用如图所示的装置做实验，图中螺线管上的粗线标示的是导线的绕行方向。某次实验中在条形磁铁插入螺线管的过程中，观察到电流计指针向右偏转，说明螺线管中的电流方向（从上往下看）是沿_____ (选填“顺时针”或“逆时针”) 方向。



(4) 又将实验装置改造，实验器材如图所示，(1) 图中已经用导线将部分器材连接，请补充完成实物间的连线_____。

(5) 若连接好实验电路并检查无误后，观察在闭合开关的瞬间和断开瞬间以及闭合开关后以不同速度移动滑动变阻器的划片过程中，指针摆动情况，由此实验可以得出恰当的结论是_____ (选填选项前的字母)。



- A. 螺线管 B 的磁场变强或变弱影响感应电流方向
- B. 螺线管 B 的磁场变强或变弱影响感应电流大小
- C. 螺线管 B 的磁场强弱变化快慢影响感应电流大小
- D. 螺线管 B 的磁场强弱变化快慢影响感应电流方向

(6) 在 (5) 的研究中，完成实验后未断开开关，也未把 A、B 两螺线管和铁芯分开设置，在拆除电路时突然被电击了一下，则被电击是在拆除_____ (选填“A”或“B”) 螺线管所在电路时发生的。试分析被电击的原因：_____。

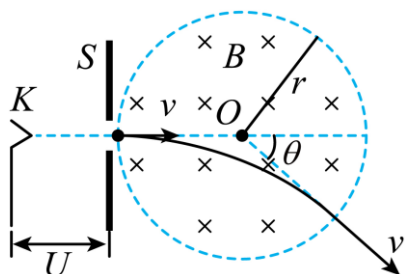
四、计算题：(本题共 5 小题，共 44 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位)。

16. 如图所示，电子枪的阴极 K 发射出电子，电子由阴极射出时的速度很小可忽略不计，经加速后穿过 S



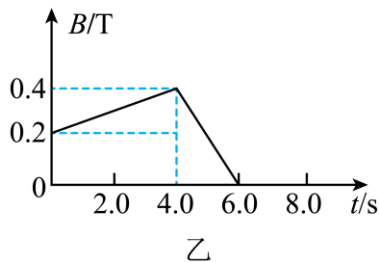
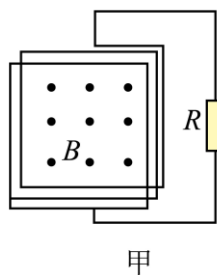
板沿直径方向进入半径为 r 的圆形匀强磁场区域，电子束经过磁场区后，其运动方向与原方向夹角是 $\theta = 60^\circ$ 。磁感应强度大小为 B 、方向垂直纸面向里，设电子质量为 m ，电荷量为 e ，不计电子之间的相互作用及所受的重力，求

- (1) 电子在磁场中运动的半径大小 R ；
- (2) 电子在磁场中运动的时间 t ；
- (3) 阴极 K 与极板 S 的电势差 U 。



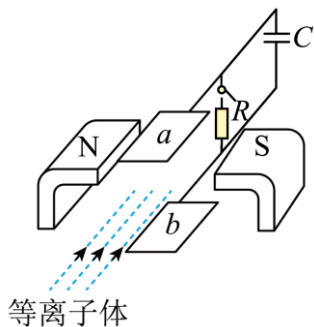
17. 如图甲所示，在一个正方形金属线圈区域内，存在着磁感应强度 B 随时间变化的匀强磁场，磁场的方向与线圈平面垂直。金属线圈所围的面积 $S=0.1\text{m}^2$ ，匝数 $n=1000$ ，线圈电阻 $r=1.0\Omega$ 。线圈与电阻 R 构成闭合回路，电阻 $R=4.0\Omega$ 。匀强磁场的磁感应强度随时间变化的情况如图乙所示，求

- (1) 在 $t=2.0\text{s}$ 时刻，通过电阻 R 的感应电流的大小；
- (2) 在 $4.0\sim 6.0\text{s}$ 内，通过电阻 R 的电量；
- (3) $0\sim 6.0\text{s}$ 内整个闭合电路中产生的焦耳热。



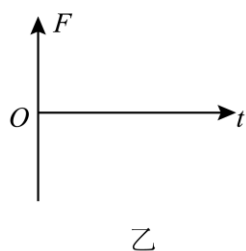
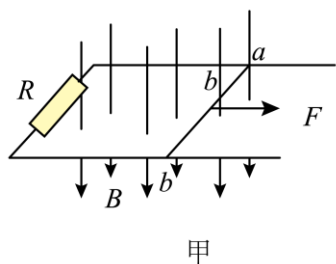
18. 如图所示是磁流体发电机的装置， a 、 b 组成一对长为 L 、宽为 h 的平行电极，两板间距为 d ，内有磁感应强度为 B 的匀强磁场。发电通道内有电阻率为 ρ 的高温等离子体持续垂直喷入磁场，每个离子的速度为 v ，负载电阻的阻值为 R ，电离气体沿导管高速向右流动，运动的电离气体受到磁场作用，产生了电动势，电离气体以不变的流速 v 通过发电通道。电容器的电容为 C ，不计电离气体所受的摩擦阻力。根据提供的信息完成下列问题。

- (1) 判断 a 、 b 板的电势高低，求发电机的电动势 E ；
- (2) 开关闭合，当发电机稳定发电时，求 a 、 b 两端的电势差 U_{ab} ；
- (3) 开关断开，电容器所带的电荷量 q 。



19. 如图甲所示，电阻 R 连接在宽度为 L 的足够长光滑金属导轨水平固定在匀强磁场中，磁场范围足够大，磁感强度大小为 B ，方向垂直于导轨平面向下。现有一根质量为 m 、电阻为 r 的金属棒 ab 放置在金属导轨上，长度与金属导轨宽度相等，金属棒 ab 在运动过程中始终与导轨垂直且接触良好，不计导轨电阻。

- (1) 若金属棒 ab 以水平速度 v 向右匀速运动，
- ① 根据电动势的定义式推导金属棒 ab 产生的感应电动势 $E = BLv$ ；
 - ② 求外力 F 的功率 P 。
- (2) 若金属棒 ab 在水平向右拉力作用下由静止开始做匀加速运动，加速度大小为 a ，
- ① 推导金属棒 ab 两端的电压 U_{ab} 随时间 t 变化的关系式；
 - ② 推导金属棒 ab 加速过程中外力 F （以向右为正方向）随时间 t 变化的关系式，并在图乙中画出 $F-t$ 的示意，标出截距。

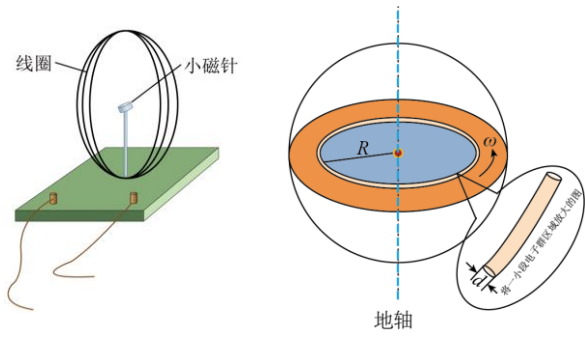


20. 环形电流周围有磁场，根据电磁学理论可知，半径为 R 、电流强度为 I 的环形电流中心处的磁感应强度大小 $B = K \frac{I}{R}$ ，其中 K 为已知常量。电流的本质是电荷的定向运动，电流可以产生磁场意味着运动的电荷也可以产生磁场。

- (1) 氢原子核外电子以速率 v 绕核做圆周运动，轨道半径为 r ，电荷量为 e ，求该“分子电流”在圆心处的磁感应强度大小 B_1 。
- (2) 如图，在一个竖直放置一半径为 r 、电阻为 R 、匝数为 n 的圆形线圈的圆心 O 处，有一个可以绕竖直轴在水平面内转动的小磁针。线圈未通电流时，小磁针稳定后指向地磁场水平分量方向，调整线圈方位并通入电流，小磁针偏转了 θ 角。已知仪器所在处地磁场的磁感应强度水平分量大小为 B_e ，求：线圈两端的电压。
- (3) 有人用电流观点解释地磁成因：在地球内部的古登堡面附近集结着绕地轴转动的管状电子群，转动的角速度为 ω ，该电子群形成的电流产生了地磁场。如图所示，为简化问题，假设古登堡面的半径为 R ，电子均匀分布在距地心 R 、直径为 d 的管道内，管道内单位长度电荷量 q ，且 $d \ll R$ ，求此管状电子群在



地心处产生的磁感应强度大小 B_2 。





参考答案

一、单项选择题（本题共 10 小题，每小题 3 分，共 30 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是最符合题目要求的，请将正确答案填涂在答题卡相应位置。）

1. 【答案】C

【解析】

【详解】奥斯特实验是科学历史上的经典实验，它的价值在于直接证实了电流会激发磁场。

故选 C。

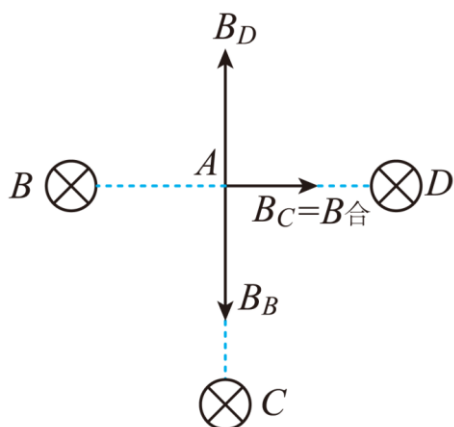
2. 【答案】B

【解析】

【分析】

【详解】由安培定则判断可知三根通电直导线在 A 点上所产生的磁场方向，如图所示。直导线 B 与直导线 D 在 A 点产生的磁感应强度大小相等，方向相反，两者合磁感应强度为零。直导线 C 在 A 点产生的磁感应强度的方向从 A 指向 D，所以 A 点的磁感应强度的方向由 A 指向 D，故 ACD 错误，B 正确。

故选 B。



3. 【答案】D

【解析】

【详解】A. 根据电磁驱动原理，图甲中，当手摇动柄使得蹄形磁铁转动，则铝框会同向转动，但线圈比磁铁转得慢，故 A 错误；

B. 图乙是真空冶炼炉，当炉外线圈通入高频交流电时，铁块中产生涡流，铁块中产生大量热量，从而冶炼金属，故 B 错误；

C. 当转动铜盘时，导致铜盘切割磁感线，从而产生感应电流，出现安培力，由楞次定律可知，产生的安培力将阻碍铜盘切割磁感线运动，则铜盘转动将变慢，故 C 错误；

D. 图丁是微安表的表头，在运输时要将两个正、负接线柱用导线连在一起，可以减小电表指针摆动角度，这是为了保护电表指针，利用了电磁阻尼的原理，故 D 正确。

故选 D。

4. 【答案】BD



【解析】

【分析】

【详解】A. 三个质量和电荷量都相同的带电粒子，以不同的速率垂直进入匀强磁场中，则运动半径的不同，导致运动轨迹也不同。运动轨迹对应的半径越大，粒子的速率也越大。根据左手定则知粒子 a 带正电，粒子 b 、 c 带负电，A 错误；

B. 粒子在磁场中做匀速圆周运动时，由洛伦兹力提供向心力，根据

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

可得

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

粒子的动能

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

则可知三个带电粒子的质量、电荷量相同，在同一个磁场中，当速度越大时、轨道半径越大，则由图知， c 粒子速率最小， b 粒子速率最大， b 粒子动能最大，故 B 正确；

C. 不计重力的粒子只受洛伦兹力作用，做匀速圆周运动，C 错误；

D. 根据带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi m}{qB}$ ，三粒子周期相等， c 粒子运动轨迹对应的

圆心角最大，运动时间最长，D 正确。

故选 BD。

5. 【答案】C

【解析】

【详解】A. 要产生垂直直面向外的磁场，根据安培定则可知，励磁线圈中的电流沿逆时针方向，故 A 错误；

BCD. 电子在加速电场中加速，由动能定理有

$$eU = \frac{1}{2}mv_0^2$$

电子在匀强磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力充当向心力，有

$$eBv_0 = m \frac{v_0^2}{r} = mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

解得电子做圆周运动的半径及周期为

$$r = \frac{mv_0}{eB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

$$T = \frac{2\pi m}{eB}$$



可见仅增大励磁线圈中的电流，电流产生的磁场增强，则电子束的轨道半径变小；仅提高电子枪加速电压，电子束的轨道半径变大、周期不变，故 BD 错误，C 正确。

故选 C。

6. 【答案】B

【解析】

【详解】由题意可得，线框向右匀速穿越磁场区域的过程可以大致分为三个阶段，在进入过程时， ab 是电源，假设电动势为 E ，每一边的电阻为 r ，则外电阻 $R_1=3r$ ，根据欧姆定律可知， c 、 d 两点间的电势差为

$$U_{cd} = \frac{1}{3}U_{ab} = \frac{1}{3} \times \frac{3}{4}E = \frac{1}{4}E$$

第二阶段是线框整体在磁场中运动，此时， ab 与 cd 都是电源，并且是完全相同的电源，此时

$$U_{cd} = E$$

第三阶段是线框离开过程，此时 cd 是电源，此时有

$$U_{cd} = \frac{3}{4}E$$

故选 B。

7. 【答案】D

【解析】

【详解】开关闭合时，线圈由于自感对电流的阻碍作用，可看做电阻，线圈电阻逐渐减小，并联电路电阻逐渐减小，电压 U_{AB} 逐渐减小，故 i 逐渐减小；开关闭合后再断开时，线圈的感应电流与原电流方向相同，形成回路，灯泡的电流与原电流方向相反，并逐渐减小到 0，又由于电阻 R 的阻值大于灯泡 D 的阻值，当开关闭合时，线圈所在支路的电流小于流过灯泡 D 的电流，故当开关断开瞬间，线圈产生的感应电流也小于原来流过灯泡 D 的电流。

故选 D。

8. 【答案】B

【解析】

【详解】A. 在 ab 加速运动的某时刻，根据牛顿第二定律可得

$$mg \sin \theta - BIL = ma$$

又

$$I = \frac{BLv}{R}$$

联立解得

$$mg \sin \theta - \frac{B^2 L^2 v}{R} = ma$$



可知金属棒 ab 运动的加速度大小随着速度的增大而减小，所以加速度为一个变量，选项 A 错误；

B. 通过金属棒 ab 横截面的电荷量为

$$q = It = \frac{\Delta\Phi}{R} = \frac{BLx}{R}$$

选项 B 正确；

C. 金属棒 ab 产生的焦耳热为 Q ，根据动能定理可得

$$mgsin\theta \cdot x - Q = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$Q = mgx \sin\theta - \frac{1}{2}mv^2$$

因安培力随速度不断变化，则不能用 $W=Fx$ 求解安培力的功，选项 C 错误；

D. 金属棒 ab 达到最大速度，有

$$mg \sin\theta = F = BIL = \frac{B^2 L^2 v_{\max}}{R}$$

解得

$$v_{\max} = \frac{mgR \sin\theta}{B^2 L^2}$$

选项 D 错误。

故选 B。

9. 【答案】B

【解析】

【详解】A. 回旋加速器可将原来静止的质子 (${}^1_1\text{H}$) 加速到最大速率 v ，由洛伦兹力提供向心力

$qvB = m\frac{v^2}{R}$ 得，粒子获得的最大速度为

$$v = \frac{qBR}{m}$$

若只改变交流电的频率，半径 R 不变，因为氦核的比荷 (${}^2_1\text{H}$) 是质子 (${}^1_1\text{H}$) 的 $\frac{1}{2}$ 倍，则能使原来静止的氦

核 (${}^2_1\text{H}$) 获得的最大速率为 $\frac{1}{2}v$ ，A 错误；

B. 该回旋加速器可将原来静止的质子 (${}^1_1\text{H}$) 获得最大动能为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$$

若只改变交流电的频率，半径 R 不变，则能使原来静止的 α 粒子 (${}^4_2\text{He}$) 获得的动能为 E_k ，B 正确；

C. 若只改变磁感应强度大小，频率不变，因为质子 (${}^1_1\text{H}$) 的比荷是氦核 (${}^2_1\text{H}$) 的 2 倍，则由



$$f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$

可得

$$B = \frac{2\pi mf}{q}$$

则，加速质子的磁感应强度是加速氦核的磁感应强度的 $\frac{1}{2}$ 倍，C 错误；

D. 因为质子 (${}^1_1\text{H}$) 的比荷是 α 粒子 (${}^4_2\text{He}$) 的 2 倍，根据

$$B = \frac{2\pi mf}{q}$$

可知，加速 α 粒子的磁感应强度是加速质子的磁感应强度的 $\frac{1}{2}$ 倍，由

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$$

可得，若只改变磁感应强度大小，能使原来静止的 α 粒子 (${}^4_2\text{He}$) 获得的动能为 $\frac{1}{4}E_k$ ，D 错误。

故选 B。

10. 【答案】D

【解析】

【详解】A. 根据左手定则，电子向上表面偏转，所以上表面的电势低，故 A 错误；

B. 设电子移动速度为 v ，则电流

$$I = neSv$$

由图，面积为

$$S = bc$$

当电场力与洛伦兹力相等时

$$qvB = \frac{U_H}{b}e$$

联立求解

$$B = \frac{necU_H}{I}$$

故 B 错误；

CD. 由上述分析可知

$$K_H = \frac{1}{nec}$$

半导体薄片厚度 c 越大，灵敏度越低，单位体积内电子数 n 越大，灵敏度越低，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

二、多项选择题（本题共 4 小题，每小题 3 分，共 12 分. 在每小题给出的四个选项中，有几



项是符合题目要求的，全部选对者得 3 分，选对但不全者得 2 分，选错、多选或不选者不得分。请将正确答案标号填涂在答题卡上相应位置。)

11. 【答案】AD

【解析】

【详解】 PQ 在磁场力作用下向右运动，则 PQ 所受的安培力方向向右，由左手定则可以判断电流由 P 流向 Q ，线圈 L_2 相当于电源，由右手螺旋定则可判断线圈 L_2 中的感应磁场方向沿轴线向下，若 L_1 中电流产生的磁场方向与 L_2 中的感应磁场方向相同，则 L_1 中电流减小， MN 棒做减速运动，电动势由 N 指向 M ，根据右手定则可判断 MN 棒向右运动，若 L_1 中电流产生的磁场方向与 L_2 中的感应磁场方向相反，则 L_1 中电流增加， MN 棒做加速运动，电动势由 M 指向 N ，根据右手定则可判断 MN 棒向左运动。

故选 AD。

12. 【答案】BC

【解析】

【详解】A. 带电小球从 P 点进入平行板间后做匀速直线运动，对小球受力分析可得小球共受到三个力作用：恒定的重力 G 、恒定的电场力 F 和洛伦兹力 $F_{洛}$ 。若小球带负电，则这三个力都竖直向下，小球不可能做匀速直线运动；若小球带正电，电场力和洛伦兹力竖直向上，二者的合力与小球的重力平衡，小球可以做匀速直线运动，所以小球只能带正电，A 错误；

B. 当小球从稍低的 b 点由静止释放时，小球进入金属板间的初速度将减小，根据

$$F_{洛} = qvB$$

可知，洛伦兹力将减小，则

$$F_{洛} + F < G$$

小球将向下偏转，是向下做加速曲线运动，B 正确；

CD. 由于

$$F_{洛} + F < G$$

小球将向下偏转，由于洛伦兹力不做功，所受电场力向上，则电场力做负功，所以小球在电、磁场中运动的过程电势能增大。由

$$\Delta E = W_{其他}$$

可知，小球在电、磁场中运动的过程机械能减少，C 正确；D 错误。

故选 BC。

13. 【答案】AD

【解析】

【详解】A. 由图乙可知，在第 3s 内，磁场垂直纸面外均匀增大，根据楞次定律判断知线圈中产生感应电流的方向为顺时针方向，则平行金属板上极板带正电，下极板带负电，所以场强方向向下，故 A 正确；

B. 根据图乙，结合法拉第电磁感应定律可得，第 2s 内两极板之间的电场强度大小为



$$E = \frac{U}{d} = \frac{\Delta B \cdot \pi r^2}{\Delta t} \cdot \frac{1}{d} = \frac{0.1}{1} \cdot \pi r^2 \cdot \frac{1}{d} = \frac{0.1\pi r^2}{d}$$

故 B 错误；

CD. 由选项 B 可知，极板间的电场强度为

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{\pi r^2}{d} \propto \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

即极板间的电场强度与 $B-t$ 图像的斜率成正比，由图乙可知 $0 \sim 1\text{s}$ 内与 $3 \sim 4\text{s}$ 内极板间的电场强度相同，与 $1 \sim 3\text{s}$ 内极板间的电场强度大小相等，但方向相反，所以可知微粒在 $0 \sim 1\text{s}$ 内匀加速， $1 \sim 2\text{s}$ 内匀减速，根据对称性可知，微粒在第 2s 末速度减为零，但微粒并未回到了原来位置；接着 $2\text{s} \sim 3\text{s}$ 微粒反向匀加速， $3\text{s} \sim 4\text{s}$ 匀减速，根据对称性可知，在第 4s 末微粒回到了原来位置，故 C 错误，D 正确。

故选 AD。

14. 【答案】BC

【解析】

【详解】AD. 根据右手定则可知，电流从 D 点流出，流向 C 点，盘匀速转动过程中 D 点电势高于 C 点电势因此电流方向为故电流由 b 流向 a ；故 AD 错误；

B. 圆盘以角速度 ω 匀速转动时，产生的感应电动势

$$E = \frac{1}{2} B \omega a^2$$

回路中感应电流大小为

$$I = \frac{B a^2 \omega}{2(R+r)}$$

故 B 正确；

C. 圆盘匀速转动一圈经过的时间

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

圆盘匀速转动一圈产生的总电能

$$E_{\text{电}} = EIT = \frac{B^2 a^4 \omega \pi}{2(R+r)}$$

根据功能关系可知，圆盘匀速转动一圈外力需要做功

$$W = E_{\text{电}} = \frac{B^2 a^4 \omega \pi}{2(R+r)}$$

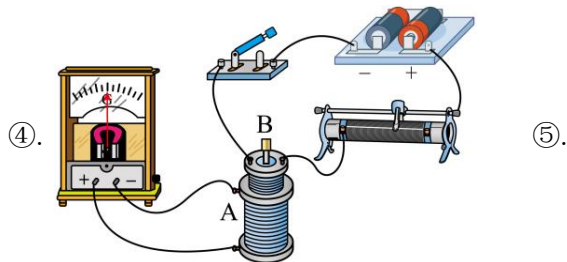
故 C 正确。

故选 BC。

三、实验题（14分）



15. 【答案】 ①. D ②. AB##BA ③. 顺时针



AC##CA ⑥. B ⑦. 在拆除 B 螺线管所在电路时，电路断开，导致 B 螺线管中的磁通量迅速减小，B 螺线管中产生感应电流。

【解析】

【详解】(1) [1]首先按图甲所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向左偏转；再按图乙所示方式连接电路，闭合开关后，发现电流计指针向右偏转。进行上述实验的目的是推断电流从不同接线柱流入时电流计指针偏转方向。

故选 D。

(2) [2]A. 螺线管不动，磁铁快速插入或拔出螺线管，穿过螺线管的磁通量会发生变化，会有感应电流产生，A 正确；

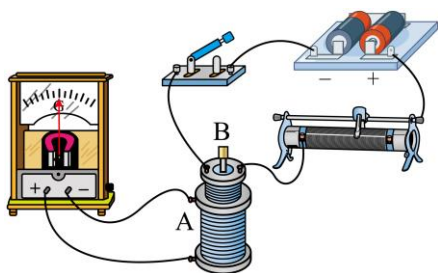
B. 螺线管不动，磁铁匀速插入或拔出螺线管，穿过螺线管的磁通量会发生变化，会有感应电流产生，B 正确；

CD. 磁铁与螺线管保持相对静止，一起加速向上运动或匀速向上运动，穿过螺线管的磁通量不会发生变化，不会有感应电流产生，CD 错误。

故选 AB。

(3) [3]某次实验中在条形磁铁插入螺线管的过程中，观察到电流计指针向右偏转，说明电流从“+”接线柱流入，即螺线管中的电流方向（从上往下看）是沿顺时针方向。

(4) [4]实物间的连线如图所示



(5) [5]观察在开关闭合瞬间和断开瞬间指针偏转方向不同，说明螺线管 B 的磁场变强或变弱影响感应电流方向；闭合开关后以不同速度移动滑动变阻器的划片过程中，指针摆动幅度不同，说明螺线管 B 的磁场强弱变化快慢影响感应电流大小。

故选 AC。

(6) [6]在 (5) 的研究中，完成实验后未断开开关，也未把 A、B 两螺线管和铁芯分开设置，在拆除电路时突然被电击了一下，则被电击是在拆除 B 螺线管所在电路时发生的。

[7]被电击的原因主要是在拆除 B 螺线管所在电路时，电路断开，导致 B 螺线管中的磁通量迅速减小，B 螺线管中产生感应电流。



四、计算题：(本题共 5 小题，共 44 分。解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位)。

16. 【答案】(1) $R = \sqrt{3}r$; (2) $t = \frac{\pi m}{3eB}$; (3) $U = \frac{3eB^2 r^2}{2m}$

【解析】

【详解】(1) 依题意，根据几何知识可得电子在磁场中运动的半径满足

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{r}{R}$$

得

$$R = \sqrt{3}r$$

(2) 由几何关系可知电子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹所对应的圆心角为 θ ，则运动的时间

$$t = \frac{\theta}{360^\circ} T = \frac{1}{6} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{3eB}$$

(3) 电子在阴极 K 与极板 S 间加速，有

$$eU = \frac{1}{2}mv^2$$

电子在磁场中做匀速圆周运动，有

$$evB = m \frac{v^2}{R}$$

联立可求得

$$U = \frac{3eB^2 r^2}{2m}$$

17. 【答案】(1) 1A; (2) 8C; (3) 180J

【解析】

【详解】(1) 根据法拉第电磁感应定律，0~4.0s 时间内线圈中磁通量均匀变化，产生恒定的感应电动势

$$E_1 = n \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t_1} = n \frac{\Delta B_1 S}{\Delta t_1} = 1000 \times \frac{(0.4 - 0.2) \times 0.1}{4} \text{ V} = 5 \text{ V}$$

即 $t_1=2.0\text{s}$ 时的感应电动势为 5V，根据闭合电路欧姆定律，闭合回路中的感应电流

$$I_1 = \frac{E_1}{R+r} = \frac{5}{5} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

(2) 在 4.0~6.0s 内，通过电阻 R 的电量

$$q = \bar{I}t = \frac{n \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t_2}}{R+r} \Delta t_2 = n \frac{\Delta B_2 S}{R+r} = 1000 \times \frac{(0.4 - 0) \times 0.1}{1+4} \text{ C} = 8 \text{ C}$$

(3) 根据焦耳定律，0~4.0s 内闭合电路中产生的热量

$$Q_1 = I_1^2 (r+R) \Delta t_1 = 20 \text{ J}$$



由图像可知，在 4.0s~6.0s 时间内，线圈中产生的感应电动势

$$E_2 = n \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t_2} = n \frac{\Delta B_2 S}{\Delta t_2} = 20\text{V}$$

根据闭合电路欧姆定律可知闭合回路中的感应电流

$$I_2 = \frac{E_2}{R+r} = 4\text{A}$$

闭合电路中产生的热量

$$Q_2 = I_2^2 (r+R) \Delta t_2 = 160\text{J}$$

故 0~6.0s 内整个闭合电路中产生的热量

$$Q = Q_1 + Q_2 = 180\text{J}$$

18. 【答案】(1) b 极板电势高， a 板电势低， Bvd ；(2) $-\frac{BRLdvh}{RLh + \rho d}$ ；(3) $CBvd$

【解析】

【详解】(1) 据左手定则可知，电离气体中的正离子向 b 极板偏转，负离子向 a 极板偏转，故 b 极板电势高， a 板电势低，稳定后满足

$$qvB = q \frac{E}{d}$$

解得发电机的电动势为

$$E = Bvd$$

(2) 稳定后，据闭合电路欧姆定律可得

$$E = I(R+r)$$

$$U_{ab} = -IR$$

据电阻定律可得

$$r = \rho \frac{d}{Lh}$$

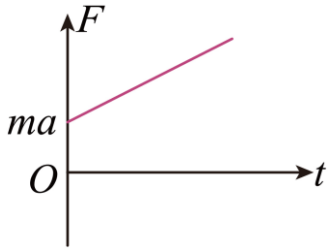
联立解得

$$U_{ab} = -\frac{BRLdvh}{RLh + \rho d}$$

(3) 开关断开，电容器两端的电压等于电动势，故电容器所带的电荷量为

$$q = CE = CBvd$$

19. 【答案】(1) ①见解析，② $\frac{B^2 L^2 v^2}{R+r}$ ；(2) ① $U_{ab} = \frac{BLRa}{R+r} \cdot t$ ，② $F = \frac{B^2 L^2 a}{R+r} \cdot t + ma$ ，



【解析】

【详解】(1) ①闭合电路内磁通量的变化量为

$$\Delta\Phi = B\Delta S = BL\Delta x = BL \cdot v\Delta t$$

根据法拉第电磁感应定律

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BLv$$

②由于金属棒 ab 以水平速度 v 向右匀速运动，则

$$F = F_A$$

其中

$$F_A = BIL$$

$$E = BLv$$

$$I = \frac{E}{R+r}$$

联立有

$$F = F_A = \frac{B^2 L^2 v}{R+r}$$

则外力 F 的功率为

$$P = Fv = \frac{B^2 L^2 v^2}{R+r}$$

(2) ①根据题意有

$$E = BLv$$

$$I = \frac{E}{R+r}$$

其中

$$v = at$$

且 a 点的电势高于 b 点的电势则

$$U_{ab} = IR$$

联立有

$$U_{ab} = \frac{BLRa}{R+r} \cdot t$$

②根据题意可得



$$F - F_{安} = ma$$

$$F_{安} = BIL$$

$$I = \frac{E}{R+r} = \frac{BLv}{R+r}$$

$$v = at$$

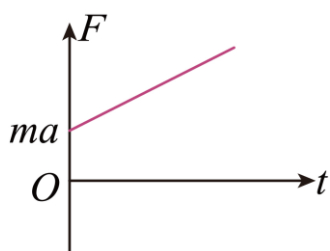
联立解得

$$F - \frac{B^2 L^2 a}{R+r} \cdot t = ma$$

整理得

$$F = \frac{B^2 L^2 a}{R+r} \cdot t + ma$$

可得 $F-t$ 的示意图如下



20. 【答案】(1) $B_1 = \frac{Kev}{2\pi r^2}$; (2) $\frac{B_e r R \tan \theta}{nK}$; (3) $Kq\omega$

【解析】

【详解】(1) 设电子绕核做圆周运动的周期为 T ，氢原子核外电子以速率 v 绕核做圆周运动，则

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

等效的“分子电流”大小为

$$I = \frac{e}{T}$$

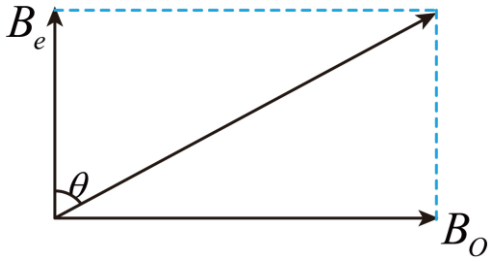
分子电流 I 在圆心处的磁感应强度大小为

$$B_1 = \frac{KI}{R}$$

联立可得

$$B_1 = \frac{Kev}{2\pi r^2}$$

(2) 由题意知，线圈平面与地磁场水平分量方向一致，又待测电流在圆心 O 处产生的磁感应强度方向垂直于线圈平面，则 B_O 与 B_e 方向垂直，即地磁场磁感应强度的水平分量 B_e 与 B_O 的关系如图所示



则

$$B_0 = B_e \tan \theta$$

且

$$B_0 = K \frac{nI_0}{r}$$

联立有

$$I_0 = \frac{B_e r \tan \theta}{nK}$$

则线圈两端的电压

$$U = I_0 R$$

解得

$$U = \frac{B_e r R \tan \theta}{nK}$$

(3) 设管状电子群的总电荷量为 Q ，则其转动的周期为

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega}$$

定向转动所形成的等效电流为

$$I_1 = \frac{Q}{T_1}$$

由于管道内单位长度电荷量 q ，则

$$Q = 2\pi R q$$

管状电流 I_1 在圆心处的磁感应强度大小为

$$B_2 = \frac{KI_1}{r}$$

联立可得

$$B_2 = Kq\omega$$