

限时小测试参考答案

小测试(一) 安培力

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)× (5)×

针对训练

1. AD 解析:根据左手定则可知,通电直导线在匀强磁场中所受的安培力的方向垂直于电流与磁场确定的平面,则安培力方向与磁场方向一定垂直,A正确;放在匀强磁场中的通电直导线,如果电流与磁场方向平行,则不受磁场的作用力,B错误;当通电直导线跟磁场方向垂直时安培力最大,C错误;假设初始时导线与磁场垂直,将导线从中点折成直角后,若弯折部分与磁场平行,则导线的有效长度为原来的一半,安培力变为原来的一半.若弯折部分与磁场仍垂直,则导线的有效长度为原来的 $\frac{\sqrt{2}}{2}$,

安培力变为原来的 $\frac{\sqrt{2}}{2}$,D正确.

2. A 解析:首先根据安培定则判断出通电螺线管右端为N极,左端为S极,所以在A处产生的磁场方向水平向左.根据左手定则判断可知A受到的通电螺线管产生的磁场的作用力的方向竖直向上,故A正确,B、C、D错误.
3. A 解析:根据安培定则,图中直导线MN在右侧产生的磁场方向垂直纸面向里,在左侧产生的磁场方向垂直纸面向外,矩形线圈的bc边、ad边电流方向相反,故安培力等大反向;根据左手定则,ab、cd所受安培力方向都向左,所以abcd受到的合力方向向左,故A正确,B、C、D错误.
4. C 解析:带正电圆盘按题图所示方向转动时,从上向下看,形成顺时针方向的电流,根据右手螺旋定则可知,在圆盘上方形成的合磁场方向竖直向下,根据左手定则,通电直导线所受安培力的方向水平向外,故C正确,A、B、D错误.
5. B 解析:根据题意,导体棒abc与ac为并联关系,电流方向相同,根据左手定则判断安培力不为0,A错误;根据并联电路电流之比等于电阻的反比可知,abc与ac中流过的电流之比为1:2,可将abc等效成长为ac的直导线,故线框受到的安培力为 $F = \frac{2}{3}ILB + \frac{1}{3}ILB = ILB$,B正确;ab与bc边长度相等,电流大小相等,但根据左手定则可知,安培力

的方向不同,大小相同,C错误;根据安培力公式可知 $F_{ac} = \frac{2}{3}ILB$,D错误.

6. D 解析:根据几何关系可知,通电圆环在磁场中的有效长度为 $L = \sqrt{2}r$.根据安培力公式可得,圆环ab受到的安培力大小为 $F = \sqrt{2}BIr$,又圆环ac和圆环cb所受安培力大小相等,方向相同,所以圆环ac受到的安培力大小为 $F' = \frac{F}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}BIr$,故D正确,A、B、C错误.

7. C 解析:在导线转动过程中,设电流方向与磁场方向的夹角为 θ ,则导线所受的安培力 $F = BIL\sin\theta$,因为 θ 越来越大,所以F越来越大,当 $\theta = 90^\circ$ 时,安培力达到最大,根据左手定则可知,在转动过程中导线所受安培力方向不变,故C正确,A、B、D错误.

8. A 解析:题图中导线的有效长度为a到d的直线距离,由几何关系可知,有效长度 $L = \sqrt{2}(R - \frac{1}{2}R) = \frac{\sqrt{2}}{2}R$,由安培力计算公式可得导线abcd受到的安培力大小 $F = BIL = \frac{\sqrt{2}}{2}BIR$,由左手定则可知安培力方向沿纸面向上,故A正确,B、C、D错误.

9. BC 解析:根据几何关系可知,导线NP在磁场中的有效长度与导线MN的长度相等,则导线NP受到的安培力大小为F,根据左手定则可知,安培力方向竖直向下,故A错误,B正确;根据左手定则可知,导线MN受到的安培力方向指向左上方,与竖直方向的夹角为 60° ,同理可知,导线PQ受到的安培力大小为F,方向指向右上方,与竖直方向的夹角为 60° ,则此二力的合力与导线NP受到的安培力大小相等、方向相反,则导线MNPQ受到的安培力大小为零,故C正确,D错误.

10. (1)水平向左 (2)1 T (3)0.4 N

解析:(1)根据左手定则,可以判断出导线ab所受的安培力的方向水平向左.

(2)根据磁感应强度的定义式 $B = \frac{F}{IL}$,代入数据解得 $B = 1$ T.

(3)由安培力公式得 $F' = I'lB$,代入数据解得 $F' = 0.4$ N.

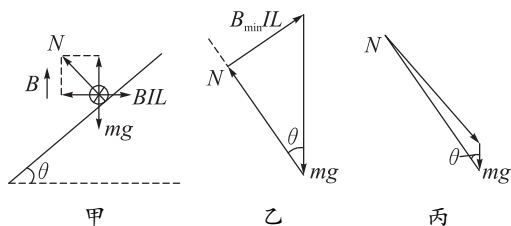
专题卷(一) 安培力作用下导体运动的综合问题

针对训练

- BD 解析:**由安培定则可知,线圈向外的一面为S极,因为异名磁极相互吸引,因此从上往下看,线圈沿顺时针方向转动,同时靠近磁铁,故B、D正确,A、C错误.
- B 解析:**未通电时,导体棒的重力与两弹簧的弹力相等,根据平衡条件可知 $mg = 2kx$,通电后,通过导体棒的电流方向为从右向左,根据左手定则可知安培力方向竖直向下,根据平衡条件可知 $mg + BId = 2k \times 1.5x$,两式相比得 $\frac{mg}{mg + BId} = \frac{2kx}{2k \times 1.5x} = \frac{1}{1.5}$,解得 $B = 0.5 \text{ T}$,故B正确,A、C、D错误.
- BC 解析:**通电导线所在处的磁场是由磁铁产生的,方向指向右上方,根据左手定则知,通电导线受到的安培力方向指向右下方,根据牛顿第三定律知,磁铁受到导线的作用力指向左上方,因此弹簧长度将变短,对台秤的压力将变小,即 $F_1 > F_2$,故B、C正确,A、D错误.
- D 解析:**由牛顿第二定律得 $mg - \mu kLI t = ma$,解得导体棒的加速度 $a = g - \frac{\mu kLI}{m}t$,当加速度为零时导体棒的速度最大,则 $mg = \mu kLI t_1$,解得导体棒速度达到最大值的时间为 $t_1 = \frac{mg}{\mu kLI}$,最大速度 $v_m = \frac{g}{2}t_1 = \frac{mg^2}{2\mu kLI}$,D正确,A、B、C错误.
- B 解析:**线框在磁场中受重力、安培力、弹簧弹力处于平衡状态,安培力为 $F_A = nBIL$,且开始时方向向上,改变磁场方向后方向向下,大小不变,设在磁场反向之前弹簧的伸长量为 x ,线框的质量为 m ,则反向之后弹簧的伸长量为 $(x + \Delta x)$,由平衡条件知 $kx + nBIL = mg$ 及 $k(x + \Delta x) = nBIL + mg$,联立解得 $\Delta x = \frac{2nBIL}{k}$,且线框向下移动,故B正确,A、C、D错误.
- C 解析:**由题意知,导线框AC边与CB边串联后再与AB边并联,则在A、B间导线未断开时,设ACB中的电流为 I ,则AB边中的电流为 $2I$,由平衡条件可得 $BIL + 2BIL = G$.当A、B间导线的某处断开时,由平衡条件可得 $BIL + N = G$,联立解得 $N = \frac{2G}{3}$,由牛顿第三定律可知稳定后物体对地面的压力大小为 $\frac{2G}{3}$,故C正确,A、B、D错误.

- D 解析:**从 $t = 0$ 时刻起,金属棒通以电流 $I = kt$,由左手定则可知,安培力方向垂直纸面向里,使其紧压导轨,导致金属棒在运动过程中,所受到的摩擦力增大,所以加速度在减小.当滑动摩擦力小于重力时,速度与加速度方向相同,所以金属棒做加速度减小的加速运动;当滑动摩擦力大小等于重力时,加速度为零,此时速度达到最大;当安培力继续增大导致加速度方向竖直向上时,则加速度与速度方向相反,因此做加速度增大的减速运动. $v-t$ 图像的斜率绝对值表示加速度的大小,故A、B错误;对金属棒MN,由牛顿第二定律得 $mg - \mu N = ma$,而 $N = BIL = BktL$,即 $mg - \mu BktL = ma$,因此 $a = g - \frac{\mu kBL}{m}t$,显然加速度 a 与时间 t 成线性关系,故C错误,D正确.
- C 解析:**根据安培定则知,直线电流在A点的磁场方向竖直向上,与A点电流方向平行,所以A点不受安培力,取线圈上、下位置一微元研究,上边微元电流方向水平向右,下边微元电流方向水平向左,直线电流在两处位置产生的磁场方向为斜向上,根据左手定则知,上边微元受到的安培力方向垂直纸面向外,下边微元受到的安培力方向垂直纸面向里,所以从A向B观察,圆环形线圈将以AB为轴顺时针旋转,线圈以AB为轴顺时针旋转后,B点将受到向左的安培力,因此B点靠近直线电流,故C正确,A、B、D错误.
- BC 解析:**由题意知,通入方向相同的电流 I_1 、 I_2 时,导体棒均能沿斜面匀速运动,且 $I_1 < I_2$,电流小时导体棒受到的安培力小,对导体棒受力分析可知,通入电流 I_1 时导体棒沿斜面向下运动,通入电流 I_2 时导体棒沿斜面向上运动,A错误;两种情况下,导体棒均匀速运动,均处于平衡状态,由平衡条件知,导体棒沿斜面向下运动时,有 $mg \sin \alpha = BI_1 L + \mu mg \cos \alpha$,导体棒沿斜面向上运动时,有 $BI_2 L = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$,联立解得 $\mu = \frac{(I_2 - I_1) \tan \alpha}{I_1 + I_2}$, $B = \frac{2mg \sin \alpha}{(I_1 + I_2)L}$,B、C正确;因为通入电流 I_1 、 I_2 可分别使导体棒沿斜面向下、向上做匀速直线运动,根据磁场方向可知,安培力一定沿斜面方向,摩擦力大小不变,重力沿斜面分力不变,故不存在其他电流也能使导体棒沿斜面做匀速直线运动,D错误.
- (1) $\frac{mg \tan \theta}{IL}$ (2) $\frac{mg \sin \theta}{IL}$** ,方向垂直于导轨平面向上 (3) $\theta < \alpha \leq \pi$
解析:(1)若磁场的方向竖直向上,从a向b观察,

导线 ab 受力情况如图甲所示,由平衡条件得 $\tan \theta = \frac{BIL}{mg}$,解得 $B = \frac{mg \tan \theta}{IL}$.



(2)导线受到重力、导轨对它的支持力和安培力的作用而处于平衡状态,如图乙所示

由三角形定则可知,当安培力垂直于支持力时,有最小值,此时磁感应强度有最小值

根据左手定则可知,磁场方向垂直于导轨平面向上,根据平衡条件得 $B_{\min} IL = mg \sin \theta$,解得 $B_{\min} = \frac{mg \sin \theta}{IL}$.

(3)分析两种临界状态,其一:当导线受到的安培力方向竖直向上且等于 mg 时,磁感应强度方向水平向左,与 x 轴正方向的夹角为 π

其二:结合三角形定则知,当安培力增大到无限接近支持力方向与支持力相反时,磁感应强度方向沿斜面向上,与 x 轴正方向的夹角为 θ ,如图丙所示

综上所述,可知磁场的方向范围满足 $\theta < \alpha \leq \pi$.

小测试(二) 安培力的应用

预习自评

- ABD 解析:螺旋弹簧形变产生的阻力与安培力的动力从转动角度来看二力方向相反;电流表内磁场是均匀辐射磁场,在线圈转动的范围内,不管线圈转到什么角度,它的平面都跟磁感线平行,线圈所在各处的磁感应强度大小相等,但方向不同,所以安培力与电流大小有关而与所处位置无关,电流越大,安培力越大,指针转过的角度越大,故 A、B、D 正确,C 错误.

针对训练

- B 解析:当转子线圈在题图甲位置时,由左手定则可知,从前往后看,转子线圈会顺时针转动,待转过 180° 后,由左手定则可知,转子线圈会逆时针转动,故转子线圈不能持续转动,需要换向器才能持续转动,A、C 错误,B 正确;当转子线圈在题图乙位置时,由左手定则可知,线圈受到的安培力合力为零,故转子线圈不能转动,D 错误.
- A 解析:由题图乙所示磁感线方向可知,根据左手定则,线框的左、右两条边受到的安培力分别是向

里和向外的,可以判断从上往下看,线框将做顺时针转动,A 正确;电池的输出功率一部分提供线框的发热功率,一部分提供线框转动的机械功率,所以电池的输出功率大于线框转动的机械功率,B 错误;线框①、②两部分导线电阻在电路中是并联关系,C 错误;磁铁失去磁性后,线框不再受到安培力,不能持续转动,D 错误.

- D 解析:回路中电流方向如题图所示,则根据安培定则可知,磁场方向应竖直向上,故 A、B 错误;由题意可知,最大速度 $v = 2 \text{ km/s}$,加速距离 $x = 10 \text{ m}$,由速度和位移关系可知 $v^2 = 2ax$,解得加速度大小 $a = 2 \times 10^5 \text{ m/s}^2$,由牛顿第二定律可得 $F = ma$,又 $F = IIL$,联立解得 $B = 100 \text{ T}$,故 C 错误,D 正确.
- D 解析:根据磁感线疏密表示磁场强弱可知,该磁场的磁感应强度并非处处大小相等,A 错误;线圈与磁感线平行,故穿过该线圈的磁通量为零,B 错误;a 导线电流方向垂直纸面向外,所在处磁场方向向右,根据左手定则,所受安培力方向向上,C 错误;线圈转动时,螺旋弹簧被扭动,阻碍线圈转动,D 正确.
- A 解析:磁场是均匀地辐向分布,线圈转动过程中各个位置的磁感应强度的大小不变,螺旋弹簧的弹力与转动角度成正比,故该电流表的刻度是均匀的,转动过程中各个位置受到的安培力的大小不变,A 正确,B 错误;根据左手定则,左侧受安培力向上,右侧受安培力向下,故线圈将沿顺时针方向转动,C 错误;更换 k 值更大的螺旋弹簧,同样的电流变化导致同样的安培力变化,但转动角度变化减小了,故灵敏度减小了,D 错误.
- D 解析:线圈匝数为 n ,线圈在磁场中受到的安培力大小为 $nBIL$,A 错误;根据左手定则可知线圈受到的安培力方向竖直向上,B 错误;当发现右盘向上翘起,再增大线圈中的电流,则线圈受到向上的安培力增大,不能使天平恢复平衡,C 错误;若电流大小不变而方向反向,线圈受到的安培力方向向下,左盘将向上翘起,D 正确.

- (1) 10 m/s^2 (2) 3.25 s

解析:(1)分析飞机在 30 m 处水平方向的受力,有发动机的推力 $F_1 = \frac{P}{v_1}$,滑杆受到的安培力 $F_2 = BIL$,阻力 $f = 0.1mg$
由牛顿第二定律有
 $F_1 + F_2 - f = ma$
联立解得 $a = 10 \text{ m/s}^2$.

(2)飞机在导轨末端刚好达到起飞条件,此时 $F =$

$kv_m = mg$, 由功能关系得

$$Pt + F_2 x - f x = \frac{1}{2} m v_m^2$$

联立解得 $t = 3.25 \text{ s}$.

小测试(三) 洛伦兹力

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)× (5)✓

2. D 解析: 根据左手定则可以判断, A 中的带电粒子所受的洛伦兹力方向向上; B 中的带电粒子所受的洛伦兹力方向向上; C 中的带电粒子所受的洛伦兹力方向垂直纸面向外; D 中的带电粒子所受的洛伦兹力方向垂直纸面向里, 故 D 正确, A、B、C 错误.

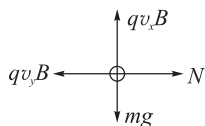
针对训练

1. B 解析: 由左手定则可知, A 图中, 带正电的粒子所受洛伦兹力方向竖直向下, A 错误; B 图中, 带正电的粒子所受洛伦兹力方向竖直向上, B 正确; C 图中, 带正电的粒子所受洛伦兹力方向垂直纸面向里, C 错误; D 图中, 带正电的粒子所受洛伦兹力方向垂直纸面向外, D 错误.

2. AC 解析: 根据安培定则可知, 导线下方的磁场方向垂直纸面向外, 由左手定则可知, 导线下方向右运动的电子所受的洛伦兹力方向向上, 则电子将向上偏转, 而洛伦兹力不做功, 电子运动的速率不变, 故 A、C 正确, B、D 错误.

3. C 解析: 带电粒子的速度方向与磁感线方向垂直时, 洛伦兹力 $F = qvB$, 与电荷量成正比, 与质量无关, 故 C 正确, A、B、D 错误.

4. BC 解析: 洛伦兹力的方向总是与小球的速度方向垂直, 对小球不做功, 故 A 错误, B 正确; 由题图可知, 小球向上运动, 由左手定则可知小球带正电, 设小球的竖直分速度为 v_y , 水平分速度为 v_x , 以小球为研究对象, 受力分析如图所示, 由于小球随玻璃管在水平方向做匀速直线运动, 故竖直方向的洛伦兹力 $F_1 = qv_x B$ 是恒力, 由牛顿第二定律得 $qv_x B - mg = ma$, 解得 $a = \frac{qv_x B}{m} - g$, 小球的加速度不随时间变化, 故小球在竖直方向做匀加速直线运动, 在水平方向做匀速直线运动, 则小球的运动轨迹是抛物线, 故 C 正确, D 错误.



5. AD 解析: 若在刚开始运动时, 圆环所受的洛伦兹力恰好等于圆环所受的重力, 即 $Bv_0 q = mg$, 此时没

有摩擦力, 所以圆环做匀速直线运动, A 有可能; 若刚开始速度较大, 洛伦兹力较大, 则圆环所受支持力向下, 摩擦力阻碍圆环运动, 速度变小, 则洛伦兹力变小, 支持力变小, 加速度也变小, 当洛伦兹力等于重力时, 圆环做匀速直线运动, D 有可能; 若刚开始洛伦兹力小于重力, 则圆环所受支持力向上, 摩擦力使圆环速度越来越小, 直到停止, 此过程中支持力增大, 摩擦力增大, 加速度增大, B、C 不可能, 故选 A、D.

6. D 解析: 由题图乙可知, 物块先做加速度减小的加速运动再做匀速运动, 物块的最大速度是 1 m/s . 对物块进行受力分析可知, 开始时物块受到重力、支持力和摩擦力的作用, 设物块与传送带间的动摩擦因数为 μ , 沿传送带方向有 $\mu N - mg \sin \theta = ma$. 物块运动后, 又受到洛伦兹力的作用, 加速度逐渐减小, 可知一定是 N 逐渐减小, 即洛伦兹力的方向与 N 的方向相同, 物块沿传送带向上运动, 由左手定则可知, 物块带正电, A 错误; 由 $mg \sin \theta = \mu(mg \cos \theta - F_{\text{洛}})$, $F_{\text{洛}} = qvB$ 可知, 只要传送带的速度大于等于 1 m/s , 则物块达到最大速度 1 m/s 后就会受力平衡, 与传送带的速度无关, 所以传送带的速度可能等于 1 m/s , 也可能大于 1 m/s , 物块最终可能相对于传送带静止, 也可能相对于传送带运动, 故 B 错误, D 正确; 由以上分析可知, 传送带的速度不能确定, 所以不能求出该过程中物块与传送带发生的相对位移, C 错误.

7. D 解析: 带电粒子在磁场中做匀速圆周运动, 由洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 解得半径 $r = \frac{mv}{qB}$, 故带电粒子在同一磁场中做圆周运动时的半径由带电粒子的比荷和入射速度共同决定, A、B、C 错误; 根据左手定则可知, 带正电的粒子受到向上的洛伦兹力, 故带正电的粒子一定向上偏转, D 正确.

8. C 解析: 带电粒子在匀强磁场中运动并穿过金属板后速率变小, 根据带电粒子在磁场中运动时, 由洛伦兹力提供向心力, 即 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 解得半径 $r = \frac{mv}{qB}$, 故粒子的轨迹半径将减小, 故粒子是由下方穿过金属板, 粒子运动方向为 $edcba$, 根据左手定则可知, 粒子带负电, 故 A、B 错误, C 正确; 由 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ 可知, 粒子运动的周期不变, 而上、下轨迹均为半圆, 所对应的圆心角相同, 则粒子的运动时间均

为 $\frac{T}{2}$, D 错误.

9. B 解析: 根据左手定则可知, 粒子 a 带正电, 粒子 b 、 c 带负电, A 错误; 由洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 又 $T = \frac{2\pi r}{v}$, 可得 $T = \frac{2\pi m}{qB}$, 即各粒子的周期相同, 又因为粒子在磁场中的运动时间为 $t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{\theta m}{qB}$, 由题图可知, 粒子 b 的轨迹对应的圆心角 θ 最小, 所以粒子 b 在磁场中运动的时间最短, 故 B 正确, C 错误; 由洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 可得 $v = \frac{qBr}{m}$, 由题图可知, 粒子 c 的轨迹半径 r 最小, 所以射入磁场时粒子 c 的速率最小, D 错误.

10. (1) $g \sin \alpha$ $\frac{mg \cos \alpha}{qB}$ (2) $\frac{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{\mu qB}$

解析: (1) 由于 $\mu < \tan \alpha$, 所以环 A 将由静止开始沿棒下滑

环 A 沿棒运动的速度为 v_1 时, 受到重力 mg 、洛伦兹力 $qv_1 B$ 、棒的弹力 N_1 和摩擦力 f_1 , $f_1 = \mu N_1$ 根据牛顿第二定律, 沿棒的方向有

$$mg \sin \alpha - f_1 = ma$$

$$\text{垂直棒的方向有 } N_1 + qv_1 B = mg \cos \alpha$$

所以当 $N_1 = 0$, 即 $f_1 = 0$ 时, a 有最大值 a_m

$$\text{解得 } a_m = g \sin \alpha$$

$$\text{此时 } qv_1 B = mg \cos \alpha, \text{ 解得 } v_1 = \frac{mg \cos \alpha}{qB}.$$

(2) 设当环 A 的速度达到最大值 v_m 时, 环 A 受棒的弹力大小为 N_2 , 方向垂直于棒向下, 摩擦力大小为 $f_2 = \mu N_2$

$$\text{此时应有 } a = 0, \text{ 即 } mg \sin \alpha = f_2, N_2 + mg \cos \alpha =$$

$$qv_m B, \text{ 解得 } v_m = \frac{mg(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}{\mu qB}.$$

专题卷(二) 带电粒子在有界匀强磁场中的圆周运动

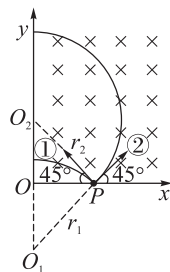
针对训练

1. B 解析: 根据题意, 作出两粒子的运动轨迹图如图所示. 由图可知, 粒子①的运动轨迹短, 粒子②的运动轨迹长, 由几何关系可得两粒子做匀速圆周运动的轨迹半径为 $r_1 = r_2 = \sqrt{2} OP$, 两粒子在磁场中运动的轨迹半径相等, 故 A、C 错误; 根据牛顿第二定律可得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $r = \frac{mv}{qB}$, 因为轨迹半径相等, 故两粒子的运动速度大小相等, 根据周期 $T =$

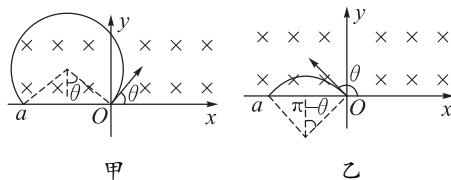
$\frac{2\pi r}{v}$ 可知, 粒子做匀速圆周运动的周期相等, 则 $\bar{v}_1 =$

$$\frac{2r_1 \sin \frac{45^\circ}{2}}{\frac{T}{8}} = \frac{16r_1 \sin \frac{45^\circ}{2}}{T}, \bar{v}_2 = \frac{2r_2 \sin \frac{135^\circ}{2}}{\frac{3T}{8}} =$$

$$\frac{16r_2 \sin \frac{135^\circ}{2}}{3T}, \text{ 可知 } \bar{v}_1 > \bar{v}_2, \text{ 故 B 正确, D 错误.}$$



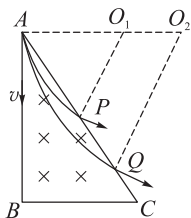
2. A 解析: 带正电的粒子从 O 点射入磁场后做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $r = \frac{mv}{qB}$, 当 θ 为锐角时, 画出带正电的粒子运动轨迹如图甲所示, 由几何关系知, 入射点与出射点间的距离 $Oa = 2r \sin \theta = \frac{2mv \sin \theta}{qB}$, 粒子在磁场中运动的时间 $t = \frac{2\pi - 2\theta}{2\pi} T = \frac{2m(\pi - \theta)}{qB}$; 当 θ 为钝角时, 画出带正电的粒子运动轨迹如图乙所示, 由几何关系知, 入射点与出射点间的距离 $Oa = 2r \sin(\pi - \theta) = \frac{2mv \sin(\pi - \theta)}{qB}$, 粒子在磁场中运动的时间 $t = \frac{2(\pi - \theta)}{2\pi} T = \frac{2m(\pi - \theta)}{qB}$, 与第一种情况相同. 由上述分析可知, 粒子在磁场中运动的时间和速度大小无关, 而 θ 越大, 运动的时间越短, 故 A 正确, D 错误; 若 v 一定, θ 为锐角且越大时, 则 Oa 就越大, 但 θ 为钝角且越大时, Oa 越小, B 错误; 由牛顿第二定律得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 又 $\omega = \frac{v}{r}$, 解得粒子运动的角速度 $\omega = \frac{qB}{m}$, 与速度大小无关, C 错误.



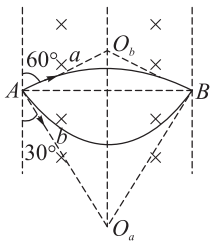
3. C 解析: 质子和 α 粒子的质量之比为 1 : 4, 所带电荷量之比为 1 : 2, 质子和 α 粒子具有相同的动能, 故两者的速度之比为 2 : 1. 根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, 得 $r = \frac{mv}{qB}$, 可知质子和 α 粒子在

磁场中做圆周运动的半径相等,所以转过的角度相同,即 α 粒子也偏转 90° ,故C正确,A、B、D错误。

4. BD 解析:作出两带电粒子各自的运动轨迹,如图所示,根据圆周运动特点知,两粒子分别从P、Q点射出时,速度方向与AC边的夹角相等,故可判定两粒子从P、Q点射出时,半径 $R_P < R_Q$,由 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ 解得 $R = \frac{mv}{Bq}$,则从Q点射出的粒子速度大,故A错误,B正确;由 $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ 得,两粒子在磁场中做圆周运动的周期相等,根据图示,可知两轨迹对应的圆心角相等,由 $t = \frac{\theta}{2\pi} T$ 得两粒子在磁场中的运动时间相等,故C错误,D正确。

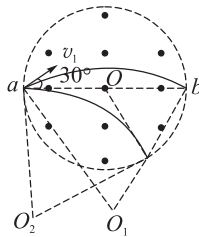


5. C 解析:由左手定则知,粒子a带负电,粒子b带正电,A错误;两粒子在磁场中做匀速圆周运动,运动轨迹如图所示,由几何关系可知,两粒子运动轨迹的圆心是AB的垂直平分线和过A点的速度的垂线的交点,根据几何知识可得 $R_a = \frac{\frac{1}{2}d}{\sin 30^\circ} = d$, $R_b = \frac{\frac{1}{2}d}{\sin 60^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3}d$,所以 $R_a : R_b = \sqrt{3} : 1$,B错误;根据牛顿第二定律得 $Bvq = \frac{mv^2}{R}$,解得 $v = \frac{qBR}{m}$,则两粒子的速率之比 $v_a : v_b = \sqrt{3} : 2$,D错误;从A运动到B,粒子a运动轨迹所对应的圆心角为 60° ,粒子b运动轨迹所对应的圆心角为 120° ,根据两粒子运动时间相同可得两粒子运动周期之比 $T_a : T_b = 2 : 1$,根据 $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ 及两粒子电荷量相等得两粒子的质量之比 $m_a : m_b = T_a : T_b = 2 : 1$,C正确。

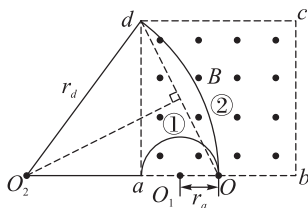


6. C 解析:画出两种情况下带电粒子的运动轨迹如图所示,由题意知,同一粒子在磁场中偏转时间均

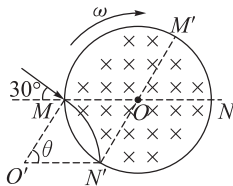
为 t ,则两种情况下带电粒子的偏转角均为 60° ;设圆的半径为 R ,由几何关系可以确定带电粒子在两种情况下做匀速圆周运动的半径分别为 $r_1 = 2R$, $r_2 = R \tan 60^\circ = \sqrt{3}R$,由洛伦兹力提供向心力有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,则速度 $v = \frac{qBr}{m}$,则 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{\sqrt{3}}$,所以当粒子沿 ab 方向射入时, $v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}v_1$,故C正确,A、B、D错误。



7. B 解析:电子从a点射出时,其运动轨迹如图线①,轨迹半径为 $r_a = \frac{l}{4}$,由洛伦兹力提供向心力,有 $ev_aB = m \frac{v_a^2}{r_a}$,又 $\frac{e}{m} = k$,解得 $v_a = \frac{kBl}{4}$;电子从d点射出时,运动轨迹如图线②,由几何关系有 $r_d^2 = l^2 + (r_d - \frac{l}{2})^2$,解得 $r_d = \frac{5l}{4}$,由洛伦兹力提供向心力,有 $ev_dB = m \frac{v_d^2}{r_d}$,又 $\frac{e}{m} = k$,解得 $v_d = \frac{5kBl}{4}$,故B正确,A、C、D错误。



8. AC 解析:圆筒转动时间 $t = \frac{120^\circ}{360^\circ} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{3\omega}$,带负电的粒子运动轨迹如图所示,粒子运动轨迹对应的圆心角 $\theta = 60^\circ$,粒子在磁场中运动的时间 $t' = \frac{1}{6}T$,又 $qvB = m \frac{v^2}{R}$, $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$, $t = t'$,解得 $B = \frac{\omega m}{2q}$,故A正确,B错误;根据几何知识知,粒子的轨迹半径为 R ,根据 $qvB = m \frac{v^2}{R}$,解得 $v = \frac{1}{2}R\omega$,故C正确,D错误。



9. (1) $\frac{4U}{B^2 d^2}$ (2) $\frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right)$

解析: (1) 设带电粒子的质量为 m , 电荷量为 q , 加速后的速度大小为 v

由动能定理有 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ ①

粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹如图所示, 设粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动的半径为 r , 由洛伦兹力提供粒子做圆周运动的向心力, 有 $qvB = m\frac{v^2}{r}$ ②

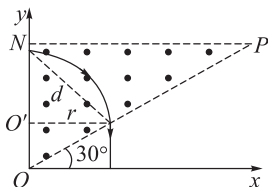
由几何关系知 $d = \sqrt{2}r$ ③

联立①②③式得 $\frac{q}{m} = \frac{4U}{B^2 d^2}$ ④

(2) 由几何关系知, 带电粒子从射入磁场到运动到 x 轴经过的路程为 $s = \frac{\pi r}{2} + r \tan 30^\circ$ ⑤

带电粒子从射入磁场到运动至 x 轴的时间为 $t = \frac{s}{v}$ ⑥

联立②④⑤⑥式得 $t = \frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right)$.

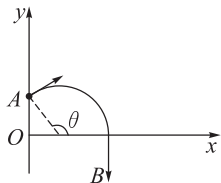


10. (1) $\frac{mv}{qL}$ (2) $\frac{(2\pi+3)L}{3v}$

解析: (1) 粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹如图所示, 由洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = m\frac{v^2}{r}$

由几何关系有 $r^2 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2}L \right)^2 + \left(\frac{3}{2}L - r \right)^2$

解得 $r = L, B = \frac{mv}{qL}$.



(2) 设粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹的圆心角为 θ , 有 $\sin(\pi - \theta) = \frac{\sqrt{3}}{2}$

解得 $\theta = \frac{2\pi}{3}$

则粒子从点 A 到点 B 的运动时间 $t = \frac{2\pi r}{3v} + \frac{L}{v}$

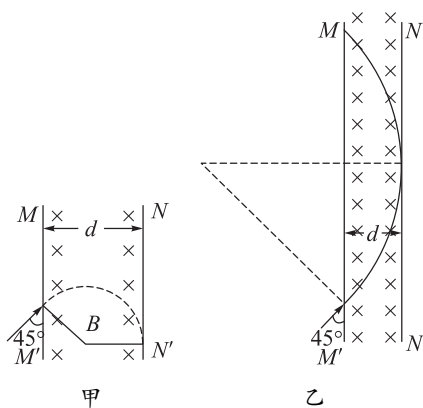
解得 $t = \frac{(2\pi+3)L}{3v}$.

专题卷(三) 带电粒子在有界匀强磁场中的临界和多解问题

针对训练

1. AC 解析: 由“磁场方向垂直于它的运动平面”可知, 磁场方向有两种可能. 在方向相反的两个匀强磁场中, 由左手定则可知负电荷所受的洛伦兹力的方向也是相反的. 当负电荷所受的洛伦兹力与电场力方向相同时, 根据牛顿第二定律可得 $4Bqv_1 = m\frac{v_1^2}{R}$, 解得 $v_1 = \frac{4BqR}{m}$, 负电荷做匀速圆周运动的角速度为 $\omega = \frac{v_1}{R} = \frac{4Bq}{m}$; 当负电荷所受的洛伦兹力与电场力方向相反时, 有 $2Bqv_2 = m\frac{v_2^2}{R}$, 解得 $v_2 = \frac{2BqR}{m}$, 负电荷做匀速圆周运动的角速度为 $\omega_2 = \frac{v_2}{R} = \frac{2qB}{m}$, 故 A、C 正确, B、D 错误.

2. BD 解析: 设带电粒子在磁场中运动的轨迹半径为 R , 粒子在磁场中做圆周运动时由洛伦兹力提供向心力, 由牛顿第二定律可得 $qvB = m\frac{v^2}{R}$, 解得 $R = \frac{mv}{qB}$. 带电粒子速率越大, 轨道半径越大, 当轨迹恰好与边界 NN' 相切时, 粒子恰好不能从边界 NN' 射出, 对应的速率最大. 若粒子带负电, 临界轨迹如图甲所示, 由几何知识得 $R + R\cos 45^\circ = d$, 解得 $R = (2 - \sqrt{2})d$, 对应的速率 $v = \frac{(2 - \sqrt{2})qBd}{m}$. 若粒子带正电, 临界轨迹如图乙所示, 由几何知识得 $R - R\cos 45^\circ = d$, 解得 $R = (2 + \sqrt{2})d$, 对应的速率 $v = \frac{(2 + \sqrt{2})qBd}{m}$. 故 B、D 正确, A、C 错误.

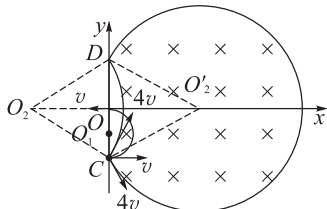


3. AC 解析: 带电粒子在磁场中做匀速圆周运动, 洛伦兹力提供向心力, 根据牛顿第二定律可得

$qv_0B = m \frac{v_0^2}{r}$, 可得 $B = \frac{mv_0}{qr}$, 可知

半径 r 越大, 磁感应强度越小, 要使粒子不从 BC 边穿出磁场, 画出半径 r 最大时的轨迹, 如图所示, 由几何关系可知, 四边形 $OABD$ 是正方形, 故圆弧轨迹半径为 L , 可得磁感应强度的最小值 $B_{\min} = \frac{mv_0}{qL}$, 故 A 正确, B 错误; 粒子从 AC 边射出时在磁场中转过的圆心角为 120° , 粒子在磁场中做匀速圆周运动的周期为 $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{Bq}$, 可知 B 最小时, 周期最大, 粒子运动时间最长, 最长时间为 $t = \frac{120^\circ}{360^\circ} T_{\max} = \frac{1}{3} \times \frac{2\pi m}{B_{\min} q} = \frac{2\pi L}{3v_0}$, 故 C 正确, D 错误.

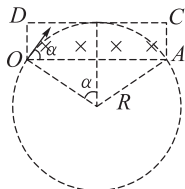
4. BD 解析: 粒子 P 从 C 点沿 x 轴正方向射入磁场, 受洛伦兹力而向上偏转过 O 点, 由左手定则知, 粒子 P 带正电, A 错误; 由题意可知粒子 P 在磁场中运动轨迹为半个圆周, 其轨迹半径为 $R_1 = \frac{L}{2}$, 在磁场中运动的时间为 $t_1 = \frac{\pi R_1}{v} = \frac{\pi L}{2v}$, B 正确; 粒子 Q 与粒子 P 相同, 而速率为 $4v$, 由 $qvB = m \frac{v^2}{R}$ 得 $R = \frac{mv}{qB}$, 故 $R_2 = 4R_1 = 2L$, CD 距离为 $2L$, 则粒子 Q 不可能沿 x 轴正方向射入磁场, 设粒子 Q 的入射速度方向与 y 轴的夹角为 θ , 粒子 Q 从 D 点射出磁场有两种情况, 运动轨迹如图所示, 由几何关系知, $\theta = \frac{\pi}{6}$, 两种轨迹所对应的圆心角分别为 $\frac{\pi}{3}$ 和 $\frac{5\pi}{3}$, 粒子 Q 在磁场中运动的路程分别为 $s = \frac{\pi}{3} \cdot 2L = \frac{2}{3}\pi L$, $s' = \frac{5\pi}{3} \cdot 2L = \frac{10}{3}\pi L$, 则粒子 Q 在磁场中的运动时间分别为 $t_2 = \frac{s}{4v} = \frac{\pi L}{6v}$, $t'_2 = \frac{s'}{4v} = \frac{5\pi L}{6v}$, 故 C 错误, D 正确.



5. BC 解析: 当粒子从 O 点垂直磁场的边界射入磁场时, 粒子落点距 O 点最远, 由题意可知, 粒子速度为 v_0 时, O, A 间距离为 $2r$, 由 $qvB = m \frac{v^2}{r}$ 可得 $r =$

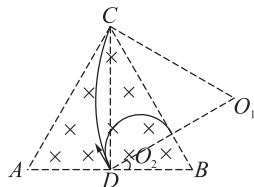
$\frac{mv_0}{qB}$, 所以 $OA = \frac{2mv_0}{qB}$. 当粒子落在 A 点的左侧时, 若入射方向不变, 则粒子运动的轨迹半径减小, 粒子的速度小于 v_0 ; 若入射方向调整, 半径可能比原来大, 也可能比原来小, 因为速度方向未知, 所以其速度可能大于 v_0 , 也可能小于 v_0 , A 错误; 由于粒子速度等于 v_0 时最远到达 A , 故要使最远点在 A 点的右侧, 速度必须大于 v_0 , B 正确; 当粒子从 O 点垂直磁场的边界射入磁场时, 若刚好到达 A 点左侧距离 d 处, 则有 $\frac{2mv_0}{qB} - d = \frac{2mv}{qB}$, 解得 $v = v_0 - \frac{qBd}{2m}$, 要满足条件, 速度必须不小于 $v_0 - \frac{qBd}{2m}$, C 正确; 由于粒子可沿任意方向飞入磁场, 速度极大的粒子仍可满足条件, D 错误.

6. AD 解析: 粒子沿顺时针方向做圆周运动, 由左手定则可知, 粒子带负电, A 正确; 设粒子做圆周运动的半径为 R , 由几何关系可得 $2R \sin 60^\circ = L$, 解得



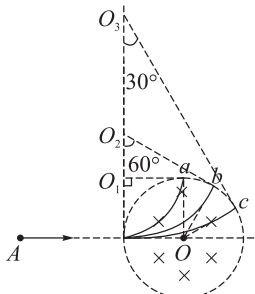
$R = \frac{\sqrt{3}}{3}L$, 由牛顿第二定律得 $qv_0B = \frac{mv_0^2}{R}$, 解得 $B = \frac{\sqrt{3}mv_0}{qL}$, 故 B, C 错误; 若粒子能够刚好从 A 点射出磁场, 如图所示, 则 OD 边长至少为 $R - R \cos \alpha = \frac{\sqrt{3}}{6}L$, D 正确.

7. AC 解析: 如图所示, 当粒子恰好从 C 点射出时, 轨迹半径最大, 速率最大, 由几何关系知, $r_1 = a \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}a$, 由牛顿第二定律得 $qv_1B = m \frac{v_1^2}{r_1}$, 解得 $v_1 = \frac{\sqrt{3}aqB}{2m}$, 故 C 正确, D 错误; 当粒子的运动轨迹恰好与 BC 边相切时, 轨迹半径最小, 轨迹所对应的圆心角最大为 π , 此时粒子在磁场中运动时间最长, 运动时间 $t = \frac{T}{2}$, 由 $qvB = m \frac{v^2}{r}$, $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$, 解得 $t = \frac{\pi m}{qB}$, 故 A 正确, B 错误.

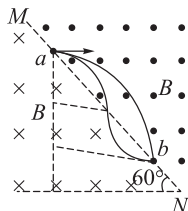


8. BC 解析: 三个粒子在磁场中运动的圆心和圆心角如图所示, 由左手定则可知, 三个粒子均带正电, A 错误; 设磁场半径为 R , 由几何关系可知, $r_a = R$,

$r_b = \sqrt{3}R$,洛伦兹力提供向心力,有 $qBv = m \frac{v^2}{r}$,解得 $v = \frac{qBr}{m}$,则 $v_b = \sqrt{3}v_a$, B 正确;三个粒子在磁场中运动的周期相等,轨迹对应的圆心角越大,则运动时间越长,三个粒子在磁场中运动的时间之比为 $3:2:1$, a 粒子在磁场中运动时间最长,故 C 正确, D 错误.



9. AB 解析:由题意可知,粒子可能的运动轨迹如图所示,所有圆弧所对的圆心角均为 120° ,所以粒子运动的半径为 $r = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{L}{n} (n=1,2,3,\dots)$;粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动,由洛伦兹力提供向心力,得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,则 $v = \frac{qBr}{m} = \frac{\sqrt{3}qBL}{3m} \cdot \frac{1}{n} (n=1,2,3,\dots)$,故 A、B 正确, C、D 错误.

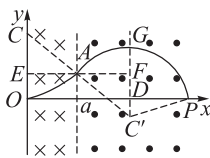


10. D 解析:由题意知,粒子向左偏转,根据左手定则可得,粒子带正电, A 错误;根据 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,得 $v = \frac{qBr}{m}$,从 M 点射出的粒子的轨迹半径更小,则速率更小, B 错误;粒子在磁场中的运动时间 $t = \frac{\theta}{2\pi} T = \frac{\theta m}{qB}$,粒子的周期不变,运动轨迹对应的圆心角越大,运动时间越长,由几何关系可知,弦切角等于圆心角的一半,弦切角越小,运动时间越短,如图所示,当弦与 bc 圆弧边界相切时,弦切角最小, Ob 等于 R ,由几何关系可知,此时运动轨迹对应的圆心角为 120° ,则在磁场中运动的最短时间 $t_{\min} = \frac{2\pi m}{3qB}$, M 、 N 两点具体位置未知,则无法判断从 M 点射出的粒子在磁场中的运动时间和从 N

点射出的粒子在磁场中的运动时间的大小关系, C 错误, D 正确.

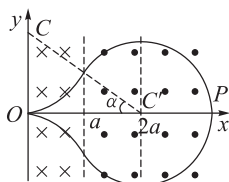
11. (1) $2(1 + \sqrt{\sqrt{2}-1})a$ (2) $\frac{\sqrt{3}mv_0}{2qB}$

解析:(1)带电粒子在匀强磁场中做匀速圆周运动,轨迹半径为 $R = \sqrt{2}a$,作出粒子的运动轨迹如图甲所示,则 $CE = \sqrt{CA^2 - AE^2} = a$, $OE = (\sqrt{2} - 1)a$,由对称性可知 $GF = OE = (\sqrt{2} - 1)a$,则 $DG = 2OE = 2(\sqrt{2} - 1)a$, $C'D = C'G - DG = \sqrt{2}a - 2(\sqrt{2} - 1)a = (2 - \sqrt{2})a$, $DP = \sqrt{C'P^2 - C'D^2} = \sqrt{2a^2 - (2 - \sqrt{2})^2 a^2} = 2\sqrt{\sqrt{2}-1}a$,故粒子与 x 轴交点 P 的横坐标 $x_P = 2(1 + \sqrt{\sqrt{2}-1})a$.



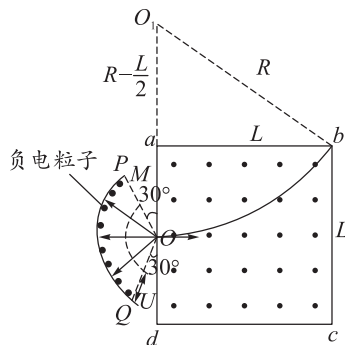
(2)若粒子能够返回原点 O ,则粒子的运动轨迹必关于 x 轴对称,作出粒子的运动轨迹如图乙所示,由几何关系得 $\alpha = \frac{\pi}{6}$,则 $R' = \frac{a}{\cos \alpha} = \frac{2\sqrt{3}}{3}a = \frac{mv_0}{Bq}$,

解得 $a = \frac{\sqrt{3}mv_0}{2qB}$.



12. (1) $\sqrt{\frac{2eU}{m}}$ (2) $\frac{4}{5}$ (3) $\frac{2+\sqrt{3}}{2} \leq k \leq 2$

解析:(1)粒子在电场中加速时,由动能定理可得 $eU = \frac{1}{2}mv_0^2$,解得粒子到达 O 点时的速率 $v_0 = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$.



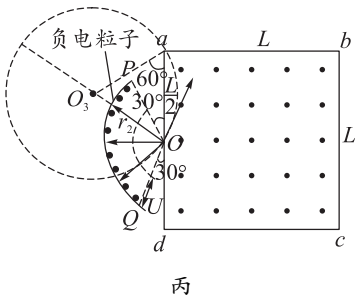
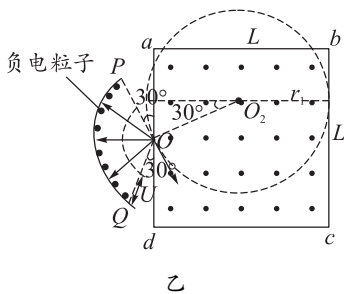
甲

(2)粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹如图甲所示,由几何关系可得 $L^2 + \left(R - \frac{L}{2}\right)^2 = R^2$,解得 $R = \frac{5L}{4}$,由洛伦兹力提供向心力可得 $ev_0 \cdot kB_0 = m \frac{v_0^2}{R}$,解得 $k = \frac{4}{5}$.

(3)磁感应强度最小时,即 k 最小时,只要满足沿 PO 方向射入磁场的粒子,轨迹与 bc 边界相切即可,如图乙所示,其他方向射入磁场的粒子均能从 ab 边界射出,由几何关系可得 $r_1 + r_1 \cos 30^\circ = L$,解得 $r_1 = 2(2 - \sqrt{3})L$

由洛伦兹力提供向心力可得 $ev_0 \cdot k_1 B_0 = m \frac{v_0^2}{r_1}$,解得 $k_1 = \frac{2 + \sqrt{3}}{2}$

磁感应强度最大时,即 k 最大时,只要满足沿 QO 方向射入磁场的粒子,轨迹经过 a 点,则其他方向射入磁场的粒子均能从 ab 边界射出,如图丙所示,由几何关系可得 $r_2 = \frac{L}{2}$



由洛伦兹力提供向心力可得 $ev_0 \cdot k_2 B_0 = m \frac{v_0^2}{r_2}$,解得 $k_2 = 2$

综上所述,要求外弧面 PQ 上所有的粒子均从 ab 边射出磁场, k 值应满足 $\frac{2 + \sqrt{3}}{2} \leq k \leq 2$.

专题卷(四) 带电粒子在组合场中的运动

针对训练

1. BCD 解析:离子 P^+ 和 P^{3+} 质量之比为 $1:1$,电荷

量之比为 $1:3$,故在电场中的加速度 ($a = \frac{qE}{m}$) 之比为 $1:3$,A 错误;离子在离开电场区域时,有 $qU = \frac{1}{2}mv^2$,在磁场中做匀速圆周运动时,有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,解得半径 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$,则半径之比为 $1: \frac{1}{\sqrt{3}} = \sqrt{3}:1$,B 正确;设磁场宽度为 d ,由几何关系有 $d = r \sin \theta$,可知离子在磁场中转过的角度正弦值之比等于半径倒数之比,即 $1:\sqrt{3}$,由于 $\theta = 30^\circ$,则 $\theta' = 60^\circ$,故转过的角度之比为 $1:2$,C 正确;由 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 可知,离子离开电场时的动能之比等于电荷量之比,即 $1:3$,D 正确.

2. AD 解析:若 $h = \frac{qB^2 a^2}{2mE}$,则在电场中,由动能定理得 $qEh = \frac{1}{2}mv^2$;在磁场中,洛伦兹力提供向心力,由牛顿第二定律得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,联立解得 $r = a$,根据几何知识可知粒子垂直 CM 射出磁场,故 A 正确,B 错误;若 $h = \frac{qB^2 a^2}{8mE}$,同理可得 $r = \frac{1}{2}a$,则根据几何知识可知粒子平行于 x 轴射出磁场,故 C 错误,D 正确.

3. A 解析: a 小球下落时,重力和电场力都对 a 小球做正功; b 小球下落时,只有重力做功; c 小球下落时,只有重力做功.重力做功的大小都相同,根据动能定理可知外力对 a 小球所做的功最多,即 a 小球落地时的动能最大, b 、 c 两小球落地时的动能相等,由于三个小球质量相等,所以 $v_a > v_b = v_c$,故 A 正确,B、C、D 错误.

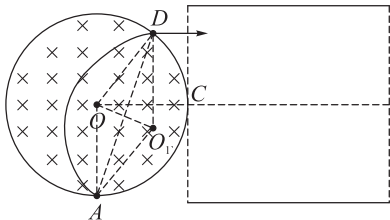
4. ABC 解析:由左手定则可判断粒子带负电,由几何关系得,粒子在磁场中做圆周运动的轨迹半径 $r = R$,由洛伦兹力提供向心力有 $qBv_0 = m \frac{v_0^2}{r}$,解得

$B = \frac{mv_0}{qR}$,A 正确;从 C 点射出磁场,恰好从下极板右边缘射出电场,则粒子所受电场力方向向下,下极板带正电,粒子做类平抛运动,粒子在电场中的

运动时间 $t = \frac{L}{v_0}$,加速度 $a = \frac{qE}{m}$,在电场中的偏转位移 $\frac{L}{2} = \frac{1}{2}at^2$,电场对粒子做功为 $W = qE \cdot \frac{L}{2}$,联

立解得 $W = \frac{1}{2}mv_0^2$,B 正确;该粒子若以速度 v_0 自 A 点沿 AO 连线左侧方向射入磁场,如图所示,由几何关系可知 A 点与圆形磁场区域的圆心 O 、做圆

周运动的圆心 O_1 与射出点 D 四点的连线刚好构成一个菱形,所以粒子射出磁场的方向总是水平向右的,故粒子在极板间运动的时间不变,偏转位移不变,因此从 C 点上方水平射入极板间的粒子仍能射出电场;同理沿 AO 连线右侧方向射入磁场的粒子,则会打在下极板上,C 正确,D 错误.



5. C 解析:由于粒子每转半周交变电场方向改变一次,所以交变电场的周期等于粒子做匀速圆周运动的周期,即 $T_{\text{电}} = T = \frac{2\pi m}{qB}$, A 错误;设经过 n 次加速后粒子以速度 $v = 10 \text{ m/s}$ 从 A 点向上射入 ACD 区域恰好从 D 点射出,洛伦兹力提供向心力,有 $qvB = m \frac{v^2}{r}$,解得 $\frac{q}{m} = \frac{v}{Br} = \frac{10}{0.2 \times 0.1} \text{ C/kg} = 5 \times 10^2 \text{ C/kg}$, B 错误;从开始到射出,由动能定理得 $nEqd = \frac{1}{2}mv^2$,解得 $n = 10$, C 正确;经过 $(n-1)$ 次加速时,由动能定理得 $(n-1)Eqd = \frac{1}{2}mv_{n-1}^2$,粒子做圆周运动的半径 $r_{n-1} = \frac{mv_{n-1}}{qB} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2(n-1)Emd}{q}}$,同理,经 n 次加速后的半径为 $r_n = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2nEmd}{q}}$,则 $\frac{r_n}{r_{n-1}} = \sqrt{\frac{n}{n-1}}$, D 错误.

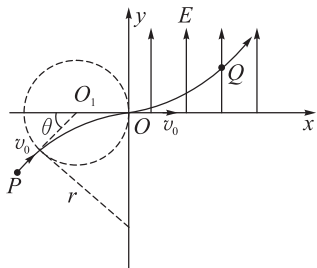
6. (1) $\frac{mv_0}{qR} \tan \frac{\theta}{2}$ (2) $\frac{2mbv_0^2}{a^2q}$ (3) $\frac{\theta R}{v_0 \tan \frac{\theta}{2}} + \frac{a}{v_0}$

解析:(1)粒子运动轨迹如图所示.设粒子在磁场中做圆周运动的半径为 r ,由几何关系得 $r \tan \frac{\theta}{2} = R$

又 $qv_0B = m \frac{v_0^2}{r}$,故 $B = \frac{mv_0}{qR} \tan \frac{\theta}{2}$

粒子从 O 到 Q 做类平抛运动,设运动时间为 t_2

则 $a = v_0 t_2$, $b = \frac{1}{2} \cdot \frac{qEt_2^2}{m}$,故 $E = \frac{2mbv_0^2}{a^2q}$.



$$(2) \text{粒子在磁场中运动的时间 } t_1 = \frac{\theta r}{v_0} = \frac{\theta R}{v_0 \tan \frac{\theta}{2}}$$

则粒子从 P 运动到 Q 的时间为 $t = t_1 + t_2 =$

$$\frac{\theta R}{v_0 \tan \frac{\theta}{2}} + \frac{a}{v_0}.$$

7. (1) $2d$ (2) $\frac{mv_0}{2qd}$ (3) $\frac{(7\pi+4)d}{2v_0}$

解析:(1)设 Q 点的纵坐标为 h ,粒子到达 Q 点的水平分速度为 v_x ,从 P 到 Q 受到的恒定的电场力与初速度方向垂直,则粒子在电场中做类平抛运动,则由类平抛运动的规律可知 $h = v_0 t_1$

水平方向匀加速直线运动的平均速度 $\bar{v} = \frac{0+v_x}{2}$

则 $d = \frac{v_x t_1}{2}$,根据速度的矢量合成可知 $\tan 45^\circ = \frac{v_x}{v_0}$

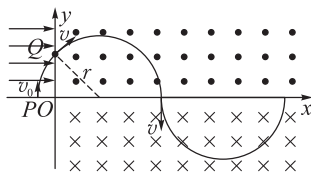
解得 $h = 2d$.

(2)粒子运动轨迹如图所示,由几何知识可得,粒子在磁场中的运动半径 $r = 2\sqrt{2}d$

由牛顿第二定律得 $qvB = m \frac{v^2}{r}$

由(1)可知 $v = \frac{v_0}{\cos 45^\circ} = \sqrt{2}v_0$

联立解得 $B = \frac{mv_0}{2qd}$.



(3)粒子在电场中的运动时间为 $t_1 = \frac{2d}{v_0}$

粒子在磁场中的运动周期为

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{4\pi d}{v_0}$$

粒子在第一象限中的运动时间为 $t_2 = \frac{135^\circ}{360^\circ} T = \frac{3}{8} T$

粒子在第四象限内的运动时间为 $t_3 = \frac{T}{2}$

故带电粒子自进入电场至在磁场中第二次经过 x

轴所用的时间为 $t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{(7\pi+4)d}{2v_0}$.

8. (1) $\frac{4v_0}{5cl}$ (2) $T_0 \leq \frac{5\pi l}{6v_0}$ (3) $\frac{8v_0^2}{(2n+1)\pi cl}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$) $\frac{(2n+1)\pi l}{8}$ ($n = 0, 1, 2, \dots$)

解析:(1)粒子在磁场中做匀速圆周运动,有

$$qv_0B_0 = m \frac{v_0^2}{R}$$

由几何关系可得 $R^2 = l^2 + \left(R - \frac{l}{2}\right)^2$

联立解得 $R = \frac{5}{4}l, B_0 = \frac{4v_0}{5cl}$.

(2) 粒子做匀速圆周运动的轨迹半径为

$$R' = \frac{mv_0}{qB_0} = \frac{l}{2}$$

不从 y 轴离开磁场的临界情况为粒子从 $t=0$ 时刻入射, 并且轨迹恰好与 y 轴相切, 如图甲所示

$$\text{粒子运动的周期 } T = \frac{2\pi m}{qB_0} = \frac{\pi l}{v_0}$$

由几何关系可得, $t = \frac{T_0}{2}$ 时间内, 粒子转过的圆心角

$$\text{为 } \frac{5\pi}{6}, \text{ 对应运动时间 } t_1 = \frac{6}{2\pi} T = \frac{5}{12} T$$

要使粒子都不从 y 轴上离开磁场, 应满足 $t_1 \geq \frac{T_0}{2}$

$$\text{解得 } T_0 \leq \frac{5\pi l}{6v_0}.$$

(3) 粒子的运动轨迹如图乙所示. 由题意可得 $\frac{1}{2} \cdot$

$$\frac{2\pi m}{qB_0} = T_0, \text{ 解得 } T_0 = \frac{\pi l}{2v_0}$$

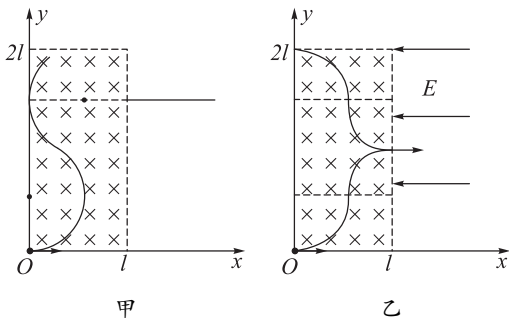
粒子在电场中运动时, 根据牛顿第二定律可得 $Eq = ma$

$$\text{根据运动学规律可得往返一次用时 } \Delta t = \frac{2v_0}{a} = \frac{2v_0}{Ec}$$

根据题意和运动学规律有 $\Delta t = \left(n + \frac{1}{2}\right) T_0$ ($n=0, 1, 2, \dots$)

$$\text{可得电场强度的大小 } E = \frac{8v_0^2}{(2n+1)\pi cl} \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

$$\text{粒子在电场中运动的路程 } s = \frac{1}{2} v_0 \cdot \frac{\Delta t}{2} \cdot 2 = \frac{(2n+1)\pi l}{8} \quad (n=0, 1, 2, \dots).$$



9. (1) $\frac{\sqrt{3}mv_0^2}{2qL}$ (2) $\frac{\sqrt{3}mv_0}{2qL}$ (3) $\frac{\pi L^2}{12}$

解析: (1) 根据题意, 带电粒子在第二象限做类平抛

运动

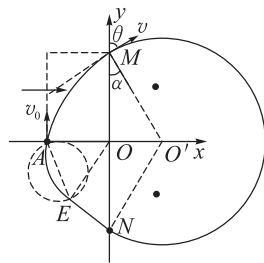
竖直方向有 $2L = v_0 t$

水平方向有 $\sqrt{3}L = \frac{1}{2} at^2$

根据牛顿第二定律得 $qE = ma$

$$\text{联立解得 } E = \frac{\sqrt{3}mv_0^2}{2qL}.$$

(2) 类平抛运动速度的反向延长线过水平位移的中点, 如图所示



由几何关系可知 $\theta = 60^\circ$, 则末速度 $v = 2v_0$

带电粒子在磁场中做匀速圆周运动, 由几何关系得

$$\alpha = 30^\circ, \text{ 则 } r = \frac{2L}{\cos \alpha} = \frac{4\sqrt{3}}{3} L$$

根据洛伦兹力提供向心力得 $qvB_1 = m \frac{v^2}{r}$, 解得

$$B_1 = \frac{\sqrt{3}mv_0}{2qL}.$$

(3) 粒子在第三象限运动时, $B_2 = 4B_1$, 半径 $r' = \frac{mv}{B_2 q} = \frac{1}{4} r$

由于要从 A 点垂直射出, 则进入第三象限先做匀速直线运动到 E 点, 最后进入圆形磁场偏转, 由几何关系可知, 最小磁场面积是以 AE 为直径的圆, 可得

$$AE = 2r' = \frac{1}{4} r = \frac{\sqrt{3}}{3} L$$

所以圆形磁场区域的最小面积为

$$S = \pi \left(\frac{AE}{2}\right)^2 = \frac{\pi L^2}{12}.$$

专题卷(五) 带电粒子在复合场中的运动

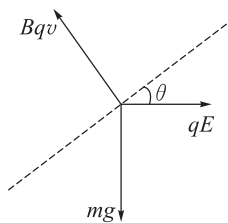
针对训练

1. C 解析: 液滴在叠加场中做匀速圆周运动, 故有重力和静电力平衡, 则液滴受到向上的静电力, 可知液滴带负电, 根据左手定则可知液滴做顺时针的匀速圆周运动, 根据洛伦兹力提供向心力有 $qvB = m \frac{v^2}{R}$, 又因为重力和静电力平衡, 则有 $qE = mg$, 解得 $v = \frac{B g R}{E}$, 故 C 正确, A、B、D 错误.

2. BC 解析: 因为重力改变速度的大小, 而洛伦兹力

仅改变速度的方向,又洛伦兹力大小随速度大小的变化而变化,故小球运动的轨迹不可能是圆,A错误;整个过程中由于洛伦兹力不做功,即只有重力做功,故小球机械能守恒,C正确;因为只有重力做功,根据动能定理,小球在最低点时重力做功最多,由 $mgh = \frac{1}{2}mv^2 - 0$,解得 $v = \sqrt{2gh}$,最低点处 h 最大,故速度最大,小球做曲线运动的速度方向为该点的切线方向,该点的切线方向沿水平方向,B正确;若小球在最低点A处时所受洛伦兹力与重力大小相等,根据平衡条件可知小球将水平向右做匀速直线运动,不可能沿轨迹AB运动,故D错误。

3. C 解析:微粒沿OA做直线运动,则垂直OA方向上合力一定为零,由于 $F_{洛} = Bqv$ 与OA垂直,故微粒做匀速直线运动,B错误;由平衡条件知,微粒所受洛伦兹力垂直OA斜向左上方,由左手定则知,该微粒带负电,A错误;微粒受力分析如图所示,根据平衡条件得 $qE = mg \tan \theta$, $mg = Bqv \cos \theta$,联立解得该磁场的磁感应强度大小 $B = \frac{mg}{qv \cos \theta}$,电场的场强大小 $E = \frac{mg \tan \theta}{q}$,故C正确,D错误。



4. BC 解析:粒子在运动过程中,洛伦兹力始终与速度方向垂直而不做功,粒子带正电,所受电场力方向向下,故粒子运动到P点的过程中电场力做负功,根据动能定理有 $-qEs = \frac{1}{2}mv_P^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $v_P = \sqrt{-\frac{2qEs}{m} + v_0^2}$,A错误;将粒子进入电磁场的初速度 v_0 看成是两个水平向右的分速度 v_1 、 v_2 的合成,其中水平向右分速度 v_1 满足 $qv_1B = qE$,解得 $v_1 = \frac{E}{B}$,另一水平向右分速度 v_2 满足 $v_2 = v_0 - v_1 = \frac{E}{B}$,则粒子在电磁场中的运动可分解为以 v_1 水平向右做匀速直线运动和以 v_2 做匀速圆周运动,其中以 v_2 做匀速圆周运动的向心力由洛伦兹力提供,可知粒子运动过程受到的合力大小为 $F_{合} = qv_2B = q \cdot \frac{E}{B}B = qE$,根据牛顿第二定律可知带电粒子的加速度大小为 $a = \frac{F_{合}}{m} = \frac{qE}{m}$,B正确;以

v_2 做匀速圆周运动的向心力由洛伦兹力提供,有 $qv_2B = m \frac{v_2^2}{r}$,解得 $r = \frac{mv_2}{qB} = \frac{mE}{qB^2}$,又因为 $s = \frac{mE}{qB^2} = r$,可知粒子从射入该区域到P点所用时间至少为 $t_{min} = \frac{1}{4}T = \frac{1}{4} \times \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi m}{2qB}$,C正确;粒子的合速度为分速度 v_1 与 v_2 的合成,其中 v_1 的大小、方向均保持不变, v_2 的大小不变,方向时刻发生改变,当 v_2 方向与 v_1 方向相反时,粒子的合速度最小,则有 $v_{min} = |v_1 - v_2| = 0$,可知粒子受到的洛伦兹力最小值为零,而粒子受到的电场力保持不变,D错误。

5. C 解析:设碰后C的速度为 v_2 ,由题意可知 $qv_2B = mcg$,解得 $v_2 = 20 \text{ m/s}$,A、C碰撞前后动量守恒,有 $m_A v_0 = m_A v_1 + m_C v_2$,解得 $v_1 = 15 \text{ m/s}$,A错误;由动量定理得,C对A的冲量为 $I = -m_C v_2 = -0.001 \times 20 \text{ N} \cdot \text{s} = -0.02 \text{ N} \cdot \text{s}$,B错误;A对C做的功为 $W = \frac{1}{2}m_C v_2^2 = 0.2 \text{ J}$,C正确;碰撞前的总动能为 $E_k = \frac{1}{2}m_A v_0^2 = \frac{1}{2} \times 0.004 \times 20^2 \text{ J} = 0.8 \text{ J}$,碰撞后的总动能为 $E'_k = \frac{1}{2}m_A v_1^2 + \frac{1}{2}m_C v_2^2 = 0.65 \text{ J} < E_k$,说明碰撞为非弹性碰撞,D错误。

6. BC 解析:圆环向下运动时,竖直方向受到向下的重力、向上的电场力和摩擦力,设加速度大小为 a_1 ,则 $a_1 = \frac{qE + \mu qvB - mg}{m}$,随着速度的减小,洛伦兹力减小,则摩擦力会减小,因此圆环做加速度减小的减速运动,当圆环向上运动时,圆环的加速度大小 $a_2 = \frac{qE - \mu qvB - mg}{m}$,随着速度的增大,加速度逐渐减小,最后圆环做匀速直线运动,因此圆环在下降阶段的平均速度大小大于上升阶段的平均速度大小,所以在 $t = \frac{t_0}{2}$ 时,圆环不在最低点,A错误;圆环在向下运动过程中的加速度大于向上运动过程中的加速度,而向下运动时摩擦力越大,加速度越大,因此环刚开始运动时加速度最大,最大加速度为 $a_m = \frac{qE + \mu qv_0B - mg}{m} = g + \frac{\mu qv_0B}{m}$,B正确;圆环从出发到回到出发点过程中,重力势能变化为零,那么机械能的损失即为动能的减少, $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$,而圆环匀速运动时的速度 $v_1 = \frac{mg}{\mu qB}$,因此损失的机械能为 $\Delta E = \frac{1}{2}m \left(v_0^2 - \right.$

$\frac{m^2 g^2}{\mu^2 B^2 q^2}$), C 正确; 环在下落与上升过程中, 摩擦力的平均值大小不相等, 故因摩擦产生的内能不相等, D 错误.

7. (1) $\frac{mg}{q}$ 方向竖直向下 (2) $\frac{3\pi m}{4qB}$

$$H + \frac{(2+\sqrt{2})mv}{2qB}$$

解析: (1) 要满足带负电微粒做匀速圆周运动, 则有

$$qE = mg, \text{ 解得 } E = \frac{mg}{q}, \text{ 方向竖直向下.}$$

(2) 微粒的部分运动轨迹如图所示, 当微粒第一次运动到最高点时, $\alpha = 135^\circ$

$$\text{则 } t = \frac{\alpha}{360^\circ} T = \frac{135^\circ}{360^\circ} T = \frac{3T}{8}$$

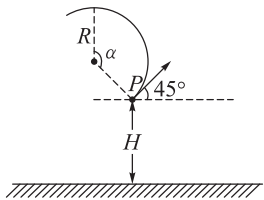
$$\text{由 } qvB = \frac{mv^2}{R} \text{ 得 } R = \frac{mv}{qB}$$

$$\text{则 } T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{联立解得 } t = \frac{3\pi m}{4qB}$$

最高点距地面的高度为 $H_1 = R + R\sin 45^\circ + H =$

$$H + \frac{(2+\sqrt{2})mv}{2qB}.$$



8. (1) $\frac{qBl}{3m}$ (2) $\frac{qB^2 l}{10m}$ (3) 4 : 9

解析: (1) 小球在磁场中做匀速圆周运动时, 根据洛伦兹力提供向心力, 有 $qv_b B = m \frac{v_b^2}{r}$

$$\text{又 } r = \frac{l}{3}$$

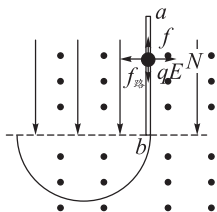
$$\text{解得 } v_b = \frac{qBl}{3m}.$$

(2) 小球沿杆向下运动时, 受力情况如图所示, 受向左的洛伦兹力 $f_{\text{洛}}$ 、向右的弹力 N 、向下的静电力 qE 、向上的摩擦力 f

当小球做匀速运动时, 水平方向有 $N = f_{\text{洛}} = qv_b B$

竖直方向有 $qE = f = \mu N$

$$\text{解得 } E = \frac{qB^2 l}{10m}.$$



(3) 小球从 a 运动到 b 的过程中, 由动能定理得

$$W_{\text{电}} - W_f = \frac{1}{2} mv_b^2$$

$$\text{又 } W_{\text{电}} = qEl = \frac{q^2 B^2 l^2}{10m}$$

$$\text{所以 } W_f = \frac{q^2 B^2 l^2}{10m} - \frac{1}{2} mv_b^2 = \frac{2q^2 B^2 l^2}{45m}$$

$$\text{则有 } \frac{W_f}{W_{\text{电}}} = \frac{4}{9}.$$

9. (1) $\frac{mg}{E_0}$ $\frac{2E_0}{v}$ (2) $\frac{v^2}{2g}$ (3) $\frac{d}{2v} + \frac{\pi v}{g}$

解析: (1) 微粒从 N_1 点沿直线运动到 Q 点的过程中受力平衡, 则有 $mg + qE_0 = qvB$

到 Q 点后电场方向变为竖直向上, 微粒做圆周运动, 则 $mg = qE_0$

$$\text{联立以上两式解得 } q = \frac{mg}{E_0}, B = \frac{2E_0}{v}.$$

(2) 微粒做圆周运动, 由洛伦兹力提供向心力, 有

$$qvB = m \frac{v^2}{r}, \text{ 解得 } r = \frac{mv}{qB} = \frac{v^2}{2g}.$$

(3) 设微粒从 N_1 运动到 Q 的时间为 t_1 , 做圆周运动的周期为 t_2 , 则 $\frac{d}{2} = vt_1, 2\pi r = vt_2$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{d}{2v}, t_2 = \frac{\pi v}{g}$$

$$\text{解得 } t_1 = \frac{d}{2v}, t_2 = \frac{\pi v}{g}$$

$$\text{电场变化的周期 } T = t_1 + t_2 = \frac{d}{2v} + \frac{\pi v}{g}.$$

10. (1) $\sqrt{2gh}$ (2) $(2 + \frac{3\pi}{2})\sqrt{\frac{2h}{g}}$ (3) $\frac{3\sqrt{2gh}}{2}$

解析: (1) 小球从 A 点做平抛运动, 则有 $2h = v_0 t_1$,

$$h = \frac{1}{2} g t_1^2, \text{ 联立解得 } t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, v_0 = \sqrt{2gh}.$$

(2) 小球从 D 点进入 $y \leq 0$ 的区域, $v_{Dy} = g t_1 = \sqrt{2gh} = v_0$, 则小球在 D 点的合速度 $v_D = \sqrt{2} v_0 = 2\sqrt{gh}$, 与 x 轴正方向成 45° 角

由几何知识得小球进入下方正交场后做半径为

$$R = \frac{2h}{\sin 45^\circ} = 2\sqrt{2}h \text{ 的匀速圆周运动}$$

小球在正交场中的运动轨迹所对应的圆心角为

$$270^\circ, \text{ 则运动时间 } t_2 = \frac{270^\circ}{360^\circ} T = \frac{3}{4} \cdot \frac{2\pi R}{v_D} = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

小球射出 $y \leq 0$ 的区域后做与 x 轴成 45° 角的斜上抛运动, 由对称性可知, 回到 A 点的时间为 $t_3 =$

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \text{ 则总时间 } t = t_1 + t_2 + t_3 = (2 +$$

$$\frac{3\pi}{2}) \sqrt{\frac{2h}{g}}.$$

(3) 要使小球尽快到达 C 点, 其运动轨迹如图所

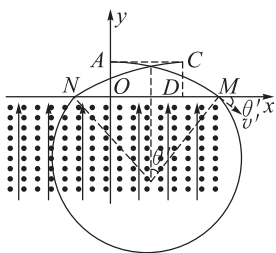
$$\text{示. 小球进入正交场时的速度 } v' = \frac{v_y}{\sin \theta} = \frac{\sqrt{2gh}}{\sin \theta}$$

则此时小球在 $y \leq 0$ 区域的运动轨迹半径 $R' = \frac{mv'}{qB}$

由 $R = 2\sqrt{2}h = \frac{mv_D}{qB} = \frac{2m\sqrt{gh}}{qB}$, 可知 $\frac{m}{Bq} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

设 OM 的距离为 x' , 由几何关系可知, $R' \sin \theta' = \frac{x' - 2h + x'}{2}$, 解得 $x' = 3h$

则由平抛运动可知 $v'_0 = \frac{x'}{t_1} = \frac{3h}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \frac{3\sqrt{2gh}}{2}$.



小测试(四) 洛伦兹力的应用

预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)× (4)×

针对训练

1. D 解析: 电子经过磁场, 洛伦兹力不做功, 则电子的动能不变, 速度不变, A 错误; 欲使电子束打到荧光屏上的 A 点, 则电子所受洛伦兹力方向向左, 根据左手定则可知, 偏转磁场的方向垂直纸面向外, 故 B、C 错误, D 正确.

2. AC 解析: 根据动能定理, 有 $qU = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$; 由 $qvB = \frac{mv^2}{r}$, 解得 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$, 则 $x = 2r = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$. 若离子束是同位素, q 相同, x 越大对应的离子质量越大, 故 A 正确, B 错误; 由 $x = 2r = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$ 可知, 只要 x 相同, 对应的离子的比荷一定相等, 但质量不一定相等, 故 C 正确, D 错误.

3. AB 解析: D 形盒之间交变电场的周期等于质子在磁场中回旋的周期 $\frac{2\pi m}{qB}$, A 正确; 由 $r = \frac{mv}{qB}$ 可知, 当 $r = R$ 时, 质子速度最大, $v_{\max} = \frac{qBR}{m}$, 即 B 、 R 越大, $v_{\max}$ 越大, $v_{\max}$ 与加速电压无关, 故 B 正确, C 错误; 质子离开加速器时的动能 $E_{\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$, D 错误.

4. BD 解析: 由 $qvB = m\frac{v^2}{R}$ 得 $v = \frac{qRB}{m}$, 则最大动能

$$E_{\max} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}, \text{ 可知最大动能与 D 形盒}$$

的半径、磁感应强度以及带电粒子的电荷量和质量有关, 与加速电压无关, 故 A 错误, B 正确; 由动能定理得 $W = \Delta E_k = qU$, 故加速电压越大, 每次获得的动能越大, 而最终的最大动能与加速电压无关, 是一定的, 故加速电压越大, 加速次数减少, 加速时间越短, 故 C 错误, D 正确.

5. BCD 解析: 根据左手定则可知, 正离子偏向 B 板, 所以 B 板是电源的正极, 电流从 B 板经电阻流向 A 板, 故 A 错误, B 正确; 由平衡条件得 $q\frac{U}{d} = qvB$, 故电源的电动势为 $U = Bvd$, 电流 $I = \frac{U}{R} = \frac{Bvd}{R}$, 故磁感应强度 B 越大, 电流 I 越大, 故 C、D 正确.

6. BD 解析: 由左手定则可知, 正离子受到的洛伦兹力向下, 负离子受到的洛伦兹力向上, A 错误; 稳定后, 离子受力平衡, 有 $qvB = q\frac{U}{d}$, 解得 $U = Bvd$, B

正确; 电磁流量计是通过磁场对带电粒子的洛伦兹力使正、负离子往上、下两管壁移动, 从而形成电势差, 通过测量电势差的大小来计算流速, 无法测不带电的液体的流速, C 错误; 废液流量 $Q = Sv$, 其中 $v = \frac{U}{Bd}$, $S = \frac{\pi d^2}{4}$, 解得 $Q = \frac{\pi Ud}{4B}$, D 正确.

7. BD 解析: 定向移动的电子受到洛伦兹力发生偏转, 在上下表面间形成电势差, 最终电子在电场力和洛伦兹力作用下达到平衡, A 错误; 根据左手定则可知, 电子向上表面偏转, 则上表面带负电, 下表面带正电, 所以电压表的“+”接线柱接下表面, B 正确; 根据平衡条件得 $e\frac{U_H}{d} = eBv$, 又 $I = neSv = nebdv$, 联立解得 $U_H = \frac{BI}{neb}$, 可知 U_H 与导体的厚度 d 无关, 导体单位体积内的自由电子数为 $n = \frac{BI}{ebU_H}$, 故 C 错误, D 正确.

8. (1) $\sqrt{\frac{2qU_0}{m_0}}$ (2) $\frac{9qB^2 L^2}{32U_0}$ (3) $\frac{4U_0}{9} \leq U \leq \frac{64U_0}{81}$

解析: (1) 离子在电场中加速, 根据动能定理有 $qU_0 = \frac{1}{2}m_0 v_0^2$

到达 O 点的速度大小 $v_0 = \sqrt{\frac{2qU_0}{m_0}}$.

(2) 离子在磁场中做匀速圆周运动, 由洛伦兹力提供向心力, 有 $qvB = m\frac{v^2}{r}$

$$\text{又 } qU_0 = \frac{1}{2}mv^2$$

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

$$\text{根据几何关系可知 } r = \frac{3}{4}L$$

$$\text{解得 } m = \frac{9qB^2L^2}{32U_0}$$

$$(3) \text{ 由 (2) 知 } \frac{U}{U_0} = \frac{r'^2}{\left(\frac{3}{4}L\right)^2}$$

$$\text{离子打在 } Q \text{ 点时, 有 } r_1' = \frac{2}{3}L, U_1 = \frac{64U_0}{81}$$

$$\text{离子打在 } M \text{ 点时, 有 } r_2' = \frac{1}{2}L, U_2 = \frac{4U_0}{9}$$

$$\text{则加速电压的调节范围为 } \frac{4U_0}{9} \leq U \leq \frac{64U_0}{81}$$

小测试(五) 楞次定律

预习自评

1. (1)× (2)× (3)× (4)×

2. $N \rightarrow M$ $M \rightarrow N$

针对训练

1. BC

2. BCD **解析:** 根据右手定则可知, 图 A 中感应电流方向由 a 到 b , A 错误; 图 B 中导体 ab 向纸外运动, 根据右手定则可知, 感应电流方向由 b 到 a , B 正确; 图 C 中穿过闭合电路的磁通量减少, 根据楞次定律可知, 感应电流产生的磁场方向垂直纸面向里, 感应电流方向由 b 到 a , C 正确; 图 D 中导体 ab 切割磁感线, 根据右手定则可知, 导体 ab 中感应电流方向由 b 到 a , D 正确.

3. AB **解析:** 在赤道上空, 地磁场的磁感线方向水平向北, 飞机水平飞行时机翼不切割磁感线, 所以 P 点电势等于 Q 点电势, A 正确; 在南极上空, 地磁场的磁感线方向向上, 根据右手定则可知, P 点电势高于 Q 点电势, B 正确; 在北极上空, 地磁场的磁感线方向向下, 根据右手定则可知, Q 点电势高于 P 点电势, C 错误; 我国地处北半球, 地磁场的磁感线方向偏向下, 飞机在成都上空水平飞行, 根据右手定则可知, Q 点电势高于 P 点电势, D 错误.

4. B **解析:** 当杆沿逆时针方向转动时, 根据右手定则, 判断出 ab 杆中感应电流方向为 $b \rightarrow a$, 电流通过电流表, 方向为 $d \rightarrow c$; 根据左手定则可知, 作用于杆 ab 的安培力向左, 故 B 正确, A、C、D 错误.

5. A **解析:** 在线圈下落过程中, 磁感应强度先增大后减小, 所以穿过线圈的磁通量先增大后减小, 线圈从 A 处落到磁感应强度最大位置处的过程中, 穿过

线圈的磁通量增大, 感应电流产生的磁场方向向下, 所以感应电流的方向为顺时针. 线圈从磁感应强度最大位置处落到 B 处的过程中, 穿过线圈的磁通量减小, 感应电流产生的磁场方向向上, 所以感应电流的方向为逆时针, 故 A 正确, B、C、D 错误.

6. D **解析:** 由安培定则可知, MN 中的电流在线框左部分产生的磁场垂直于纸面向里, 在线框右部分产生的磁场垂直纸面向外. 虽然线框被导线分成面积相等的两部分, 但对于通电直导线形成的磁场, 离导线越远, 磁场越弱, 所以在 MN 通电的瞬间, 通过线框的磁通量向里增大, 由楞次定律可知, 线框中感应电流的磁场方向向外, 故线框中感应电流的方向为 $A \rightarrow B \rightarrow C$, 故 D 正确, A、B、C 错误.

7. BD **解析:** 若 I 恒定, 线框向上平动时, 穿过线框的磁通量不变, 则线框中无感应电流产生, A 错误; 若 I 恒定, 线框向右平动时, 穿过线框的磁通量向里减小, 根据楞次定律可知, 线框中产生 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 方向的感应电流, B 正确; 若线框固定, MN 中的电流增大, 穿过线框的磁通量向里增大, 根据楞次定律可知, 线框中产生 $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ 方向的感应电流, C 错误; 若线框固定, MN 中的电流减小, 穿过线框的磁通量向里减小, 根据楞次定律可知, 线框中产生 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 方向的感应电流, D 正确.

8. BD **解析:** 设金属直杆 PQ 与竖直方向的夹角为 θ , 长度为 L , 则在直杆由静止开始在重力作用下运动的过程中, 金属直杆与金属轨道围成的面积为 $S = \frac{1}{2}L\sin\theta \cdot L\cos\theta = \frac{1}{4}L^2\sin 2\theta$, 可见金属直杆运动过程中与金属轨道所围成的面积先增大后减小, 故穿过三角形 POQ 的磁通量先增大后减小, 由楞次定律可知, 感应电流产生的磁场先向里后向外, 故在金属直杆上产生的感应电流的方向先为 $P \rightarrow Q$, 后为 $Q \rightarrow P$, 故 A 错误, B 正确; 因为直杆 PQ 所在处的磁场方向向外, PQ 中的电流方向发生变化, 故根据左手定则, 可以判断 PQ 受磁场力的方向先垂直于杆向左, 后垂直于杆向右, 故 C 错误, D 正确.

9. (1)增大 (2)负 (3)逆时针

解析: (1)将滑片 P 向右减速移动的过程中, 接入电路中的电阻减小, 电路中电流增大, 线圈 A 产生的磁场增强, 通过线圈 B 的磁通量增大.

(2)将条形磁铁向下插入线圈, 线圈中的磁场方向向上, 且磁通量增大, 根据楞次定律“增反减同”可知, 线圈中的感应电流产生的磁场向下, 根据安培定则和题图乙中线圈的绕向可知, 线圈中感应电流

从上端流入、下端流出,因此感应电流从负极接线柱流入电表.

(3)当条形磁铁从题图丙中位置向右远离 L 时,穿过 L 的磁通量向上且减小,由楞次定律知,感应电流产生的磁场向上,由题意可知,此时感应电流的方向为由 b 进入电流计,由安培定则可知,俯视线圈,其绕向为逆时针方向.

专题卷(六) 楞次定律的应用

针对训练

1. AC 解析:磁体从左侧靠近铝环时,在铝环中产生感应电流,感应电流的磁场必定阻碍磁体的靠近,铝环 A 端为 N 极,铝环向右摆动, A 、 C 正确;当磁体在右侧远离铝环时,感应电流的磁场阻碍铝环的远离,铝环右摆, B 端为 N 极, B 、 D 错误.
2. D 解析:当滑动变阻器的滑片 P 向左滑动时,滑动变阻器接入电路中的电阻变小,电流变大,通电螺线管的磁性将增强,穿过 a 和 b 的磁通量都增大,根据楞次定律可知,要阻碍磁通量的增大, a 将向上方磁场较弱的方向运动,而 b 将向左侧磁场较弱的方向运动,即 a 、 b 分别受到向上和向左的安培力;根据安培定则可知, a 所处位置的磁场方向向右,当磁场增强时,根据楞次定律可知, a 产生从左向右看逆时针方向的感应电流, b 所处位置的磁场方向向左,当磁场增强时,根据楞次定律可知, b 产生从左向右看顺时针方向的感应电流.综上,二者产生的感应电流方向相反,同时 a 环受到向上的安培力, b 环受到向左的安培力,故 A 、 B 、 C 错误, D 正确.
3. AB 解析:穿过线圈 P 的磁感线方向向左, P 向右摆动的过程中,穿过它的磁通量减少,根据楞次定律, P 中的电流方向从右向左看为顺时针方向, A 正确;由于 Q 与 P 构成一回路, Q 中的电流也为顺时针方向(从右向左看), Q 线圈最下面的一条导线中通过的电流方向向外,该处的磁场方向向下,则该导线所受的安培力向右,那么 Q 会向右摆动, B 正确, C 错误;若使 Q 左右摆动, Q 最下面的那条导线切割磁感线运动产生感应电流,则 P 中有电流,那么 P 将受到安培力而运动, D 错误.
4. B 解析:电流变大,通过导线产生的磁场增强,根据楞次定律可知,导体框将水平向右运动,并有收缩的趋势, A 错误;导体框向左运动一小段,穿过导体框的磁通量增加,会产生感应电流,根据楞次定律知,电流方向沿逆时针方向, B 正确;静止释放导体框,在导体框下落过程中,穿过导体框的磁通量不变,所以没有感应电流,因此导体框做自由落体

运动, C 错误;以导线为轴使导体框顺时针(俯视)转动时,穿过导体框的磁通量并不变化,所以没有感应电流产生, D 错误.

5. D 解析: OO' 是线圈的对称轴,由题图可知 AB 中电流产生的磁场穿过线圈的磁通量为零, AB 中电流 I 逐渐增大,穿过线圈的磁通量仍然为零,保持不变,线圈中没有感应电流产生, A 错误; AB 沿图中虚线靠近 OO' ,穿过线圈的磁通量仍为零,保持不变,线圈中没有感应电流产生, B 错误;线圈绕 OO' 轴顺时针转动 90° (俯视),穿过线圈 dcb 且垂直于 AB 与 OO' 所构成的平面向里的磁通量增大,由楞次定律可知感应电流方向为 $adcba$, C 错误;线圈绕 OO' 轴逆时针转动 90° (俯视),穿过线圈 $abcd$ 且垂直于 AB 与 OO' 所构成的平面向里的磁通量增大,由楞次定律可知,感应电流方向为 $abcda$, D 正确.
6. D 解析:若固定 ab ,使 cd 向右滑动,根据右手定则可判断出 cd 棒切割磁感线所产生的感应电流的方向为由 c 到 d ,故回路中电流方向为 $c \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow a$, A 错误;若 ab 向左、 cd 向右同时运动,则根据右手定则可判断, ab 棒中感应电流方向为由 b 到 a , cd 棒中感应电流方向为由 c 到 d ,即两棒在回路中产生的电流方向相同,不会抵消,故回路中电流方向为 $c \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow a$, B 错误;若 ab 、 cd 以相同速度一起向右滑动,则 $abcd$ 所围面积不变,磁通量不变,不会产生感应电流,回路中电流为零, C 错误;若 ab 、 cd 都向右运动,且 $v_{cd} > v_{ab}$,则 $abdc$ 所围面积增大,磁通量也增大,故由楞次定律可判断出产生的感应电流方向为 $c \rightarrow d \rightarrow b \rightarrow a$, D 正确.
7. A 解析:在线圈下落过程中,穿过线圈的磁场方向向上,在线圈靠近磁铁时,穿过线圈的磁通量变大,感应电流产生的磁场阻碍磁通量的增加,感应电流的磁场方向向下,从上向下看感应电流方向为顺时针;在线圈远离磁铁时穿过线圈的磁通量减小,感应电流产生的磁场阻碍磁通量的减小,感应电流的磁场方向向上,从上向下看线圈产生逆时针方向的电流,故 B 错误, A 正确;由“来拒去留”可知,感应电流总是阻碍线圈与磁铁的相对运动,在线圈靠近磁铁的过程中为阻碍线圈的靠近,磁铁对线圈的作用力竖直向上,在线圈远离磁铁的过程中,为阻碍线圈的远离,磁铁对线圈的作用力竖直向上,则在整个过程中,磁铁对线圈的作用力始终竖直向上, C 错误;线圈在下落过程中,穿过线圈的磁通量先增大,由“增缩减扩”可知,线圈先有缩小的趋势, D 错误.

8. AC 解析:将条形磁铁插入线圈或从线圈中抽出的过程,穿过线圈的磁通量发生了变化,线圈中产生了感应电流,线圈与条形磁铁会发生相互作用,根据楞次定律的推论“来拒去留”可知,在将磁铁插入线圈的过程中,线圈与磁铁相互排斥,导致电子秤的示数大于 m_0 ,在抽出磁铁的过程中,线圈与磁铁相互吸引,导致电子秤的示数小于 m_0 ,A 正确,B 错误;根据楞次定律和安培定则可判断,将磁铁的 N 极加速插向线圈时,线圈中产生的感应电流方向为逆时针方向(俯视),C 正确;将磁铁匀速插向线圈的过程中,磁铁受到重力、拉力、斥力作用,重力和拉力的合力做的功等于线圈中产生的焦耳热,D 错误.

9. ABD 解析:根据楞次定律可知,感应电流的效果总要阻碍引起感应电流变化的原因,磁铁接近线圈时穿过线圈的磁通量增大,感应电流产生的磁场对磁铁必定产生排斥力,以阻碍磁通量的增大,A 正确;由题图可知穿过线圈的磁场的方向向右,当磁铁靠近时,穿过线圈向右的磁通量增大,感应电流产生的磁场方向向左,根据安培定则,从右往左看,感应电流沿顺时针方向,当磁铁远离时,穿过线圈向右的磁通量减小,感应电流产生的磁场方向向右,根据安培定则,从右往左看,感应电流沿逆时针方向,可知线圈中的电流方向发生变化,B 正确;利用“极限法”分析,根据能量守恒定律可知,磁铁最终会停下来,此时线圈中无电流,灯泡不亮,故在振动过程中,灯泡的亮暗会发生变化,C 错误;磁铁在运动过程中,线圈中产生感应电流,灯泡产生焦耳热,弹簧最大弹性势能一定减小,则磁铁振动的幅度逐渐减小,D 正确.

10. B 解析:磁铁从 B 到 C 的过程中,通过圆环的磁场方向向上,磁感应强度逐渐增大,则通过圆环向上的磁通量增大,根据楞次定律可知圆环中产生顺时针方向的电流(从上往下看),A 错误;磁铁从 A 到 D 和从 D 到 E 的过程中,根据楞次定律可知,磁铁对圆环的作用力的水平分力总是向左,圆环始终保持静止,所以圆环受到的摩擦力方向总是向右,即方向相同,B 正确;磁铁摆到 C 处时,由楞次定律可知圆环对桌面的压力大于圆环受到的重力,C 错误;根据能量守恒定律可知,磁铁摆动过程中有部分机械能转化为内能,磁铁上升的高度降低,所以 A、E 两点不等高,D 错误.

小测试(六) 法拉第电磁感应定律

预习自评

1. (1)× (2)× (3)× (4)✓ (5)✓

针对训练

1. D 解析:根据法拉第电磁感应定律 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可知,感应电动势的大小取决于线圈的匝数 n 和磁通量的变化率 $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$,而与磁感应强度 B 、磁通量 Φ 、磁通量的变化量 $\Delta\Phi$ 没有直接的关系,故 A、B、C 错误,D 正确.

2. B 解析:根据法拉第电磁感应定律 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可知, $0 \sim 0.3$ s 时间内, $E_1 = \frac{8 \text{ Wb}}{0.3 \text{ s}} = \frac{80}{3}$ V 保持不变,A 错误;由题图可知,在 $0.3 \sim 0.8$ s 时间内,线圈中磁通量的变化率不变,则感应电动势也不变,所以第 0.6 s 末线圈中的感应电动势大小 $E_2 = \frac{8 \text{ Wb} - 6 \text{ Wb}}{0.8 \text{ s} - 0.3 \text{ s}} = 4$ V, B 正确;同理,第 0.9 s 末线圈中的感应电动势大小 $E_3 = \frac{6 \text{ Wb}}{1.0 \text{ s} - 0.8 \text{ s}} = 30$ V, 大于第 0.2 s 末的感应电动势的值,C 错误;由 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 可知, $0 \sim 0.3$ s 感应电动势的方向与 $0.3 \sim 0.8$ s 感应电动势的方向相反,所以第 0.2 s 末和第 0.4 s 末的感应电动势的方向相反,D 错误.

3. C 解析:根据楞次定律知,从上往下看受电线圈产生的感应电流方向为顺时针方向,受电线圈中感应电流方向由 c 到 d ,所以 c 点的电势低于 d 点的电势,A、B 错误;根据法拉第电磁感应定律可知, d 、 c 之间的电压 $U = E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{n(B_2 - B_1)S}{t_2 - t_1}$, C 正确;若想增加 c 、 d 之间的电势差,应增大送电线圈中电流的变化率,D 错误.

4. D 解析:根据右手定则可知 cd 中电流方向为由 c 到 d ,则 d 端电势高于 c 端电势,A 错误; cd 边产生的感应电动势的大小为 $E = BLv$,则 dc 两端电压为等效电源的路端电压,大小为 $U = \frac{E}{4R} \cdot 3R = \frac{3}{4}BLv$, B 错误; ad 边在磁场中的部分受安培力,在磁场外的部分不受安培力,C 错误;根据左手定则可知线框受到的安培力方向向左,感应电流大小为 $I = \frac{BLv}{4R}$,安培力大小为 $F_A = ILB = \frac{B^2 L^2 v}{4R}$, D 正确.

5. D 解析:在半圆形闭合线圈进入磁场的过程中,通过半圆形闭合线圈的磁通量逐渐增大,根据楞次定律可知,感应电流的方向为逆时针方向,且不变,根据“来拒去留”可知,半圆形闭合线圈所受安培力方向向左,故 A、B 错误;当闭合线圈进入磁场一半时,此时切割磁感线的有效长度最大为 a ,感应电动势

最大为 $E = Bav$, C 错误;由法拉第电磁感应定律可

得,感应电动势的平均值为 $\bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B \cdot \frac{1}{2} \pi a^2}{\frac{2a}{v}} =$

$\frac{1}{4} \pi Bav$, D 正确.

6. C 解析:根据右手定则可知,导体杆 ab 切割磁感线时, a 端电势高于 b 端, A 错误;当导体杆和圆形区域的直径重合时, ab 杆切割磁感线的有效长度 $l = 2R$, ab 杆切割磁感线产生的感应电动势最大,最大值为 $E_m = \frac{1}{2} Bl^2 \omega = 2BR^2 \omega$, B 错误;当杆旋转 $\theta = 30^\circ$ 时,由几何知识可知此时 ab 杆切割磁感线的有效长度为 R ,则 ab 杆产生的感应电动势为 $E = \frac{1}{2} BR^2 \omega$, C 正确;当杆旋转 $\theta = 120^\circ$ 时,由几何知识可知, ab 杆切割磁感线的有效长度为 $\sqrt{3}R$, ab 杆切割磁感线产生的感应电动势为 $E' = \frac{3}{2} BR^2 \omega$, 即 $U_{ab} = \frac{3}{2} BR^2 \omega$, D 错误.

7. BC 解析:回路中感应电动势的大小 $E = Blv$, l 为金属杆切割磁感线的有效长度, A 错误;回路中感应电流的大小 $I = \frac{E}{R} = \frac{Blv}{R} = \frac{Bv \sin \theta}{r}$, B 正确;金属杆所受安培力的大小 $F = BIL = B \cdot \frac{Bv \sin \theta}{r} \cdot l$, $\frac{l}{\sin \theta} = \frac{B^2 lv}{r}$, C 正确;金属杆的热功率 $P = Fv \sin \theta = \frac{B^2 lv^2 \sin \theta}{r}$, D 错误.

8. B 解析:由法拉第电磁感应定律知 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S$, 由题图乙可知, $0 \sim 3t_0$ 时间内产生的感应电动势小于 $3t_0 \sim 5t_0$ 时间内产生的感应电动势,由欧姆定律可得, $3t_0$ 时刻,金属框内的感应电流由小变大, A 错误;由题意可得,金属框的有效面积为 $S = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \cdot L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} L = \frac{\sqrt{3}}{8} L^2$, 由法拉第电磁感应定律知, $0 \sim 3t_0$ 时间内,金属框产生的感应电动势大小为 $E_1 = \frac{B_0}{3t_0} \cdot \frac{\sqrt{3}}{8} L^2 = \frac{\sqrt{3} B_0 L^2}{24 t_0}$, B 正确;同理可得, $3t_0 \sim 5t_0$ 时间内,金属框产生的感应电动势大小为 $E_2 = \frac{B_0}{2t_0} \cdot \frac{\sqrt{3}}{8} L^2 = \frac{\sqrt{3} B_0 L^2}{16 t_0}$, C 错误;由题意可得, A、E 两端的电势差始终满足 $U = \frac{1}{2} E$, D 错误.

9. (1) 1 V (2) 0.1 A 方向为 $b \rightarrow R \rightarrow a$ (3) 3.2 V

解析:(1)根据题图乙可知, $0 \sim 4.0$ s 时间内线圈中的磁感应强度均匀变化

$t_1 = 2.0$ s 时, $B_2 = 0.3$ T

则在 $t_1 = 2.0$ s 时的感应电动势 $E_1 = n \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t_1} = n \frac{(B_2 - B_0)S}{\Delta t_1} = 1$ V.

(2)在 $0 \sim 4.0$ s 时间内,根据闭合电路的欧姆定律

得,闭合回路中的感应电流 $I_1 = \frac{E_1}{R+r} = 0.1$ A

由楞次定律可判断流过电阻 R 的感应电流方向为 $b \rightarrow R \rightarrow a$.

(3)由题图乙可知,在 $4.0 \sim 6.0$ s 时间内,线圈中产生

的感应电动势 $E_2 = n \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t_2} = n \left| \frac{B_6 - B_4}{\Delta t_2} \right| S = 4$ V

根据闭合电路的欧姆定律, $t_2 = 5.0$ s 时闭合回路中

的感应电流 $I_2 = \frac{E_2}{R+r} = 0.4$ A, 方向为 $a \rightarrow R \rightarrow b$

则 $U_{ab} = I_2 R = 3.2$ V.

专题卷(七) 电磁感应中的电路和电荷量问题

针对训练

1. B 解析:根据法拉第电磁感应定律可得 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S = nkad^2$, 则 a 、 b 两点间的电压为 $U_{ab} = \frac{RE}{R+r} = \frac{Rnd^2 k}{R+r}$, 故 B 正确, A、C、D 错误.
2. BD 解析:由右手定则可知, ad 边的电流方向为 $d \rightarrow a$, 故 A 错误, B 正确;在线框以速度 v 向右运动移出磁场的过程中,只有 ad 边在切割磁感线,产生感应电动势,则线框上的感应电动势 $E = BLv$;设每边的电阻为 R ,根据闭合电路的欧姆定律得 $I = \frac{BLv}{4R}$, a 、 d 两点间的电势差的绝对值是路端电压,则 $U_{ad} = I \cdot 3R = \frac{3}{4} BLv$, 故 C 错误, D 正确.
3. BD 解析:由右手定则可知, A 错误; $E = Blv = 0.5 \times 1 \times 4$ V = 2 V, 则 $U_{ad} = \frac{R}{R+R} E = 1$ V, B 正确;由于 de 间、 cf 间电阻没有电流流过,故 $U_{cf} = U_{de} = 0$, 所以 $U_{fe} = U_{ad} = 1$ V, C 错误, D 正确.
4. D 解析:根据法拉第电磁感应定律,感应电动势 $E = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta B}{\Delta t} S = 1000 \times \frac{6-0}{1} \times 10 \times 10^{-4}$ V = 6 V, A 错误;根据闭合电路欧姆定律可知回路中产生的感应电流为 $I = \frac{E}{R+r} = 0.6$ A, B 错误;电阻 R

两端的电压 $U=IR=0.6 \times 9 \text{ V}=5.4 \text{ V}$, C 错误;根据楞次定律可知 $0 \sim 1 \text{ s}$ 内感应电流的方向为从 C 流向 A, D 正确。

5. B 解析: 由于开始时线圈平面与磁场方向垂直, 把线圈翻转 180° , 有 $\Delta\Phi=2BS$, 则通过线圈导线横截面的电荷量 $q=N \frac{\Delta\Phi}{R}=\frac{2NBS}{R}$, B 正确, A、C、D 错误。

6. AD 解析: 由题图乙分析可得, 线框在 $t=1 \text{ s}$ 时进入磁场做匀速运动, 出磁场时也做匀速运动, 则磁场宽度恰好等于线框边长 L , 设线框做匀速运动的速度为 v , 则 $I=\frac{BLv}{R}=\frac{Bv^2t}{R}$, 解得线框进入磁场时的速度 $v=2 \text{ m/s}$, 磁场的宽度为 $L=vt=2 \text{ m}$, A 正确; 线框从静止开始运动, 在 $t=1 \text{ s}$ 时以 2 m/s 的速度进入磁场, 则线框的加速度大小 $a=2 \text{ m/s}^2$, 在磁场中线框做匀速运动, 有 $F=F_{\text{安}}=BIL=BL \frac{BLv}{R}=\frac{B^2L^2v}{R}=4 \text{ N}$, $m=\frac{F}{a}=2 \text{ kg}$, B 错误; 在 $1 \sim 3 \text{ s}$ 内, 电流的大小恒定, 根据焦耳定律可得 $Q=I^2Rt=16 \text{ J}$, 因为线框做匀速运动, 故外力 F 做的功转化为内能, 即 $W_F=Q=16 \text{ J}$, C 错误; 在 $t=1.5 \text{ s}$ 时, 线框进入磁场的距离为 $x'=vt'=1 \text{ m}$, 通过线框横截面的电荷量为 $q=\bar{I}\Delta t=\frac{\Delta\Phi}{R \cdot \Delta t} \cdot \Delta t=\frac{BLx'}{R}=1 \text{ C}$, D 正确。

7. CD 解析: 根据法拉第电磁感应定律得 $E=n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=n \frac{\Delta B}{\Delta t}S=1500 \times \frac{1.0-0.2}{2.0} \times 20 \times 10^{-4} \text{ V}=1.2 \text{ V}$, A 错误; 根据闭合电路的欧姆定律得 $I=\frac{E}{R_1+R_2+r}=\frac{1.2}{4.0+5.0+1.0} \text{ A}=0.12 \text{ A}$, 根据 $P=I^2R$ 得 R_1 的电功率 $P_1=0.12^2 \times 4.0 \text{ W}=5.76 \times 10^{-2} \text{ W}$, B 错误; 根据楞次定律, 螺线管感应电流沿逆时针方向(俯视), 即等效电源为上负下正, 所以电路中电流稳定后电容器下极板带正电, C 正确; S 断开后, 流经 R_2 的电荷量即为 S 闭合时电容器所带电荷量 Q , 电容器两端的电压等于 R_2 两端电压, 故 $U=IR_2=0.6 \text{ V}$, 则流经 R_2 的电荷量 $Q=CU=1.8 \times 10^{-5} \text{ C}$, D 正确。

8. D 解析: ab 棒切割磁感线产生感应电动势, 根据右手定则可知, 感应电动势方向由 a 到 b , 即 a 端为低电势, b 端为高电势, 则电容器 c 极板带正电, d 极板带负电, A 错误; ab 棒切割磁感线产生的感应电动势为 $E=BL_{ab}v=B\omega r \times \frac{r+2r}{2}=\frac{3}{2}B\omega r^2$, 电容器 cd 间的电压等于电动势, 所以 cd 间的电压不

变, 故 B、C 错误; 根据电容器电荷量的计算公式 $Q=CU$ 以及 $U=E$ 得, $Q=CE=\frac{3}{2}CB\omega r^2$, D 正确。

9. (1) $A \rightarrow R \rightarrow B$ (2) 4.71 V (3) 1.57 C

解析: (1) 线圈内磁感应强度方向向里且增大, 根据楞次定律判断可知通过电阻 R 的电流方向为 $A \rightarrow R \rightarrow B$ 。

(2) 根据法拉第电磁感应定律得

$$E=n \frac{\Delta B}{\Delta t}S=n \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \pi \left(\frac{d_2}{2}\right)^2=2\pi \text{ V}$$

$$\text{感应电流大小为 } I=\frac{E}{R+r}=\frac{2\pi}{6+2} \text{ A}=\frac{\pi}{4} \text{ A}$$

故电压表的示数为 $U=IR \approx 4.71 \text{ V}$ 。

(3) 根据法拉第电磁感应定律得, 平均感应电动势为 $\bar{E}=n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$$\text{平均感应电流为 } \bar{I}=\frac{\bar{E}}{R+r}$$

$$\text{则通过电阻 } R \text{ 的电荷量为 } q=\bar{I}\Delta t=n \frac{\Delta\Phi}{R+r}$$

$$\Delta\Phi=B' \cdot \pi \left(\frac{d_1}{2}\right)^2$$

代入数据解得 $q \approx 1.57 \text{ C}$ 。

专题卷(八) 电磁感应中的图像问题

针对训练

1. D 解析: 线框刚开始进入磁场时, 根据右手定则可知, 电流方向为逆时针, 当开始出磁场时, 回路中磁通量减小, 产生的感应电流方向为顺时针; 不论进入磁场, 还是出磁场时, 由于切割的有效长度变小, 产生的感应电流变小, 故 A、B、C 错误, D 正确。
2. D 解析: 由题图乙可知, $0 \sim t_1$ 时间内, 线框中电流的大小与方向都不变, 根据法拉第电磁感应定律可知, 线框中磁通量的变化率不变, 故 $0 \sim t_1$ 时间内磁感应强度与时间的关系图线是一条倾斜的直线, A、B 错误; 又由于 $0 \sim t_1$ 时间内电流的方向为正, 即沿 $abcda$ 方向, 由楞次定律可知, 电路中感应电流的磁场方向垂直纸面向里, 故 $0 \sim t_1$ 时间内原磁场垂直纸面向里减小或垂直纸面向外增大, 故 C 错误, D 正确。

3. AC

4. B 解析: 线框进入磁场时, 若重力与安培力平衡, 则线框做匀速直线运动, 线框完全进入磁场到即将离开磁场的过程中, 穿过线框的磁通量不变, 线框中无感应电流, 线框做匀加速运动, 故线框出磁场的速度大于进入磁场的速度, 由牛顿第二定律得 $\frac{B^2L^2v}{R}-mg=ma$, 线框所受合力方向向上, 做加速

度减小的减速运动,故 A 错误,B 正确;若线框进入磁场时重力大于安培力,则线框做加速运动,则由牛顿第二定律得 $mg - \frac{B^2 L^2 v}{R} = ma$,线框所受合力方向向下,做加速度减小的加速运动,C 错误;若线框进入磁场时重力小于安培力,则线框做减速运动,由牛顿第二定律得 $\frac{B^2 L^2 v}{R} - mg = ma$,线框所受合力方向向上,做加速度减小的减速运动,完全进入磁场后做匀加速运动,由 D 图可知,线框出磁场时的速度大于进入磁场时的速度,线框所受合力方向向上,做加速度减小的减速运动,D 错误。

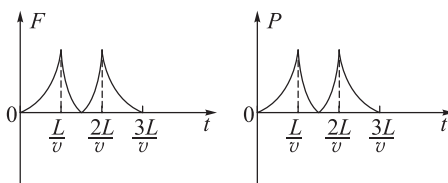
5. B 解析:分三个阶段研究,线框进磁场过程中(ab 边切割磁感线)、线框整体在磁场中运动、线框出磁场过程中(cd 边切割磁感线). ab 边切割磁感线时, x 在 $0 \sim L$ 范围,由楞次定律可知,线框中的感应电流方向是逆时针, ab 相当于电源, a 点的电势高于 b 点的电势, $U_{ab} > 0$,感应电动势 $E = BLv = 1 \times 0.1 \times 4 \text{ V} = 0.4 \text{ V}$, U_{ab} 是外电压,则有 $U_{ab} = \frac{3}{4} E = 0.3 \text{ V}$;线框全部在磁场中运动时, x 在 $L \sim 2L$ 范围,穿过线框的磁通量不变,没有感应电流产生, ab 边两端电势差等于 ab 边切割磁感线产生的感应电动势, $U_{ab} = E = 0.4 \text{ V}$; dc 边切割磁感线时, x 在 $2L \sim 3L$ 范围,由楞次定律可知线框中的感应电流方向是顺时针, dc 相当于电源, a 点的电势高于 b 点的电势, $U_{ab} > 0$,感应电动势 $E = BLv = 1 \times 0.1 \times 4 \text{ V} = 0.4 \text{ V}$, $U_{ab} = \frac{1}{4} E = 0.1 \text{ V}$,故 A、C、D 错误,B 正确。

6. D 解析:设题图乙中的 $B-t$ 图像斜率大小为 k , $k = \frac{\Delta B}{\Delta t}$,则线框的感应电动势 $E = S \frac{\Delta B}{\Delta t} = Sk$,感应电流 $I = \frac{E}{R} = \frac{Sk}{R}$, ad 边受到的安培力 $F_{\text{安}} = BIL = B \frac{Sk}{R} L_{ad}$, $0 \sim 1 \text{ s}$ 内,随着磁感应强度逐渐减小,安培力逐渐减小,A、B 错误; $0 \sim 1 \text{ s}$ 内,线框磁通量减小,根据楞次定律“增缩减扩”,线框有扩张趋势,即 ad 边受到的安培力水平向左,为正方向,大小逐渐减小; $1 \sim 2 \text{ s}$ 内,线框磁通量增大,线框有缩小趋势,即 ad 边受到的安培力水平向右,为负方向,大小逐渐增大; $2 \sim 4 \text{ s}$ 内 ad 边所受安培力的大小及方向,先逐渐减小,后逐渐增大,先水平向左,后水平向右,故 C 错误,D 正确。

7. D 解析:设 bc 与 ba 间的夹角为 θ ,金属棒的运动时间为 t ,则金属棒运动距离为 $x = vt$,由几何关系可知,切割磁感线的有效长度为 $L = vt \tan \theta$,感应电

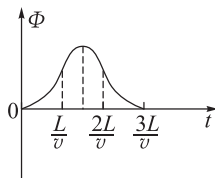
动势为 $E = BLv = Bv^2 t \tan \theta$,由题意可知,电容器两端的电压等于感应电动势,则电容器极板上的电荷量为 $q = CE = CBv^2 t \tan \theta$,B 错误;由 B 项分析可知, $0 \sim t$ 时间内电容器极板上电荷量的变化量为 $\Delta q = CBv^2 \Delta t \cdot \tan \theta$,回路中的电流为 $i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = CBv^2 \tan \theta$,A 错误;根据题意,由公式 $F_{\text{安}} = BIL$ 可知,外力 $F = F_{\text{安}} = BIL = CB^2 v^3 t \tan^2 \theta$,C 错误;根据公式 $P = Fv$ 可得,外力的功率为 $P = CB^2 v^4 t \tan^2 \theta$,D 正确。

8. D 解析:根据题意,有 $I = \frac{E}{R} = \frac{BL_{\text{效}} v}{R}$,当 $0 < t \leq \frac{L}{v}$ 时, $L_{\text{效}} = vt \cdot \tan 60^\circ$;当 $\frac{L}{v} < t \leq \frac{2L}{v}$ 时, $L_{\text{效}} = |3L - 2vt| \tan 60^\circ$;当 $\frac{2L}{v} < t \leq \frac{3L}{v}$ 时, $L_{\text{效}} = (3L - vt) \cdot \tan 60^\circ$,从有效长度上可以看出,当 $\frac{L}{v} < t \leq \frac{2L}{v}$ 时,图线的斜率绝对值应该是 $0 < t \leq \frac{L}{v}$ 和 $\frac{2L}{v} < t \leq \frac{3L}{v}$ 时图线斜率绝对值的 2 倍,A 错误;线框受到的安培力 $F = \frac{B^2 L_{\text{效}}^2 v}{R}$,可知 $F-t$ 图像如图甲所示,B 错误;由公式 $P = EI = \frac{B^2 L_{\text{效}}^2 v^2}{R}$,可知 $P-t$ 图像如图乙所示,C 错误;由公式 $\Phi = BS$ 可知, $\Phi = B \cdot \frac{1}{2} v^2 t^2 \tan 60^\circ (0 < t \leq \frac{L}{v})$, $\Phi = B (-v^2 t^2 + 3vLt - \frac{3L^2}{2}) \tan 60^\circ (\frac{L}{v} < t \leq \frac{3L}{2v})$,结合对称性可知, $\Phi-t$ 图像如图丙所示,D 正确。



甲

乙



丙

专题卷(九) 电磁感应中的动力学问题

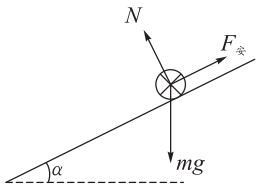
针对训练

1. B 解析:金属棒 ab 以一定的初速度 v 开始向右运

动,根据右手定则可知,棒 ab 中的感应电流方向由 b 到 a ,B 正确;根据左手定则可知棒 ab 所受的安培力方向水平向左,C 错误;棒 ab 所受的安培力方向水平向左,与运动方向相反,则棒做减速运动,速度 v 减小,根据 $E=BLv$ 可知感应电动势减小,感应电流减小,再根据安培力公式 $F=BIL$ 知安培力减小,所以棒做加速度减小的减速运动,A 错误;由于感应电流减小,灯泡 A 逐渐变暗,D 错误。

2. B 解析:线圈进入磁场前和全部进入磁场后,都仅受重力,所以加速度 $a_1=a_3=g$ 。线圈在题图中 2 位置时,受到重力和向上的安培力,且已知 $F_{安2}<mg$,所以 $a_2=\frac{mg-F_{安2}}{m}<g$ 。而由于线圈完全在磁场中时做加速度为 g 的加速运动,故 4 位置时的速度大于 2 位置时的速度,根据 $F_{安}=\frac{B^2L^2v}{R}$ 及 $a=\frac{mg-F_{安}}{m}$ 可得 $a_4<a_2$,故线圈在 1、2、3、4 位置时的加速度关系为: $a_1=a_3>a_2>a_4$,B 正确,A、C、D 错误。

3. BCD 解析:金属杆由静止开始下滑的过程中,其受力情况如图所示,其中 $F_{安}=ILB=\frac{B^2l^2v}{R}$,根据牛顿第二定律得 $mg\sin\alpha-\frac{B^2l^2v}{R}=ma$,所以金属杆由静止开始做加速度逐渐减小的加速运动,当 $a=0$ 时达到最大速度 v_m ,即 $mg\sin\alpha=\frac{B^2l^2v_m}{R}$,可得 $v_m=\frac{mgR\sin\alpha}{B^2l^2}$,由此式知,B、C、D 正确,A 错误。



4. C 解析:线框进入磁场时,根据楞次定律知,感应电流的方向为逆时针,线框离开磁场时,根据楞次定律知,感应电流的方向为顺时针,A 错误;线框进入和离开磁场时,由“来拒去留”知,线框所受的安培力方向均竖直向上,B 错误; cd 边进入磁场时的速度为 v_0 , ab 边离开磁场时的速度也为 v_0 ,从 cd 边进入磁场到 ab 边离开磁场的过程中,设安培力做功为 W ,对线框由动能定理得 $W+mg(L+l)=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_0^2$,解得 $W=-mg(L+l)$,C 正确;由于 $l<L$,线框完全进入磁场后穿过线框的磁通量不变,线框中没有感应电流,线框只受重力作用,不受安培力作用,向下做匀加速直线运动, cd 边进入磁

场时的速度和 ab 边离开磁场时的速度相等,都是 v_0 ,线框速度为 v_0 时线框受到的安培力为 $F=BIL=\frac{B^2L^2v_0}{R}$,假设线框先做加速运动后做减速运动,则线框进入磁场过程做加速运动,此时 $F<mg$,线框出磁场时做减速运动,此时 $F>mg$,矛盾,假设错误,因此线框从 cd 边进入磁场到 ab 边离开磁场的过程中,不可能先做加速运动后做减速运动,D 错误。

5. BD 解析:金属棒 AB 向左运动切割磁感线,由右手定则知,回路中产生逆时针方向的感应电流,由左手定则可知,金属棒 AB 受到的安培力水平向右,金属棒 CD 受到的安培力水平向左,做加速运动,切割磁感线,产生顺时针方向的感应电流,两金属棒产生的感应电流方向相反,设回路总电阻为 R ,可得 $I=\frac{BLv_1-BLv_2}{R}=\frac{BL(v_1-v_2)}{R}$,由于刚开始金属棒 AB 的速度 v_1 较大,故回路总电流沿逆时针方向,对金属棒 AB 由牛顿第二定律得 $F-BIL=m_{AB}a_1$,对金属棒 CD 由牛顿第二定律得 $BIL=m_{CD}a_2$,随着两金属棒的加速,速度差逐渐增大到某一值后保持不变,故金属棒 AB 先做加速度减小的加速运动,之后做匀加速直线运动,金属棒 CD 的加速度先增大后保持不变,故 B、D 正确,A、C 错误。

6. (1)见解析 (2)0.5 m/s

解析:(1)闭合开关 S 之前,导体 ab 自由下落的末速度为 $v_0=gt=4$ m/s

开关 S 闭合瞬间,导体 ab 产生感应电动势,回路中产生感应电流,导体 ab 立即受到一个竖直向上的安培力

$$F_{安}=BIL=\frac{B^2L^2v_0}{R}=0.016\text{ N}>mg=0.002\text{ N}$$

此时导体 ab 受到的合力方向竖直向上,与初速度方向相反,加速度的表达式为

$$a=\frac{F_{安}-mg}{m}=\frac{B^2L^2v}{mR}-g$$

所以导体 ab 竖直向下做加速度逐渐减小的减速运动,当 $F_{安}=mg$ 时,导体 ab 竖直向下做匀速运动。

(2)设导体 ab 匀速下落的速度为 v_m ,此时 $F_{安}=mg$ 即 $\frac{B^2L^2v_m}{R}=mg$, $v_m=\frac{mgR}{B^2L^2}=0.5$ m/s。

7. (1) $\frac{2rmgs\sin\theta}{B^2l^2}$ (2)自上向下看沿逆时针方向

$$\frac{4rmgs\sin\theta}{B^2l^3}$$

解析:(1)金属棒 OA 固定时,金属棒 CD 切割磁感

线相当于电源,金属棒 CD 达到最大速度后做匀速运动,根据平衡条件有 $mg\sin\theta = F_m$
根据法拉第电磁感应定律有 $E_1 = Blv_m$

由闭合电路的欧姆定律有 $I_1 = \frac{E_1}{2r}$

电流方向从 C 到 D ,金属棒 CD 受到的安培力沿斜面向上,有 $F_m = BI_1 l$

联立解得 $v_m = \frac{2rmg\sin\theta}{B^2 l^2}$.

(2)要使金属棒 CD 静止,必须使金属棒 CD 受到的安培力沿斜面向上,由左手定则和右手定则可知,金属棒 OA 应该沿逆时针方向转动(自上向下看).当金属棒 OA 以角速度 ω 转动时,产生感应电动势

$$E_2 = \frac{1}{2} Bl^2 \omega$$

由平衡条件有 $mg\sin\theta = F_{安}'$

$$I_2 = \frac{E_2}{2r}, F_{安}' = BI_2 l$$

联立解得 $\omega = \frac{4rmg\sin\theta}{B^2 l^3}$.

$$8. (1) \frac{F}{4g\sin\alpha} \quad (2) \frac{3RF}{4B^2 L^2} - \frac{\mu FR}{4B^2 L^2 \tan\alpha}$$

解析: (1)设金属杆的质量为 m ,匀速运动的速度为 v ,金属杆速度为 v 时回路中电流为 I .当金属杆受到平行于斜面向上、大小为 F 的恒定拉力作用匀速向上运动时,根据共点力的平衡条件可得 $F = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha + BIL$

当金属杆受到平行于斜面向下、大小为 $\frac{F}{2}$ 的恒定拉力作用匀速向下运动时,根据共点力的平衡条件可得 $\frac{F}{2} + mg\sin\alpha = \mu mg\cos\alpha + BIL$

联立解得 $m = \frac{F}{4g\sin\alpha}$.

(2)根据法拉第电磁感应定律和欧姆定律可得 $I = \frac{BLv}{R}$,再根据第(1)问可得金属杆在匀强磁场中运动的速度大小为 $v = \frac{3RF}{4B^2 L^2} - \frac{\mu FR}{4B^2 L^2 \tan\alpha}$.

$$9. (1) 30^\circ \quad 0.5 \text{ m} \quad (2) 0.5 \text{ T} \quad (3) 0.75 \text{ N}$$

解析: (1)由题图乙可知, x 从 0 到 1.6 m 过程中,金属框做匀加速运动,且金属框刚进入磁场时, $v_1^2 = 16 \text{ m}^2/\text{s}^2$,则有 $v_1 = 4 \text{ m/s}$

根据 $v_1^2 = 2a_1 x_1$,解得加速度 $a_1 = 5 \text{ m/s}^2$

根据牛顿第二定律有 $mg\sin\theta = ma_1$

解得 $\sin\theta = \frac{a_1}{g} = \frac{1}{2}$,可得 $\theta = 30^\circ$

金属框下边进入磁场到上边出磁场,金属框做匀速运动,有 $\Delta x = 2L = 2d = 2.6 \text{ m} - 1.6 \text{ m} = 1 \text{ m}$,解得

$$d = 0.5 \text{ m}.$$

(2)金属框匀速通过磁场,处于受力平衡状态,由平衡条件得 $B \frac{BLv_1}{R} L = mg\sin\theta$,解得 $B = 0.5 \text{ T}$.

(3)设恒力作用时,金属框上边进入磁场时的速度为 v ,根据动能定理得 $Fx_3 - mgx_3 \sin\theta = \frac{1}{2}mv'^2$

金属框穿过磁场时,有 $F = mg\sin\theta + \frac{B^2 L^2 v'}{R}$

由题图乙可知 $x_3 = 0.8 \text{ m}$,联立解得 $F = 0.75 \text{ N}$.

专题卷(十) 电磁感应中的能量和动量问题

针对训练

1. BC **解析:**金属杆从轨道底端滑至轨道某一高度到又返回到出发点的过程中,由于电阻 R 上产生热量,故金属杆的机械能减小,即返回到底端时速度小于 v_0 ,A 错误;金属杆上滑到最高点的过程中,动能转化为重力势能和电阻 R 上产生的热量(即克服安培力所做的功),B、C 正确;金属杆两次通过轨道上同一位置时的速度大小不同,电路中的电流不同,故电阻的热功率不同,D 错误.

2. C **解析:**当 b 棒先向下运动时,在 a 棒和 b 棒以及导轨所组成的闭合回路中产生感应电流,于是 a 棒受到向下的安培力, b 棒受到向上的安培力,且二者大小相等,释放 a 棒后,经过时间 t ,分别以 a 棒和 b 棒为研究对象,根据动量定理,则有 $(mg + F)t = mv_a$, $(mg - F)t = mv_b - mv_0$,联立解得 $v_b = 18 \text{ m/s}$,故 C 正确,A、B、D 错误.

3. BD **解析:**由功能关系可得,克服安培力做的功等于电路中产生的电能,即 $W_{克安} = W_{电}$,A 错误,B 正确;根据动能定理可知,恒力 F 、安培力与摩擦力的合力做的功等于 ab 棒获得的动能,即 $W_F - W_f - W_{安} = E_k$,则恒力 F 和摩擦力的合力做的功等于电路中产生的电能和 ab 棒获得的动能之和,C 错误,D 正确.

4. AC **解析:**释放瞬间,金属棒只受重力作用,所以其加速度等于重力加速度,A 正确;金属棒向下切割磁感线,由右手定则可知,流过电阻的电流方向为 $b \rightarrow a$,B 错误;当金属棒的速度为 v 时,感应电流 $I = \frac{BLv}{R}$,则安培力 $F = BIL = \frac{B^2 L^2 v}{R}$,C 正确;由能量守恒定律可知,最终稳定后,重力势能的减少量等于轻弹簧弹性势能的增加量与电阻上产生的总热量之和,D 错误.

5. BC **解析:**两棒与导轨组成闭合回路,电流相同,故

两棒所受安培力的合力为零,动量守恒,故任何一段时间内,导体棒 b 动量改变量跟导体棒 a 动量改变量总是大小相等、方向相反,根据能量守恒定律可知, a 动能的减少量等于 b 动能增加量与整体产生的热量之和,A 错误,B 正确;两导体棒动量守恒,最终共速,以 a 棒初速度方向为正方向,由动量守恒定律得 $2mv_0 = (2m+m)v$,对 b 棒,根据动量定理得 $mv-0 = B\bar{I}l t = Blq$,联立解得 $q = \frac{2mv_0}{3Bl}$,C 正确;两导体棒共速后,回路中没有电流,根据能量守恒定律可知,两棒产生的总焦耳热为 $Q = \frac{1}{2} \times 2mv_0^2 - \frac{1}{2}(2m+m)v^2 = \frac{mv_0^2}{3}$,两导体棒电阻相等,产生的热量相等,所以导体棒 a 产生的焦耳热为 $Q_a = \frac{Q}{2} = \frac{mv_0^2}{6}$,D 错误.

6. (1)0.8 V (2)0.8 N (3)0.32 J

解析:(1)感应电动势 $E = Blv$

代入数据得 $E = 0.8 \text{ V}$.

(2)感应电流 $I = \frac{E}{R}$

拉力的大小等于安培力的大小,有 $F = IlB$

解得 $F = \frac{B^2 l^2 v}{R}$

代入数据解得 $F = 0.8 \text{ N}$.

(3)运动时间 $t = \frac{2l}{v}$

焦耳定律 $Q = I^2 Rt$

解得 $Q = \frac{2B^2 l^3 v}{R}$

代入数据解得 $Q = 0.32 \text{ J}$.

7. (1) $\sqrt{2gh}$ (2) $\frac{\sqrt{2gh}}{5}$ $\frac{2\sqrt{2gh}}{5}$

解析:(1)设 P 棒滑至水平轨道瞬间的速度大小为 v ,对于 P 棒,由动能定理得 $Mgh = \frac{1}{2}Mv^2$

解得 $v = \sqrt{2gh}$.

(2)当 P 棒进入水平轨道后,切割磁感线产生感应电动势, P 棒受到安培力作用而减速, Q 棒受到安培力作用而加速, Q 棒运动后也将产生感应电动势,与 P 棒的感应电动势反向,因此回路中的电流将减小,最终两棒匀速运动时,回路中的电流为零.所以最终 $E_P = E_Q$,即 $2BLv_P = BLv_Q$

解得 $2v_P = v_Q$

因为当 P 、 Q 在水平轨道上运动时,它们受到的合力并不为零,有 $F_P = 2BIL$, $F_Q = BIL$ (I 为回路中的电流),因此 P 、 Q 组成的系统动量不守恒

设 P 棒从进入水平轨道开始到速度稳定所用的时间为 Δt ,由动量定理得

$$-F_P \Delta t = -2BIL \Delta t = mv_P - mv$$

$$F_Q \Delta t = BIL \Delta t = mv_Q - 0$$

$$\text{联立解得 } v_P = \frac{\sqrt{2gh}}{5}, v_Q = \frac{2\sqrt{2gh}}{5}.$$

8. (1)2 m/s (2)1 m (3) $4 \times 10^{-3} \text{ J}$

解析:(1)设线圈刚进入磁场时的速度为 v ,对线圈受力分析,得 $F_{安} + \mu mg \cos \theta = mg \sin \theta$

而 $F_{安} = BId$, $I = \frac{E}{R}$, $E = Bdv$

联立解得 $v = 2 \text{ m/s}$.

(2)设线圈释放时 PQ 边到 bb' 的距离为 L ,根据动能定理得 $mgL \sin \theta - \mu mgL \cos \theta = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

解得 $L = 1 \text{ m}$.

(3)由于线圈刚好匀速穿过整个磁场区域,则磁场宽度等于线圈边长 d ,则从线圈刚进入磁场到离开磁场,经过的路程为 $2d$,有 $Q = F_{安} \cdot 2d = 4 \times 10^{-3} \text{ J}$.

9. (1)3.2 J (2)4 m/s

解析:(1)设 $t = 1.6 \text{ s}$ 时,金属棒 ab 沿倾斜导轨向上运动的距离为 x ,由题意有 $\bar{E} = \frac{B_1 Lx}{t}$

根据闭合电路欧姆定律有 $\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R}$

在这段时间内,对金属棒由动量定理可得

$$I_T - mgt \sin \theta - B_1 \bar{I} l t = mv$$

对重物,由动量定理可得 $Mgt - I_T = Mv$

联立可得 $x = 1.8 \text{ m}$

对此过程,根据能量守恒定律,有

$$Q = Mgx - mgx \sin \theta - \frac{1}{2}(M+m)v^2$$

代入数据解得 $Q = 3.2 \text{ J}$.

(2)只闭合 S_2 ,电容器与 ab 棒构成回路,在倾斜导轨上时,根据电流的定义式有 $I'_1 = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

电容的公式 $C = \frac{\Delta Q}{B_1 L \Delta v}$,结合 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

整理可得 $I'_1 = B_1 LCa$

根据牛顿第二定律有 $Mg - T = Ma$

$$T - mgsin \theta - B_1 L I'_1 = ma$$

联立解得 $a = 1 \text{ m/s}^2$

由运动学公式得 $v_1^2 = 2aL_1$

代入数据解得 $v_1 = 3 \text{ m/s}$

进入水平导轨时,有 $U'_{ab} = B_2 L v_1 < U_{ab} = B_1 L v_1$

此时金属棒 ab 两端电压小于电容器两端电压,电

容器开始放电,直到电容器两端电压等于 ab 两端电压,此后金属棒 ab 匀速运动

根据动量定理得

$$B_2 I_2 L \Delta t' = B_2 L \Delta Q' = mv_t - mv_1$$

$$\Delta Q' = C \cdot \Delta U' = C \cdot (B_1 L v_1 - B_2 L v_t)$$

解得 $v_t = 4 \text{ m/s}$.

小测试(七) 涡流 电磁阻尼 电磁驱动

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)✓ (4)✓ (5)×

针对训练

1. CD 解析:安检门利用涡流探测金属物品的工作原理是:线圈中的交变电流产生交变磁场,使金属物品中产生涡流,该涡流产生的磁场又会在线圈中产生感应电流,而线圈中交变电流的变化可以被检测到,故 C、D 正确, A、B 错误.
2. BD 解析:电磁炉接交流电,其锅体中的涡流是由变化的磁场产生的,故 A 错误, B 正确;电磁炉的加热效果与磁场的强弱无关,只与磁场的变化快慢有关,根据发热原理可知,提高磁场变化的频率,可增强涡流,提高电磁炉的加热效果,故 C 错误, D 正确.
3. BD 解析:为产生涡流,线圈所连接的电源必须是交流电源,故 A 错误, B 正确;能被探测的物件必须是导电材料,否则不会产生涡流, C 错误;增大检测线圈中交流电的频率,穿过检测线圈的磁通量变化率变大,产生的感应电动势变大,则电流变大, D 正确.
4. BD 解析:因为金属探测器中通的是大小与方向快速变化的电流,以致产生高速变化的磁场,故即使探测器静止在待检测物体的上方,待检测物体中依然有感应电流产生,故 A 错误, B 正确;因为塑料制品近乎绝缘体,导电性能极差,所以监测区域中并非没有磁通量变化,而是因为塑料制品内部没有或含有极少可自由移动的带电粒子,而使得待检测物体中无感应电流或电流太小不能引起报警,故 C 错误, D 正确.
5. B 解析:铝框做骨架,当线圈在磁场中转动时,导致通过铝框的磁通量变化,从而产生感应电流,出现安培阻力,使其很快停止摆动,利用了电磁阻尼原理,故 A 错误, B 正确;塑料做骨架因不能导电则起不到电磁阻尼的作用, C 错误;在运输时要把正、负接线柱用导线连在一起,是为了接通回路,能在铝框中产生电磁阻尼作用,而不是增强, D 错误.

6. BC 解析:磁体水平穿入螺线管时,管中将产生感应电流,由楞次定律知该电流产生的磁场阻碍磁体的运动.同理,磁体穿出时该电流产生的磁场也阻碍磁体的运动,故整个过程中,磁体做减速运动, A 错误, B 正确;而对于小车上的螺线管来说,在此过程中,螺线管受到的安培力都是水平向右,这个安培力使小车向右一直做加速运动,故 C 正确, D 错误.

7. C 解析:太空单车的轮子应为导体,轮子(导体)在磁场中做切割磁感线的运动,会产生感应电动势和感应电流,根据楞次定律可知,磁场会对轮子产生阻力,以阻碍轮子与磁场之间的相对运动,所以轮子受到的阻力主要来源于磁铁对它的安培力,安培力 $F = BIL$,材料的电阻率会影响感应电流的大小,就会影响安培力的大小,故 A 错误, C 正确;轮子在磁场中做切割磁感线的运动,必须是导体材料才会产生感应电动势和感应电流,因此不能用绝缘材料替换, B 错误;磁铁与轮子间距离越小时磁铁越靠近飞轮,飞轮所在位置的磁感应强度越强,所以在飞轮转速一定时,磁铁越靠近飞轮,飞轮产生的感应电动势和感应电流越大,飞轮受到的阻力越大, D 错误.

8. D 解析:车速越高,转子转速越大,感应电压的周期越小, A 错误;车速越高,磁通量的变化越快,感应电压的峰值越大, B 错误;车轮转动时感应转子中各部分的磁通量不断发生变化,会产生涡流, C 错误;转子被磁化后凸齿为 S 极,凸齿靠近线圈的过程中,线圈中向左的磁通量增加,由楞次定律可知线圈中产生逆时针方向(从右侧看)的感应电流,即从 B 端流入 ECU, D 正确.

9. C 解析:由题意可知,穿过铝盘甲区域中的磁通量增大,由楞次定律知,甲区域感应电流的磁场方向垂直铝盘向外, A 错误;穿过铝盘乙区域中的磁通量减小,由楞次定律知,乙区域感应电流的磁场方向垂直铝盘向里, B 错误;由“来拒去留”可知,磁铁与感应电流之间有相互阻碍的作用力,会使铝盘减速, C 正确;若将实心铝盘换成布满小空洞的铝盘,会导致涡流产生的磁场减弱,则磁铁对空洞铝盘的作用力小于对实心铝盘的作用力, D 错误.

小测试(八) 自感

预习自评

1. (1)× (2)× (3)✓ (4)× (5)×

针对训练

1. D 解析:当线圈中通恒定电流时,线圈中没有自感

现象,不产生自感电动势,但是线圈自感系数不为零,A 错误;线圈中电流变化越快,产生的自感电动势越大,线圈的自感系数与电流变化快慢无关,B 错误;根据楞次定律,当线圈中电流增大时,自感电动势阻碍电流增大,自感电动势方向与原电流方向相反.当线圈中电流减小时,自感电动势阻碍电流减小,自感电动势方向与原电流方向相同,C 错误;对于确定的线圈,自感系数 L 一定,其产生的自感电动势与其电流变化率 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ 成正比,D 正确.

2. D 解析:闭合 S 后待电路稳定前, L 产生自感电动势阻碍通过它的电流增大,所以 B 比 A 先达到稳定发光状态,故 A、B 错误;断开 S 后,开始的一段时间内, L 产生自感电动势阻碍通过它的电流减小,由于此时 A、B 和 L 在同一回路中,所以 A 灯和 B 灯均逐渐熄灭,故 C 错误,D 正确.

3. C 解析:开关 S 闭合时,由于 L 的阻碍作用,电流从两灯中流过,故两灯同时亮,此后,有电流流过 L ,且流过 L 的电流逐渐增大,流过 A 的电流逐渐减小,电路稳定后,灯泡 A 被短路而熄灭,B 灯比原来更亮且最后亮度保持不变,故 C 正确,A、B 错误;开关 S 断开瞬间,B 中电流消失,故立即熄灭,由于电感线圈中产生自感电动势,且 L 和 A 构成回路,所以 A 闪亮一下后逐渐熄灭,D 错误.

4. D 解析:开始 S_2 断开、 S_1 闭合,电路稳定时两灯的亮度相同,且已知 A_1 、 A_2 是完全相同的灯泡,电阻均为 R ,故线圈的直流电阻为 R . S_1 、 S_2 都闭合且电路稳定时,流过 L 、 A_1 、 A_2 、定值电阻的电流都相同.此时断开 S_1 ,线圈 L 和灯泡 A_1 、开关 S_2 组成回路,由于线圈 L 的自感作用,产生自感电动势,回路中的电流从原来电流大小逐渐减小,灯泡 A_1 从原来亮度逐渐变暗,流过 A_1 的电流从右向左,而灯泡 A_2 立即熄灭.综上可知,A、B、C 错误,D 正确.

5. C 解析:断开开关 S_1 瞬间,线圈 L_1 产生自感电动势,阻碍电流的减小,通过 L_1 的电流反向通过 A_1 ,灯 A_1 突然闪亮,随后逐渐变暗,说明 $I_{L1} > I_{A1}$,即 $R_{L1} < R_{A1}$,A 错误;闭合 S_1 ,电路稳定后,因为 $R_{L1} < R_{A1}$,所以 A_1 中电流小于 L_1 中电流,B 错误;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,说明变阻器 R 与 L_2 的电阻值相同,C 正确;闭合 S_2 瞬间,通过 L_2 的电流增大,由于电磁感应,线圈 L_2 产生自感电动势,阻碍电流的增大,则 L_2 中电流与变阻器 R 中电流不相等,D 错误.

6. C 解析:开关闭合瞬间,线圈中的电流为零,之后

逐渐增大,最后保持不变,A 错误;开关断开瞬间,灯泡中电流大小变为 I_2 ,方向与原来的相反,B 错误;开关断开瞬间,灯泡与线圈串联,灯泡与线圈中的电流大小相同,C 正确;由题意可知, $I_2 > I_1$,即断开开关瞬间,线圈产生的感应电流更大,所以在电路稳定时,流过线圈的电流大于流过灯泡的电流,线圈电阻小于灯泡电阻,D 错误.

7. BC 解析:闭合开关 S 后,通过 D_1 、 D_2 和 D_3 的电流方向都是由上向下, D_1 中电流逐渐增大至稳定,且 D_1 中稳定电流为 D_2 、 D_3 中稳定电流的 2 倍,断开开关 S 后,由于自感现象,通过 D_1 的电流方向不变,电流逐渐减为 0,故 A 错误,B 正确;开关断开后, D_2 和 D_3 中电流方向与原方向相反,大小由 D_1 中的稳定电流值逐渐减为 0,故 C 正确,D 错误.

8. B 解析:S 刚闭合时,线圈中产生自感现象,此时线圈可看成一个很大的电阻,故 N 不亮,由于 C 是电容很大的电容器,故容抗很小,在闭合瞬间,电流从电容器经过,将 P 短路,故 P 不亮,M 亮,A 错误,B 正确;S 闭合足够长时间后,电路稳定后自感现象消失,因为线圈的直流电阻为零,故此时线圈可看成一根导线,M、N 一样亮,电容器相当于断路,故电流经过 P,P 会较亮,C 错误;S 闭合时,电容器 C 充电,S 闭合一段时间后,C 中无电流,相当于断路,S 再断开,由于自感现象,此时线圈可看成新的电源,M、N 一起缓慢熄灭,电容器将放电,故 P 也将逐渐熄灭,D 错误.

9. B 解析:断开开关瞬间,通过线圈从左向右的电流减小,线圈的自感阻碍原电流的减小,所以线圈中从左向右的电流逐渐减小.而断开开关前,电路稳定时通过线圈的电流大于通过 A 灯的电流,所以断开开关瞬间,通过 A 灯的电流由 d 到 c 且大于通过 A 灯的原电流,所以 A 灯突然闪亮一下再熄灭, d 点电势比 c 点高,故 A 错误,B 正确;开关闭合后,电容器两端电压为路端电压,开关断开后,电容器继续充电,两端电压要达到电动势的大小,所以电容器两端电压增大,电容器充电瞬间 B 灯中有电流流过,所以 B 灯可能亮一下后熄灭,故 C、D 错误.

10. D 解析:镇流器在启动时,利用线圈的自感产生瞬时高压,在正常工作时起降压限流作用,使电流稳定在灯管的额定电流范围内,灯管两端的电压也稳定在额定电压范围内;灯管正常发光后,电流不再流过启动器,所以并联在灯管两端的启动器也就不再起作用了,故日光灯正常发光后取下启动器,日光灯仍能正常工作,故 A、B、C 正确,D 错误.

小测试(九) 交变电流

预习自评

1. (1)× (2)× (3)✓ (4)✓ (5)✓

2. B 解析:把发电机转子的转速减小一半,则根据 $\omega = 2\pi n$ 可知角速度 ω 变为 $\frac{1}{2}\omega$;再把电枢线圈的匝数增加一倍,根据 $E_m = NB\omega S$ 可知最大值 E_m 不变,则电动势 e' 的变化规律为 $e' = E_m \sin \frac{\omega}{2}t$,故 B 正确,A、C、D 错误.

针对训练

1. AD 解析:判断电流是交流还是直流,关键在于电流的方向是否随时间发生周期性变化. A、D 中电流的方向均发生周期性变化,故属于交变电流;B、C 中,尽管电流大小随时间发生周期性变化,但其方向不变,所以属于直流,故 A、D 正确,B、C 错误.
2. BCD
3. C 解析:半圆环交替接触电刷,使输出电流方向不变,这是一个直流发电机模型,由右手定则知,外电路中电流方向是 $P \rightarrow R \rightarrow Q$,故 C 正确,A、B、D 错误.
4. C 解析:线圈转动过程中,在中性面位置,通过线圈的磁通量最大,感应电流等于零,方向改变,从线圈平面经过中性面时开始计时,2 个周期内电流方向改变 4 次;线圈由中性面经 $\frac{1}{4}$ 周期转动到与中性面垂直位置,此过程中电流逐渐增大到最大,故 C 正确,A、B、D 错误.
5. D 解析:因为开始时刻线圈平面与磁感线平行,即线圈从垂直于中性面的位置开始运动,所以开始时刻线圈中感应电动势最大,为 $E_m = Bl_1 l_2 \omega$,感应电动势的表达形式应为余弦函数形式. 因此在 t 时刻线圈中的感应电动势为 $Bl_1 l_2 \omega \cos \omega t$,故 D 正确,A、B、C 错误.
6. B 解析:由交变电动势的瞬时值表达式 $e = 10\sqrt{2} \sin(4\pi t)$ V 可知,感应电动势的最大值 $E_m = 10\sqrt{2}$ V,线圈转动的角速度 $\omega = 4\pi$ rad/s, A 错误;将 $t=0$ 代入交变电动势的瞬时值表达式,可得感应电动势为 0,则此时线圈处于中性面,线圈平面与磁场垂直,B 正确;将 $t=0.25$ s 代入交变电动势的瞬时值表达式 $e = 10\sqrt{2} \sin(4\pi t)$ V,可得 $e = 10\sqrt{2} \sin \pi$ V=0, e 达到最小值,C 错误;线圈转动的周期 $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0.5$ s,则在 1 s 时间内线圈转过 2 周,转 1

周电流方向改变 2 次,则在 1 s 时间内线圈中电流方向改变 4 次,D 错误.

7. C 解析:线圈绕垂直于磁场的转轴匀速转动,从垂直中性面的位置开始计时,感应电动势的瞬时值为 $e = E_m \cos \theta$,当 $\theta = 30^\circ$ 时,感应电动势的瞬时值为 $e = E_m \cos 30^\circ = 25\sqrt{3}$ V,故 C 正确,A、B、D 错误.

8. CD 解析: $t=0.01$ s 时电动势为零,线圈平面与磁场方向垂直,此时穿过线圈的磁通量最大,A 错误;由图可知,交变电动势的最大值 $E_m = 22\sqrt{2}$ V,线圈转动的角速度 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.02}$ rad/s = 100π rad/s,该

交变电动势的瞬时值表达式为 $e = 22\sqrt{2} \sin(100\pi t)$ V, C 正确, B 错误;把电动势瞬时值 22 V 代入 $e = 22\sqrt{2} \sin(100\pi t)$ V,得线圈平面与中性面的夹角为 45° , D 正确.

9. (1) $e = 3.14 \cos 2\pi t$ (V) (2) 1.57 V (3) 2.6 V (4) 0.087 C

解析:(1)线圈转动过程中感应电动势的最大值 $E_m = nBS\omega = 100 \times 0.5 \times 0.1 \times 0.1 \times 2\pi$ V = 3.14 V,从线圈平面与磁感线平行位置开始,故感应电动势的瞬时值的表达式为 $e = E_m \cos \omega t = 3.14 \cos 2\pi t$ (V).

(2)从图示位置转过 60° 时的感应电动势 $E = 3.14 \cos 60^\circ$ V = 1.57 V.

(3)根据法拉第电磁感应定律可得,从图示位置转过 60° 的过程中产生的平均感应电动势大小 $\bar{E} =$

$$n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{nBS \sin 60^\circ - 0}{\frac{\pi}{3} \omega} = 2.6 \text{ V}.$$

(4)从图示位置转过 60° 的过程中流过电阻 R 的电荷量 $q = \bar{I} \Delta t = n \frac{\Delta \Phi}{(R+r) \Delta t} \Delta t = 0.087$ C.

小测试(十) 正弦交变电流的描述

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)× (5)✓

2. $\sqrt{2}$ 1 4 0.25 $\sqrt{2} \sin \frac{\pi}{2} t$ (A)

针对训练

1. C 解析:在一个周期内,正弦式交变电流会出现正向和负向的最大值各一次,相邻两个最大值之间的时间间隔为半个周期,1 s 内出现最大值的次数是交变电流频率的 2 倍,A、B 错误;交变电流在一个周期内方向改变两次,即方向变化的频率为交变电流频率的 2 倍,C 正确;频率为 50 Hz 的交变电流,

其周期 $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} \text{ s} = 0.02 \text{ s}$, D 错误.

2. D 解析: 由交变电动势瞬时值表达式 $e = 10\sin(2\pi t) \text{ V}$ 可知 $\omega = 2\pi$, 则交变电流的周期 $T = \frac{2\pi}{\omega} = 1 \text{ s}$, 频率为 $f = \frac{1}{T} = 1 \text{ Hz}$, 故 A、B 错误; 由交变电动势瞬时值表达式 $e = 10\sin(2\pi t) \text{ V}$ 可知交变电动势的最大值为 10 V , 则有效值为 $\frac{10}{\sqrt{2}} \text{ V} = 5\sqrt{2} \text{ V}$, C 错误; 当 $t = 0.25 \text{ s}$ 时, 感应电动势为 $e = 10\sin \frac{\pi}{2} \text{ V} = 10 \text{ V}$, D 正确.

3. BD 解析: 由题图可知 $T = 0.2 \text{ s}$, 故 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.2} \text{ Hz} = 5 \text{ Hz}$, 即 1 s 内完成 5 个周期, 线圈转 5 圈, 每转 1 圈电流方向改变 2 次, 则 1 s 内电流方向变化 10 次, 故 A 错误, B、D 正确; 在 $t = 0.1 \text{ s}$ 时, $e = 0$, 所以线圈平面与磁场方向垂直, 故 C 错误.

4. D 解析: 由题图乙可得, 交流电的周期 $T = 2 \text{ s}$, 故线圈转动的角速度 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \pi \text{ rad/s}$, A 错误; 由题图乙可知, 1.5 s 时穿过线圈的磁通量最大, 则线圈处于中性面位置, B 错误; 交变电流一个周期内电流方向改变两次, 则 100 s 内线圈中电流方向改变 100 次, C 错误; 感应电动势的最大值 $E_m = NBS\omega = N\Phi_m\omega = 20 \times 0.2 \times \pi \text{ V} = 4\pi \text{ V}$, D 正确.

5. A 解析: 题图所示不是正弦式交变电流, 取一个周期进行分段研究, 在 $0 \sim 1 \times 10^{-2} \text{ s}$ 内图像是正弦式交变电流的半周期图像, 则电流的有效值 $I_1 = 2\sqrt{2} \text{ A}$, 在 $1 \times 10^{-2} \sim 3 \times 10^{-2} \text{ s}$ 内是恒定电流, 则有效值 $I_2 = 4 \text{ A}$, 则有 $(2\sqrt{2} \text{ A})^2 R \times 1 \times 10^{-2} \text{ s} + (4 \text{ A})^2 R \times 2 \times 10^{-2} \text{ s} = I_{\text{有}}^2 R \times 3 \times 10^{-2} \text{ s}$, 解得 $I_{\text{有}} = \frac{2\sqrt{30}}{3} \text{ A}$. 故 A 正确, B、C、D 错误.

6. B 解析: 根据有效值的定义, 图甲中有 $I_0^2 R \cdot \frac{T}{2} + \left(\frac{1}{2}I_0\right)^2 R \cdot \frac{T}{2} = I^2 RT$, 解得有效值为 $I_1 = \sqrt{\frac{5}{8}}I_0$, 图乙为正弦交流电, 电流有效值为 $I_2 = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, 通过两电热器的电流有效值之比为 $I_1 : I_2 = \sqrt{5} : 2$, 根据功率公式 $P = I^2 R$, 解得 $P_1 : P_2 = I_1^2 : I_2^2 = 5 : 4$, 故 B 正确, A、C、D 错误.

7. D 解析: 由题图乙知, $t = 0$ 时刻, 感应电动势为零, 此时线圈处于中性面位置, A 错误; 分析交变电流的产生条件, 结合题图乙知, $t = 1 \text{ s}$ 时, 感应电动势

的最大值由 5 V 变为 10 V , 由 $E_m = NBS\omega$ 知, $t = 0$ 时刻, 线圈位于磁场内、外的面积之比为 $1 : 2$, B 错误; 由题图乙知, 交流电的周期 $T = 0.04 \text{ s}$, 一个周期内电流方向改变两次, 则每秒钟电流方向改变 50

次, C 错误; 根据有效值的定义知 $\frac{\left(\frac{5 \text{ V}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} \cdot \frac{T}{2} + \frac{\left(\frac{10 \text{ V}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} \cdot \frac{T}{2} = \frac{U^2}{R} \cdot T$, 解得感应电动势的有效值 $U = \frac{5\sqrt{5}}{2} \text{ V}$, D 正确.

8. A 解析: 图②所示电流的有效值与余弦电流有效值相等, 正弦(或余弦)电流的有效值 $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$,

与周期无关, A 正确; 图②所示电流变化周期为 $\frac{t_0}{2}$, 图③所示电流变化周期为 t_0 , B 错误; 图③所示电流的有效值满足 $I_3^2 RT = \left(\frac{I_0}{\sqrt{2}}\right)^2 R \cdot \frac{T}{2} + 0$, 解得 $I_3 = \frac{I_0}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}I_1$, C 错误; 图④所示电流的有效值满足

$I_4^2 RT' = \frac{0 + I_0^2}{2} RT'$, 解得 $I_4 = \frac{\sqrt{2}I_0}{2} > I_3$, D 错误.

9. (1) 360 V (2) $i = 40\sin 200t \text{ (A)}$ (3) 94.2 J
(4) 0.1 C

解析: (1) 设感应电动势的最大值为 E_m , 有 $E_m = NBL^2\omega$, $\omega = 2\pi n$, 联立解得 $E_m = 360 \text{ V}$.

(2) 从中性面开始计时, 电流的表达式为 $i = \frac{E_m}{R+r} \sin \omega t$, 代入数据可得 $i = 40\sin 200t \text{ (A)}$.

(3) 设半周期内电阻 R 上产生的热量为 Q , 则有 $Q = I^2 R \cdot \frac{T}{2}$, $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{n}$, $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

联立解得 $Q = 30\pi \text{ J} \approx 94.2 \text{ J}$.

(4) 设通过线圈横截面的电荷量为 q , 则有 $q = \bar{I}\Delta t$,

$\bar{I} = \frac{\bar{E}}{R+r}$, $\bar{E} = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, $\Delta\Phi = BL^2 - BL^2 \cos 60^\circ$

联立解得 $q = 0.1 \text{ C}$.

专题卷(十一) 正弦交变电流的应用

针对训练

1. BC 解析: 由 $\Phi-t$ 图像可知, $\frac{T}{2}$ 时刻穿过线框的磁通量最大, 则线框位于中性面, A 错误; 线框中产生的感应电动势的最大值应为 $E_m = NBS\omega$, 又 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, $N = 1$, $BS = \Phi_m$, 则整理得 $E_m = \frac{2\pi\Phi_m}{T}$, 因此感

应电动势的有效值为 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2} \pi \Phi_m}{T}$, B 正确; 由功能关系可知, 线框转动一周外力所做的功等于线框中产生的焦耳热, 有 $W = Q = \frac{E^2}{R} T = \frac{2 \pi^2 \Phi_m^2}{RT}$, C 正确; $0 \sim \frac{T}{4}$ 的过程中, 线框中产生的平均感应电动势为 $\bar{E} = \frac{\Phi_m}{\frac{T}{4}} = \frac{4 \Phi_m}{T}$, D 错误.

2. AD 解析: 当开关 S 接通时, 加在电热丝上的瞬时电压 $u = 311 \sin 100 \pi t$ (V), 所以电热丝两端电压的有效值 $U_1 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{311}{\sqrt{2}} \text{ V} \approx 220 \text{ V}$, 故 A 正确, B 错误; 当 S 断开时, 前半周期内电热丝两端所加电压按正弦规律变化, 但后半周期内电热丝两端电压为 0, 所以电热丝的功率 $P = \frac{1}{2} P_0$, 设此时交变电压的有效值为 U_2 , 由 $\frac{U_2^2}{R} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_1^2}{R}$ 得 $U_2 = \frac{U_1}{\sqrt{2}} \approx 156 \text{ V}$, 即交流电压表的示数为 156 V, 故 D 正确, C 错误.

3. D 解析: ab 两点间接入的交变电压的电压 u 随时间 t 变化的规律是 $u = 100 \sin 100 \pi t$ (V), A 错误; 电阻 R 两端电压的有效值为 $U = \frac{U_m}{2} = \frac{100}{2} \text{ V} = 50 \text{ V}$, B 错误; 定值电阻 R 在 1 min 内产生的热量为 $Q = \frac{U^2}{R} t = \frac{50^2}{15} \times 60 \text{ J} = 1.0 \times 10^4 \text{ J}$, C 错误; 整流后, 一个周期内通过 R 的电流的平均值为 $\bar{I} = \frac{q}{T}$, 一个周期内通过 R 的电荷量为 $q = n \frac{\Delta \Phi}{R} = \frac{2 n B S}{R}$, $U_m = n B S \omega = 100 \text{ V}$, $\omega = \frac{2 \pi}{T} = 100 \pi \text{ rad/s}$, $T = 0.02 \text{ s}$, 由上几式代入数据解得 $\bar{I} = \frac{20}{3 \pi} \text{ A}$, D 正确.

4. BC 解析: 交流电压表的示数应是电压的有效值 220 V, 故 A、D 错误; 电压的有效值恰等于电灯的额定电压, 电灯正常发光, B 正确; 电压的峰值 $220\sqrt{2} \text{ V} \approx 311 \text{ V}$, 大于电容器的耐压值, 故电容器有可能被击穿, C 正确.

5. C 解析: 拔出电感线圈 L 中的铁芯后, 电感线圈的感抗变小, 则 B 灯将变亮, A 错误; 在电容器 C_1 中插入电介质后, 电容器 C_1 的容抗变小, C 灯将变亮, B 错误; 将交流电源的频率提高为 $2f$ 时, 电阻不变, 电感线圈 L 的感抗变大, 电容器 C_1 的容抗变小, 故 A 灯亮度不变, B 灯变暗, C 灯变亮, C 正确; 改接输出电压为 u 的直流电源时, 电阻不变, 感抗

减小到零, 直流电流不能通过电容器, A 灯亮度不变, B 灯将变亮, C 灯将熄灭, D 错误.

6. B 解析: 由 $u = 311 \sin 100 \pi t$ (V) 知, 电压最大值 $U_m = 311 \text{ V}$, 电压有效值 $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 220 \text{ V}$, 交流电压表示数为有效电压, A 错误; 由 $u = 311 \sin 100 \pi t$ (V) 知, $f = \frac{100 \pi}{2 \pi} \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$, 一个周期内电流方向变化两次, 所以 1 s 内电流方向改变 100 次, B 正确; 电饭锅的功率为抽油烟机功率的 $\frac{460 \text{ W}}{200 \text{ W}} = 2.3$ 倍, 但抽油烟机不是纯电阻元件, 其热功率小于 200 W, C 错误; 电路正常工作时的总功率 $P = 460 \text{ W} + 200 \text{ W} = 660 \text{ W}$, $I = \frac{P}{U} = \frac{660}{220} \text{ A} = 3 \text{ A}$, 故为保障电路正常工作, 保险丝允许通过的最大电流不能小于 3 A, D 错误.

7. BD 解析: 由于磁场是变化的, 线框切割磁感线产生的感应电动势也在变化, 安培力为变力, 故要使线框保持匀速运动, 外力 F 不可能为恒力, A 错误; $t = 0$ 时刻, MN 、 PQ 两边所在处的磁感应强度均为 B_0 , 方向相反, 则产生的感应电动势 $E_0 = 2B_0 L v$, 线框做匀速运动, 外力等于安培力, 即 $F = 2B_0 I_0 L = \frac{4B_0^2 L^2 v}{R}$, B 正确; 由于 MN 、 PQ 两边所在处的磁场正好相隔半个周期, 故产生的感应电动势方向相同, 经过的位移为 vt 时, 感应电动势的瞬时值 $e = 2B_0 L v \cos \frac{\pi vt}{d}$, 电流 $i = \frac{2B_0 L v \cos \frac{\pi vt}{d}}{R}$, C 错误; 由于电流按余弦规律变化, 可知感应电流的有效值 $I_{\text{有}} = \frac{2B_0 L v}{\sqrt{2} R}$, 故经过时间 $t = \frac{d}{v}$, 线框中产生的焦耳热 $Q = I_{\text{有}}^2 R t = \frac{2B_0^2 L^2 v d}{R}$, D 正确.

8. (1) $\frac{2Bl^2 \omega_0}{r}$ (2) $\frac{\pi l^2 B}{2r}$ (3) $\frac{5 \pi \omega_0 B^2 l^4}{2r}$

解析: (1) 导线框进出第一象限的过程中, 产生的感应电动势为 $E_1 = 2B \cdot l \cdot v = 2B \cdot l \cdot 2\omega_0 \cdot \frac{l}{2} = 2Bl^2 \omega_0$

由闭合电路欧姆定律得, 导线框中的感应电流为 $I_1 = \frac{E_1}{r} = \frac{2Bl^2 \omega_0}{r}$

同理可求得, 导线框进出第三象限的过程中, 导线框中的感应电流为 $I_2 = \frac{Bl^2 \omega_0}{r}$

故导线框中感应电流的最大值为 $I_m = \frac{2Bl^2 \omega_0}{r}$.

(2) 导线框从题图所示位置开始转过 90° 的过程中,

$$\text{有 } \bar{E} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \bar{I} = \frac{\bar{E}}{r}, q = \bar{I}\Delta t, \Delta\Phi = \frac{\pi}{4} l^2 \cdot 2B$$

$$\text{联立解得 } q = \frac{\pi l^2 B}{2r}.$$

(3) 导线框匀速转动一周产生的热量 $Q = \left(I_1^2 r \cdot \frac{T}{4} + I_2^2 r \cdot \frac{T}{4} \right) \times 2$, 又 $T = \frac{2\pi}{2\omega_0}$

$$\text{解得 } Q = \frac{5\pi\omega_0 B^2 l^4}{2r}.$$

小测试(十一) 变压器

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)× (5)✓

2. 250 V 50 kW 5 A

$$\text{解析: 由 } \frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ 得 } U_2 = \frac{U_1 n_2}{n_1} = \frac{10 \times 10^3 \times 1}{40} \text{ V} =$$

$$250 \text{ V}; \text{由理想变压器功率关系, 得 } P_{\text{入}} = P_{\text{出}} = U_1 I_1 = U_2 I_2 = 250 \times 200 \text{ W} = 50 \text{ kW}, \text{同时得 } I_1 =$$

$$\frac{U_1 I_2}{U_1} = \frac{250 \times 200}{10 \times 10^3} \text{ A} = 5 \text{ A}.$$

针对训练

1. ABC

2. AB 解析: 变压器传输的是交变电流, 当电流经过原线圈时, 在铁芯中产生变化的磁场, 电能转化为磁场能, 此变化的磁场在副线圈中产生感应电动势, 若副线圈闭合, 则产生感应电流, 磁场能又转化为电能, 理想变压器无漏磁, 无能量损失, 即输入功率等于输出功率, 故 A、B 正确, C、D 错误.

3. C 解析: 当导体棒在平行导轨上匀速切割磁感线时, 产生的电流是恒定的, 不会使副线圈的磁通量变化, 因而副线圈中无感应电流, 故 C 正确, A、B、D 错误.

4. B 解析: 理想变压器的输出功率等于输入功率, 则

$$UI_1 = I_2^2 R, \text{解得 } I_2 = \sqrt{\frac{220 \times 0.2}{44}} \text{ A} = 1.0 \text{ A}, \text{则电}$$

流表 A_2 的示数为 1.0 A, 由于原、副线圈电流比等于匝数的反比, 所以原线圈和副线圈的匝数比 $\frac{n_1}{n_2} =$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{1.0}{0.2} = \frac{5}{1}, \text{故 B 正确, A、C、D 错误.}$$

5. A 解析: 根据 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ 可知, 输出电流 $I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 =$

$$\frac{10}{1} \times 1 \text{ A} = 10 \text{ A}, \text{故电压表示数 } U = I_2 R = 10 \times$$

$$2 \text{ V} = 20 \text{ V}, \text{故 A 正确, B 错误; 电阻 } R \text{ 消耗的电功率 } P = I_2^2 R = 10^2 \times 2 \text{ W} = 200 \text{ W}, \text{C 错误; 由于变压}$$

器原线圈的匝数大于副线圈的匝数, 故该变压器为降压变压器, D 错误.

6. C 解析: 电流表示数 $I = \frac{U}{R} = \frac{110}{55} \text{ A} = 2 \text{ A}$, A 错

误; 由题图乙可知原线圈两端电压的有效值 $U_1 = 220 \text{ V}$, 由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 可得原、副线圈匝数之比 $\frac{n_1}{n_2} =$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{220}{110} = \frac{2}{1}, \text{B 错误; 电流表示数与电压表示数}$$

都为有效值, C 正确; 由题图乙可知 $T = 0.02 \text{ s}$, 所

$$\text{以交变电压的频率为 } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02} \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}, \text{D}$$

错误.

7. BC 解析: 由 $u = 220\sqrt{2} \sin 100\pi t (\text{V})$ 可知, 此交流电压的有效值 $U_1 = 220 \text{ V}$, 根据变压器电压与匝数

$$\text{的关系有 } \frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}, \frac{n_1}{n_3} = \frac{U_1}{U_3}, \text{其中 } U_2 = 5 \text{ V}, U_3 =$$

$$6 \text{ V}, \text{解得 } n_2 = 25 \text{ 匝}, n_3 = 30 \text{ 匝}, \text{故 A 错误, B 正确;}$$

理想变压器的输入功率等于输出功率, 则有 $I_1 U_1 = P_2 + P_3 = 10 \text{ W} + 12 \text{ W} = 22 \text{ W}$, 解得 $I_1 = 0.1 \text{ A}$, C

$$\text{正确; 由 } u = 220\sqrt{2} \sin 100\pi t (\text{V}) \text{ 可知, } 2\pi f =$$

$$100\pi \text{ rad/s}, \text{解得交变电流的频率 } f = 50 \text{ Hz}, \text{则通过}$$

灯泡的电流每秒钟方向改变 100 次, D 错误.

8. A 解析: 由题意知, 线圈 B 两端的电压为 U , 设线圈 C 两端的电压为 U_C , 则 $\frac{U_C}{U} = \frac{n_3}{n_2}$, 所以 $U_C = \frac{n_3}{n_2} U$,

通过 L_2 的电流为 I , 则可以求出 L_2 的电阻, L_2 与

L_1 的电阻相同, 所以可求出通过 L_1 的电流; 根据以

上数据可以求出 L_1 、 L_2 的功率, 可得变压器总的输

出功率, 它也等于变压器的输入功率; 根据题意无法

求出线圈 A 的匝数, 故选 A、B、C、D 不选.

9. CD 解析: 题图甲中的原线圈并联在电路中, 为电

压互感器, 是降压变压器, $n_1 > n_2$, 其中的电表为电

压表; 题图乙中的原线圈串联在电路中, 为电流互

感器, 是升压变压器, $n_3 < n_4$, 其中的电表为电流

表, 故 C、D 正确, A、B 错误.

10. (1) 50 Hz (2) 22 V (3) 10 W

解析: (1) 变压器不改变交流电的频率, 由题图乙可知, 交流电的周期 $T = 0.02 \text{ s}$, 则频率 $f = \frac{1}{T} =$

$$50 \text{ Hz}, \text{即副线圈中电流的频率为 } 50 \text{ Hz}.$$

$$(2) \text{由题图乙可知, 交流电源的电压有效值 } U_1 = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 220 \text{ V}, \text{根据理想变压器原、副线圈匝数比与}$$

$$\text{电压比的关系, 有 } U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = 22 \text{ V}, \text{即副线圈两}$$

端的电压为 22 V.

(3)副线圈两端的电压 $U_2 = I_2 R + U_M$, 解得 $I_2 = 1.25 \text{ A}$

灯泡中电流 $I_L = \frac{P_L}{U_L} = 0.25 \text{ A}$

则 $I_M = I_2 - I_L = 1 \text{ A}$, 电动机输出的机械功率 $P_M = U_M I_M - I_M^2 r = 10 \text{ W}$.

专题卷(十二) 变压器的综合分析

针对训练

1. A 解析:开关 S 闭合后,副线圈的总电阻减小,由于变压器的匝数比和输入电压都不变,所以输出的电压也不变,即 V_1 示数不变,副线圈的总电流增大,则原线圈的电流增大,故 A_1 的示数变大;由于副线圈的电流增大,故串联在副线圈上的电阻 R 两端的电压增大,副线圈并联部分的电压减小,即 V_2 的示数减小,故电流表 A_2 的示数减小, A 正确, B、C、D 错误.

2. C 解析:根据理想变压器原、副线圈电压的关系可知,副线圈两端电压的峰值为 $U_m = 311 \text{ V} \times \frac{n_2}{n_1} = 31.1 \text{ V}$, 根据题图甲可知,电容器 C 两端的电压会超过耐压值 22 V , 电容器 C 会被击穿, A 错误;理想变压器不改变交流电的频率,由题图乙可知交流电的频率为 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02 \text{ s}} = 50 \text{ Hz}$, 则副线圈两端电压变化的频率也为 50 Hz , B 错误;原线圈电压的有效值为 $U_1 = \frac{311}{\sqrt{2}} \text{ V} = 220 \text{ V}$, 副线圈两端电压的有效值为 $U_2 = U_1 \times \frac{n_2}{n_1} = 22 \text{ V}$, 滑片 P 滑至最下端时,滑动变阻器接入电路的阻值为 0 , 电流表 A_2 的示数为 $I_2 = \frac{U_2}{R_0} = 2.2 \text{ A}$, 根据理想变压器原、副线圈消耗电功率相等可得 $U_1 I_1 = U_2 I_2$, 解得 $I_1 = 0.22 \text{ A}$, 即滑片 P 滑至最下端时,电流表 A_1 的示数为 0.22 A , C 正确;电流表 A_2 、 A_1 的示数分别表示为 $I_2 = \frac{U_2}{R_0 + R}$, $I_1 = \frac{U_2 I_2}{U_1}$, 滑片 P 向下移动过程中,原、副线圈电压有效值保持不变,滑动变阻器接入电路的阻值减小,则 I_2 增大, I_1 也增大,即滑片 P 向下移动过程中,电流表 A_1 和 A_2 示数都增大, D 错误.

3. AC 解析:原线圈接正弦式交流电,由题知角速度 $\omega = 100\pi \text{ rad/s}$, 所以 $f = \frac{100\pi}{2\pi} \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$, A 正确;由表达式知输入电压有效值为 220 V , 根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$

知,副线圈电压有效值即电压表 V_2 的示数为 22 V , B 错误;光敏电阻 R 受到的光照增强时,阻值减小,但不会影响变压器的输入电压及输出电压,则副线圈电路总电流变大,原线圈电流也变大,定值电阻分压增大,灯泡两端电压减小,灯泡变暗,故 C 正确, D 错误.

4. AC 解析:开关 K 合在 a 处,滑片 P 上滑时,副线圈回路中的电阻增大,电流减小,由原线圈与副线圈电流的关系,可知原线圈中的电流也将减小, A 正确;开关 K 合在 b 处,滑片 P 下滑时,副线圈回路中的电阻减小,电流变大,而电压不变,所以输出功率将变大,由于输入功率等于输出功率,所以变压器输入功率将增大, B 错误;保持滑片 P 的位置不变,开关 K 由 b 合到 a 时,由 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$ 可知,副线圈两端的电压将减小,所以 R 消耗的功率将减小, C 正确;保持滑片 P 的位置不变,开关 K 由 a 合到 b 时,由 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$ 可知,原线圈中的电流将增大, D 错误.

5. AC 解析:保持 Q 的位置不动,副线圈匝数不变,由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 知, U_2 不变,当 P 向上滑动时, R 接入电路的阻值变大,由 $I_2 = \frac{U_2}{R_0 + R}$ 知 I_2 减小,则 I_1 减小,故电流表的示数变小, A 正确, B 错误;保持 P 的位置不动,将 Q 向上滑动时,副线圈的匝数增多,由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 知, U_2 增大,由 $I_2 = \frac{U_2}{R_0 + R}$ 知 I_2 增大,则 I_1 增大,故电流表的示数变大, C 正确, D 错误.

6. C 解析:由题图乙可知,该交变电流的周期为 $T = 0.02 \text{ s}$, 其频率为 $f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz}$, 输入电压的最大值为 $U_m = 220\sqrt{2} \text{ V}$, 有效值为 $U_1 = 220 \text{ V}$, 则副线圈两端的电压为 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = \frac{1}{10} \times 220 \text{ V} = 22 \text{ V}$, 所以通过电阻 R 的电流即电流表 A_2 的示数为 $I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{22}{22} \text{ A} = 1 \text{ A}$, 故 A、B 错误;变压器的输出功率为 $P_{\text{出}} = U_2 I_2 = 22 \times 1 \text{ W} = 22 \text{ W}$, 理想变压器的输入功率等于输出功率,即 $P_{\text{入}} = P_{\text{出}} = 22 \text{ W}$, C 正确;将 P_0 沿逆时针方向转动一些,变压器的副线圈匝数增多,输出电压变大,输出功率变大,所以输入功率也变大,故电流表 A_1 的示数将变大, D 错误.

7. AD 解析:通过原、副线圈的电流之比为 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{2}{1}$, 原、副线圈两端的电压之比为 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{2}$, 定

值电阻 R_0 、 R_1 两端的电压分别为 $U_0 = I_1 R_0$, $U_2 = \frac{I_2}{2} R_1$, 又 $U_0 + U_1 = U = 5 \text{ V}$, 联立解得 $I_1 = 4 \text{ A}$, $I_2 = 2 \text{ A}$, R_0 两端的电压和消耗的电功率分别为 $U_0 = I_1 R_0 = 4 \text{ V}$, $P_0 = I_1^2 R_0 = 16 \text{ W}$, 故 A 正确, C 错误; R_1 两端的电压为 $U_{R1} = U_2 = \frac{I_2}{2} R_1 = 2 \text{ V}$, R_2 消耗的电功率为 $P = \left(\frac{I_2}{2}\right)^2 R_2 = 2 \text{ W}$, 故 B 错误, D 正确。

8. D 解析: 灯泡 L_1 恰能正常发光, 故原线圈的电流 $I_1 = \frac{6}{6} \text{ A} = 1 \text{ A}$, 根据原、副线圈电流与匝数的关系

得副线圈中的电流 $I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 = 2 \text{ A}$, 所以 L_2 、 L_3 、 L_4 中的电流都为 $\frac{2}{3} \text{ A}$, 则 L_2 、 L_3 、 L_4 不能正常发光, 电

流表的示数即副线圈中的电流为 2 A , 故 A、B 错误; 灯泡电阻 $R = \frac{U^2}{P} = \frac{6^2}{6} \Omega = 6 \Omega$, 副线圈两端的电

压 $U_2 = \frac{2}{3} \times 6 \text{ V} = 4 \text{ V}$, 根据电压与匝数成正比得, 原线圈两端的电压为 8 V , m 、 n 间所加电压有效值为 $U_{mn} = (6 + 8) \text{ V} = 14 \text{ V}$, C 错误; 整个电路消耗的总功率为 $P' = U_{mn} I_1 = 14 \times 1 \text{ W} = 14 \text{ W}$, D 正确。

9. ABD 解析: 变压器输入端 c 、 d 间电压的有效值为 27 V , 则副线圈电压为 9 V , 副线圈中三只灯泡均能正常发光, 则电流表的示数为 $I_2 = 3 \times \frac{6}{9} \text{ A} = 2 \text{ A}$,

原线圈电流 $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2 = \frac{1}{3} \times 2 \text{ A} = \frac{2}{3} \text{ A}$, 灯泡正常发光时的电流为 $\frac{6 \text{ W}}{9 \text{ V}} = \frac{2}{3} \text{ A}$, 所以灯泡 L_1 也能正

常发光, 故输入端 a 、 b 接入电压的有效值 $U_{ab} = U_{L1} + U_{cd} = 9 \text{ V} + 27 \text{ V} = 36 \text{ V}$, 由题图乙可知交变电

压的周期 $T = 0.02 \text{ s}$, 则 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 100\pi \text{ rad/s}$. 输入

端 a 、 b 电压的瞬时值表达式为 $u_{ab} = 36\sqrt{2} \sin 100\pi t$ (V), 故 B 正确, C 错误; 输入端 a 、 b 的输入功率 $P_{ab} = 4 \times 6 \text{ W} = 24 \text{ W}$, A 正确; 若将 K 断开, 则副线圈中的电流将减小, 所以原线圈中的电流也减小, 则流过灯泡 L_1 的电流减小, L_1 两端的电压减小, 所以原线圈两端的电压增大, 副线圈两端的电压也增大, 可知流过 L_2 的电流将变大, D 正确。

10. BD 解析: 根据法拉第电磁感应定律, 有 $e = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = N \frac{\Delta B}{\Delta t} S$, 可得 $e = 10\sqrt{2} \sin 100\sqrt{2} t$ (V), A 错误; 断开开关 S_2 、闭合开关 S_1 时, 有 $I_1 = 1 \text{ A}$, $I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 = 3 \text{ A}$, $U_2 = I_2 R_1 = 3 \text{ V}$, $U_1 = \frac{n_1}{n_2} U_2 =$

9 V , 根据闭合电路欧姆定律有 $r = \frac{E - U_1}{I_1} = 1 \Omega$, B

正确; 断开开关 S_1 、闭合开关 S_2 时, 有 $I_1 = 1 \text{ A}$,

$I_3 = \frac{n_1}{n_3} I_1 = 1.5 \text{ A}$, U_1 不变, $U_3 = \frac{n_3}{n_1} U_1 = 6 \text{ V}$, 根据

欧姆定律, 有 $R_2 = \frac{U_3}{I_3} = 4 \Omega$, C 错误; S_1 、 S_2 均闭合

时, 电压之比为 $U'_1 : U'_2 : U'_3 = 3 : 1 : 2$, 电流关系为 $I'_1 = I'_2 \frac{n_2}{n_1} + I'_3 \frac{n_3}{n_1} = \frac{1}{3} I'_2 + \frac{2}{3} I'_3$, 根据闭合电

路欧姆定律有 $U'_1 = E - I'_1 r$, $U'_2 = I'_2 R_1$, $U'_3 = I'_3 R_2$, 联立可得 $I'_1 = \frac{20}{11} \text{ A}$, D 正确。

小测试(十二) 电能的输送

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)✓ (4)×

针对训练

1. D 解析: 由于输送的电功率恒定, 则根据 $P = UI$ 可知, 若将输电电压提高到原来的 2 倍, 则输电电

流变为原来的 $\frac{1}{2}$, A 错误; 根据欧姆定律, 由 $U_{损} =$

$I r_{损}$ 知, 输电导线上损失的电压变为原来的 $\frac{1}{2}$, B

错误; 根据 $P_{损} = I^2 r_{损}$ 可知, 输电导线上损失的电功率变为原来的 $\frac{1}{4}$, 故 C 错误, D 正确。

2. B 解析: 根据 $P = UI$ 得, $I = \frac{P}{U}$, 则 $P_{损} = I^2 R =$

$\frac{P^2}{U^2} \cdot R$, 因为输送的电功率、输电线上的功率损失

相同, 输送电压之比为 $1 : 50$, 导线的长度和电阻率相同, 根据 $R = \rho \frac{L}{S}$ 得, 导线的横截面积之比为

$2500 : 1$, 故 B 正确, A、C、D 错误。

3. AC 解析: 输电导线上的电流 $I = \frac{P}{U}$, 输电导线的

电阻 $R = \frac{2\rho L}{S}$, 输电线上损耗的电功率为 $P_1 =$

$I^2 R = \frac{2P^2 \rho L}{U^2 S}$, 用户得到的电功率为 $P_2 = P - P_1 =$

$P \left(1 - \frac{2P\rho L}{U^2 S}\right)$, 故 A、C 正确, B、D 错误。

4. AD 解析: 根据题意, 设变压器的原线圈匝数为 n_1 , 副线圈匝数为 n_2 , 用户端的电压为 U_2 , 由线圈

匝数与电流的关系有 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$, 线圈匝数与电压的

关系有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 解得 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1 = \frac{I_1 U_1}{I_2}$, A 正确; 输

电线上损失的电压为 $\Delta U = U - U_1$ 或由欧姆定律可

得 $\Delta U = I_1 r$, B 错误; 由 $P = UI$ 可得, 理想变压器的输入功率为 $P = U_1 I_1$, C 错误; 输电线路损失的电功率为 $\Delta P = I_1^2 r$ 或由电功率公式可得 $\Delta P = \Delta U \cdot I_1 = (U - U_1) I_1$, D 正确。

5. BC 解析: 根据 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$ 可知, 只要发电厂输出电压不变, 匝数比不变, 升压变压器的输出电压就不变, A 错误; 发电厂的输出功率减小, 则升压变压器的输出功率减小, 根据 $P = UI$ 可知, 输电线路上的电流减小, 输电线路损耗的电压减小, 由于 $U_3 = U_2 - \Delta U$, 则降压变压器的输入电压增大, 因此降压变压器的输出电压也增大, B 正确; 输电线路损耗的功率 $\Delta P = I^2 R$, 由于电流减小, 因此输电线路损耗的功率减小, C 正确; 输电线路损耗的功率占总功率的比例为 $\frac{\Delta P}{P_{\text{总}}} = \frac{I^2 R}{U_2 I} = \frac{IR}{U_2}$, 由于 I 减小, U_2 不变, 因此输电线路损耗的功率占总功率的比例减小, D 错误。

6. A 解析: 当用电进入高峰时, 用电器增多, 相当于 R 变小, 则电流表 A_3 示数变大, 根据理想变压器电流与匝数关系可知 $I_2 = \frac{I_3 n_4}{n_3}$, 匝数比不变时, 电流表 A_2 示数变大, 输电线电阻 R_0 消耗的功率增大, 又由于 $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$, 匝数比不变时, 电流表 A_1 示数变大, A 正确; 发电厂输出的电压不变, 可知电压表 V_1 示数不变, 由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 可知, 匝数比不变, 电压表 V_2 示数也不变, 由 $\Delta U = I_2 R_0$ 可知, I_2 变大, 输电线路损耗电压 ΔU 变大, 又 $U_3 = U_2 - \Delta U$, 则电压表 V_3 示数变小, 由 $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ 可知, 电压表 V_4 示数也变小, B 错误; 电压表 V_2 、 V_3 的示数之差与电流表 A_2 的示数的比值 $\frac{U_2 - U_3}{I_2} = R_0$ 不变, C 错误; 降压变压器的等效电阻为 $R_{\text{等}} = \frac{U_3}{I_2} = \frac{\frac{n_4}{n_3} U_4}{\frac{n_4}{n_3} I_3} = \left(\frac{n_3}{n_4}\right)^2 R$, 根据闭合电路欧姆定律可知, 当 $R_{\text{等}} = R_0$ 时输出功率最大, 即当 $R = \frac{n_4^2}{n_3^2} R_0$ 时, 用户的功率达到最大值, D 错误。

7. CD 解析: 由于发电机的输出电压不变, 所以电压表 V_1 的示数不变, A 错误; 电压表 V_2 的示数减小, 则降压变压器原线圈两端的电压减小, 输电线路损失的电压 ΔU 增大, 由 $\Delta U = IR_{\text{损}}$ 可知, 输送电流增大, 电流表 A_1 的示数增大, 电流表 A_2 的示数也增

大, B 错误, C 正确; 因为升压变压器输出电压不变, 输出电流增大, 则输出功率增大, 所以发电机输出功率增大, D 正确。

8. AC 解析: 输电线路上的损失功率为 $P_{\text{损}} = P \times 0.6\% = 50 \text{ kW} \times 0.6\% = 300 \text{ W}$, A 正确; 输电线路上的电流为 $I_2 = \sqrt{\frac{P_{\text{损}}}{R}} = \sqrt{\frac{300}{3}} \text{ A} = 10 \text{ A}$, 升压变压器副线圈两端的电压为 $U_2 = \frac{P}{I_2} = \frac{50 \times 10^3}{10} \text{ V} = 5 \times 10^3 \text{ V}$, 由 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$ 得 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{10}$, B 错误; 输电线路损失的电压为 $U_{\text{损}} = I_2 R = 10 \times 3 \text{ V} = 30 \text{ V}$, 降压变压器输入电压为 $U_3 = 5000 \text{ V} - 30 \text{ V} = 4970 \text{ V}$, C 正确; 由 $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4}$ 得 $\frac{n_3}{n_4} = \frac{497}{22}$, D 错误。

9. C 解析: 依题意, 用户消耗的电功率为 P , 由于输电线路上有功率损耗, 所以升压变压器输入端的功率一定大于 P , 则理想升压变压器输入端的电流 $I_1 > \frac{P}{U_1}$, A 错误; 根据理想变压器原、副线圈电压与匝数比关系 $\frac{U_3}{U_4} = \frac{n_3}{n_4} = b$ 可得, 降压变压器输入端的电压 $U_3 = bU_4$, 升压变压器原、副线圈电压比 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = a$, 则 $U_2 = \frac{U_1}{a}$, 可得输电线路损失的电压为 $\Delta U = U_2 - U_3 = \frac{U_1}{a} - bU_4$, B 错误; 用户消耗的电功率为 P , 可得降压变压器副线圈中的电流为 $I_4 = \frac{P}{U_4}$, 根据原、副线圈电流与匝数比关系 $\frac{I_3}{I_4} = \frac{n_4}{n_3} = \frac{1}{b}$ 可得, 输电线路上的电流 $I_3 = \frac{I_4}{b} = \frac{P}{bU_4}$, 则因输电线路发热而损失的功率为 $P_{\text{损}} = I_3^2 r = \left(\frac{P}{bU_4}\right)^2 r$, C 正确; 电路的输电效率为 $\eta = \frac{U_4 I_4}{U_1 I_1} \times 100\%$, $I_2 = I_3$, 根据 $\frac{I_1}{I_3} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{a}$ 得 $I_1 = \frac{I_3}{a} = \frac{I_4}{ab}$, 联立可得 $\eta = \frac{abU_4}{U_1} \times 100\%$, D 错误。

10. (1) $1.8 \times 10^4 \text{ W}$ (2) 12 A 1440 V (3) $\frac{1}{5}$ $\frac{72}{11}$

解析: (1) 以 Δt 时间内用来发电的河水为研究对象, 其质量 $m = \rho Q \cdot \Delta t$

河水减少的重力势能 $\Delta E_P = mgh$, 发电机的输出功率 $P = \frac{\Delta E_P \times 62.5\% \times 90\%}{\Delta t}$

联立并代入数据解得 $P = 1.8 \times 10^4 \text{ W}$ 。

(2) 因为是理想变压器, 所以升压变压器的输入功

率等于输出功率,即 $P=P'$

输电线上损失的功率 $P_{\text{线}}=P\times 4\%$, $P_{\text{线}}=I_{\text{线}}^2 R$

联立并代入数据解得 $I_{\text{线}}=12\text{ A}$

又因为 $P'=U_2 I_{\text{线}}$, 则升压变压器输出电压 $U_2=1\,500\text{ V}$

输电线上损失的电压 $U_{\text{线}}=I_{\text{线}} R=60\text{ V}$

则 $U_3=U_2-U_{\text{线}}=1\,440\text{ V}$.

(3)对于升压变压器有 $\frac{n_1}{n_2}=\frac{U_1}{U_2}=\frac{1}{5}$, 对于降压变

压器有 $\frac{n_3}{n_4}=\frac{U_3}{U_4}=\frac{72}{11}$.

小测试(十三) 电磁振荡

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)✓ (5)×

针对训练

1. BD 解析: 如果 i 正在增大, 则线圈周围磁场一定在增强, 说明电容器放电, 电压减小, 对于题图, 电流从上极板流向下极板, 则上极板带正电, 进而可判断电场方向必向下, 故 A 错误, B 正确; 若 i 正在减小, 则线圈周围的磁场一定在减弱, 则是充电过程, 电流从上极板流向下极板, 故下极板必带正电, 上极板带负电, 电容器中电场强度方向向上, 故 C 错误, D 正确.

2. B 解析: 若磁场正在减弱, 可知电容器处于充电状态, 电场能正在增大, 电流方向由 b 到 a , 所以电容器下极板带正电, 上极板带负电, 故 A 错误, B 正确; 若磁场正在增强, 可知电容器处于放电状态, 电场能正在减小, 电流方向由 b 到 a , 所以电容器上极板带正电, 故 C、D 错误.

3. AC 解析: 在 t_2 和 t_4 时刻, 电容器所带电荷量大小均为零, 电容器中的电场能为零, 可知此时电路里的磁场能最大, 电路中电流最大, A 正确; 在 $0\sim t_1$ 时间内, 电容器所带电荷量大小逐渐增大, 电容器中的电场能逐渐增大, 可知磁场能转变为电场能, B 错误; 在 t_1 和 t_3 时刻, 电容器所带电荷量大小均最大, 电容器中的电场能最大, 可知电路里的能量全部储存在电容器的电场中, C 正确; 在 $0\sim t_1$ 时间内, 电容器所带电荷量大小逐渐增大, 电容器充电; 在 $t_3\sim t_4$ 时间内, 电容器所带电荷量大小逐渐减小, 电容器在放电, D 错误.

4. ACD 解析: 由题图乙可知, 在 $t=0$ 到第 1 s 末的过程中, 电路中的电流正在增大, 电容器正在放电, A 正确; 由题图乙可知, 在第 1 s 末到第 2 s 末的过程中, 电流为正值, 即流过 N 点的电流向上, 电容器

正在充电, 则电容器的下极板带正电, B 错误; 由题图乙可知, 第 2 s 末到第 3 s 末的过程中, 电容器正在放电, 电场能正在减小, 磁场能正在增大, 由于电流为负值, 所以电流沿逆时针方向, 电容器的下极板带正电, 则 M 点的电势比 N 点的电势低, C、D 正确.

5. B 解析: 由题图乙知 $1\times 10^{-8}\sim 2\times 10^{-8}\text{ s}$, 电容器两极板间的电压增大, 是充电过程, 电路中的磁场能转化成电场能, A 错误; 由 $T=2\pi\sqrt{LC}$ 可得, 电容 $C=\frac{T^2}{4\pi^2 L}=\frac{(4\times 10^{-8})^2}{4\times \pi^2\times 10^{-5}}\text{ F}=4\times 10^{-12}\text{ F}$, B 正确; $2\times 10^{-8}\text{ s}$ 时, 电容器两极板间的电压最大, 是充电刚结束的时刻, 此时电流为零, 穿过线圈的磁通量为零, C 错误; $3\times 10^{-8}\text{ s}$ 时, 电容器两极板间的电压为零, 是放电刚结束的时刻, 此时电流最大, 此时磁通量最大, 穿过线圈的磁通量的变化率最小, D 错误.

6. BCD 解析: LC 振荡电路的周期 $T=2\pi\sqrt{LC}$, 电容器的电压达到最大时开始放电, 经 $\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$ 时间, 放电结束, 此时电容器所带电荷量为零, 电路中的电流最大, 磁场最强, 磁场能最大, 故 A 错误, B 正确; 在 $\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$ 时间内, 电容器放出的电荷量 $q=CU_m$, 由 $\bar{I}=\frac{q}{t}$ 可知, $\bar{I}=\frac{CU_m}{\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}}=\frac{2U_m}{\pi}\sqrt{\frac{C}{L}}$, 故 C、D 正确.

小测试(十四) 电磁波 电磁波谱

预习自评

1. (1)× (2)× (3)✓ (4)× (5)✓ (6)× (7)× (8)× (9)×

针对训练

1. BD 解析: 麦克斯韦预言了电磁波的存在, 并揭示了电、磁、光现象在本质上的统一性, A 错误; 根据麦克斯韦电磁理论, 均匀变化的磁场一定产生恒定的电场, 均匀变化的电场一定产生恒定的磁场, B 正确, C 错误; 赫兹通过一系列实验, 证实了光与电磁波的统一性, 证明了麦克斯韦的电磁理论, D 正确.

2. D 解析: 电磁波在真空中的传播速度是 $3\times 10^8\text{ m/s}$, 在其他介质中的传播速度小于 $3\times 10^8\text{ m/s}$, A 错误; 电磁波由真空进入某种介质传播时, 频率 f 不变, B 错误; 周期性变化的电场产生周

周期性变化的磁场,周期性变化的磁场产生周期性变化的电场,由发生区域向外传播形成电磁波,C错误;工作时的电磁打点计时器中电流是交变电流,在其周围产生交变磁场和电场,D正确。

3. A 解析:机械波由机械振动产生,电磁波由周期性变化的电场(或磁场)产生,两者本质上是不一样的,A错误,符合题意;机械波的传播需要介质,波速由介质决定,电磁波的波速由介质和本身频率共同决定,B正确,不符合题意;机械波有横波,也有纵波,而电磁波一定是横波,它们都能发生反射、折射、干涉和衍射现象,C、D正确,不符合题意。

4. C 解析:电磁波具有能量,A错误;电磁波的传播不需要介质,可以在真空中传播,B错误;各种波长的电磁波在真空中传播的速度相同,都为 c ,C正确,D错误。

5. D 解析:根据电磁波谱知,真空中波长由大到小的顺序为:无线电波、红外线、可见光、紫外线、X射线、 γ 射线,A、C错误;任何物体都能辐射红外线,温度越高,辐射越强,B错误;无线电波、红外线、紫外线、X射线、 γ 射线都是电磁波,D正确。

6. A 解析:机场、车站用来检查旅客行李包的透视仪是利用X射线的穿透本领,A正确;家用电器的遥控器发出的光是红外线,不是紫外线,B错误;微波炉产生的微波使食物中的水分子振动,产生大量的热能,食物被加热,C错误;手机通话使用的无线电波,其波长要比可见光的波长长,D错误。

7. 306 m/s 解析:由题图所示信息知,比较远时,脉冲波显示的距离 $s = \frac{ct}{2} = \frac{3 \times 10^8 \times 4 \times 10^{-4}}{2} \text{ m} = 6 \times 10^4 \text{ m}$

当飞机到达雷达正上方后,距离 $s' = \frac{ct'}{2} = \frac{3 \times 10^8 \times 2 \times 10^{-4}}{2} \text{ m} = 3 \times 10^4 \text{ m}$

由于开始时飞机在斜上方,后来飞机到达正上方,所以飞机的速度 $v = \frac{\sqrt{(6 \times 10^4)^2 - (3 \times 10^4)^2}}{170} \text{ m/s} \approx 306 \text{ m/s}$ 。

小测试(十五) 无线电波的发射、传播与接收 无线电波与移动互联网

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)× (4)✓ (5)✓

针对训练

1. ABC 解析:使用开放电路和提高发射频率是提高

电磁波发射能力的两种有效方法。由 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 、 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$ 可知,A、B、C正确,D错误。

2. ABC

3. C 解析:使电磁波随各种信号而改变的技术叫作调制,而调制共有两种方式:一种是调幅,即通过改变电磁波的振幅来实现信号加载;另一种是调频,即通过改变电磁波的频率来实现信号加载。由题意可知高频载波的振幅随电信号改变,故为调幅,故C正确,A、B、D错误。

4. C 解析:发射长波、中波、短波的天线使用的是LC开放电路,A错误;使载波随各种信号而改变的技术叫作调制,B错误;把声音或图像信号从高频电流中还原出来的过程叫作解调,C正确;使接收电路产生电谐振的过程叫作调谐,D错误。

5. A 解析:调谐是从众多的电磁波中选出所需频率的高频信号,然后进行高频放大,再从放大后的高频信号中“检”出高频信号所承载的低频声音信号(解调),最后将这些低频声音信号放大后通过扬声器播放出来,综上所述,A正确,B、C、D错误。

6. A 解析:室外天线处于变化的电磁场中,天线产生了感应电流,此电流通过馈线输送给LC电路,此电流中空间各电视台信号激起的电流均存在,但只有频率与调谐电路频率相等的电信号对应电流最强,然后再通过解调处理输送给后面的电路,故A正确,B、C、D均错误。

7. 见解析 解析:适当增加基站密度,基站天线在高处架设,实现网络全覆盖,设定基站后应通过试验对信号强度进行检验并不断听取用户的反馈意见,这些都可以提高通信质量。

小测试(十六) 认识传感器 常见传感器的工作原理 传感器的应用举例

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)✓

针对训练

1. D 解析:传感器材料有半导体材料、陶瓷材料、金属材料 and 有机材料等,A错误;电视遥控接收器的主要元件是红外线传感器,B错误;话筒中的传感器是声传感器,它将声信号转换为电信号,C错误;传感器能将非电学量按一定规律转换为电学量或者电路的通断,D正确。

2. A 解析:当人将手机靠近耳朵接听电话时,改变了

位移,并且耳朵会挡住光线,所以可能用到的传感器为光传感器和位移传感器,A正确,B、C、D错误。

3. BC 解析:仅光照变强,则光敏电阻的阻值变小,电路总电阻变小,由闭合电路欧姆定律可知,电路中的电流增大,则小灯泡的功率变大,小灯泡变亮,A错误;仅光照变弱,则光敏电阻的阻值变大,电路总电阻变大,由闭合电路欧姆定律可知,电路中的电流减小,则小灯泡的功率变小,小灯泡变暗,B正确;仅将滑片向 a 端滑动,滑动变阻器接入电路的有效阻值变小,则电路总电阻变小,电流增大,小灯泡的功率变大,小灯泡变亮,C正确;仅将滑片向 b 端滑动,滑动变阻器接入电路的阻值变大,则电路总电阻变大,电流减小,小灯泡的功率变小,小灯泡变暗,D错误。

4. D 解析:由题图乙可知,当 R 的温度等于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,热敏电阻的阻值 $R_1 = 4\text{ k}\Omega$,由 $I_1 = \frac{E}{R_1 + R_g}$ 可得 $R_g = 0.5\text{ k}\Omega$,当 $I_2 = 3.6\text{ mA}$ 时,由 $I_2 = \frac{E}{R_2 + R_g}$ 可得 $R_2 = 2\text{ k}\Omega$,结合题图乙可知,此时热敏电阻的温度为 $120\text{ }^{\circ}\text{C}$,故 D 正确,A、B、C 错误。

5. D 解析:霍尔元件把磁学量转换为电学量,A 错误;由于霍尔元件中的载流子为负电荷,则负电荷的运动方向由 F 到 E ,由左手定则可知负电荷向左表面偏转,则右表面的电势高,B 错误;如果用该元件测赤道处的磁场,由于地磁场与水平面平行,因此如果霍尔元件的上表面保持水平,则左右表面间无电压产生,C 错误;根据 $qvB = q\frac{U}{d}$ 得 $U = Bdv$,又 $I = nqSv$,联立解得 $U = \frac{IBd}{nqS}$,可知保持电流不变,则左、右表面的电势差与磁感应强度成正比,D 正确。

6. (1) $R = 300 - 0.6F$ (2) 15.6 mA (3) 55 kg

解析:(1)由表中数据可归纳得出: $R = 300 - 0.6F$ 。

(2)依题意可知,电子秤空载时压力传感器受到的压力为零,电阻 $R_1 = 300\text{ }\Omega$,电路中的电流为 $I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{4.68}{300}\text{ A} = 15.6\text{ mA}$,所以该秤零刻度线应标在电流表刻度盘的 15.6 mA 处。

(3)当电流表刻度盘的读数为 $I_2 = 20\text{ mA}$ 时,压力传感器的电阻 $R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{4.68}{20 \times 10^{-3}}\text{ }\Omega = 234\text{ }\Omega$,由 $R = 300 - 0.6F$,解得 $F_2 = 110\text{ N}$ 。再由 $F_2 \cdot AO = G \cdot BO$,可得 $G = 550\text{ N}$ 。故人的体重为 $m = \frac{G}{g} = 55\text{ kg}$ 。

小测试(十七) 自制简单的控制电路

预习自评

1. D 解析:电磁继电器是利用电流的磁效应工作的,发电机是利用电磁感应原理制成的,A 错误;电磁铁的磁性强弱与电流大小、线圈的匝数及有无铁芯有关,B 错误;根据安培定则可知,电磁铁工作时,上端为 N 极,C 错误;当有人闯入保密室时会使开关 S 闭合,电磁铁有磁性,吸引衔铁向下移动,b 灯所在电路接通,b 灯亮,D 正确。

针对训练

1. A 解析:门关上时,磁条与触发器刚好靠在一起,此时报警器不工作,说明电路是断开的;当主机开关闭合时,若门被打开,磁条与主机分离,主机内的触发器就会工作,带动报警器发出报警声,说明此时触发器内开关是闭合的,A 正确;触发器与磁条之间存在磁力的作用,所以触发器不可能是铜制成的,因为铜没有磁性,B 错误;无论磁条哪个磁极靠近触发器,都存在磁力作用,所以两极对调后,该报警器仍能正常工作,C 错误;本装置是利用磁体能够吸引磁性物体的特点工作的,D 错误。

2. D 解析:当门打开时, R_3 受红外线照射,电阻减小,则电路中总电阻减小,总电流 I 增大, R_2 两端电压 $U_{R2} = E - I(R_1 + r)$ 减小, R_2 中电流 $I_{R2} = \frac{U_{R2}}{R_2}$ 减小,所以 R_3 中电流 $I_{R3} = I - I_{R2}$ 增大,电磁继电器产生的磁场增强,把衔铁吸下,红灯亮,故 D 正确,A、B、C 错误。

3. BC 解析: R_1 是光敏电阻,有光照射时,电阻变小,当有人通过而遮住光线时, R_1 的阻值变大,回路中的电流 I 减小,A、B 间的电压 $U = IR_2$ 减小,故 A 错误,B 正确;由闭合电路欧姆定律得 $U = E - I(R_1 + r)$,当仅增大 R_2 的阻值时,电路中的电流减小,A、B 间的电压 U 增大,C 正确;当仅减小 R_2 的阻值时,电路中的电流增大,A、B 间的电压 U 减小,D 错误。

4. D 解析:当温度低于 $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,线圈中没有电流,此时仅灯 L_1 亮,不报警;当温度升高到 $78\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,线圈中有电流,磁体吸引衔铁,灯 L_2 被接通,所以灯 L_2 亮报警,故 A、B、C 错误,D 正确。

5. (1)减小 增大 (2)B (3)80

解析:(1)根据题图乙可知,温度升高时,热敏电阻阻值减小,根据闭合电路欧姆定律可知,热敏电阻阻值减小,电路中电流增大,继电器的磁性就会

增大.

(2)因当环境温度超过某一值时,继电器与下触点接触,与上触点分离,警铃响,所以警铃的接线柱C应与接线柱B相连.

(3)当线圈中的电流 $I=50\text{ mA}=0.05\text{ A}$ 时,继电器的衔铁被吸合,警铃报警,控制电路的总电阻 $R_{\text{总}}=\frac{U_1}{I}=\frac{3}{0.05}\Omega=60\Omega$,热敏电阻 $R_t=R_{\text{总}}-R_0=60\Omega-30\Omega=30\Omega$,由题图乙可知,此时 $t=80^\circ\text{C}$,所以当温度 $t\geq 80^\circ\text{C}$ 时,警铃报警.

小测试(十八) 物体是由大量分子组成的

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓

2. D

针对训练

1. AC 解析:分子的直径约 10^{-10} m 或 10^{-8} cm ,故A、C正确,B、D错误.

2. AC 解析:分子的结构非常复杂,它的形状并不真的都是小球,A正确;分子的直径非常小,用光学显微镜不能观察到分子,B错误;不同分子的直径不同,但数量级是一致的,一般为 10^{-10} m ,C正确;无论固体、液体还是气体,分子之间都有间隙,D错误.

3. B 解析: $1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$,则边长为 1 nm 的立方体的体积 $V=(10^{-9})^3\text{ m}^3=10^{-27}\text{ m}^3$;将液态氢分子看作边长为 10^{-10} m 的小立方体,则每个氢分子的体积 $V_0=(10^{-10})^3\text{ m}^3=10^{-30}\text{ m}^3$,所以可容纳的液态氢分子的个数 $N=\frac{V}{V_0}=10^3$ 个,B正确,A、C、D错误.

4. BC 解析:只知道水的摩尔质量和水分子的体积,而不知道水的密度,故不能求出阿伏伽德罗常数,A错误;用水的摩尔质量除以水分子的质量可以求出阿伏伽德罗常数,B正确;用氧气的摩尔质量除以氧气分子的质量可以求出阿伏伽德罗常数,C正确;用氧气的摩尔体积除以氧气分子所占空间的体积能求出阿伏伽德罗常数,但用氧气的摩尔体积除以氧气分子的体积不能求出阿伏伽德罗常数,D错误.

5. A 解析:在标准状况下, 1 mol 氢气的体积为 22.4 L ,则每个氢气分子占据的空间体积 $V_0=\frac{V}{N_A}=\frac{22.4\times 10^{-3}}{6.02\times 10^{23}}\text{ m}^3\approx 3.72\times 10^{-26}\text{ m}^3$.按立方体

估算,则每个氢气分子占据空间体积的边长 $L=\sqrt[3]{V_0}=\sqrt[3]{3.72\times 10^{-26}}\text{ m}\approx 3.3\times 10^{-9}\text{ m}$,故A正确,B、C、D错误..

6. ABC 解析: 1 m^3 铜含有的原子数为 $\frac{N_A}{V_{\text{mol}}}$,根据 $\rho=\frac{M}{V_{\text{mol}}}$ 得 $\frac{N_A}{V_{\text{mol}}}=\frac{\rho N_A}{M}$,A正确;1个铜原子的质量为 $m=\frac{M}{N_A}$,B正确;1个铜原子占有的体积为 $\frac{V_{\text{mol}}}{N_A}$,因为 $\rho=\frac{M}{V_{\text{mol}}}$,所以 $\frac{V_{\text{mol}}}{N_A}=\frac{M}{\rho N_A}$,C正确;1 kg 铜所含有的原子数目为 $\frac{N_A}{M}\neq \rho N_A$,D错误.

7. AC 解析:地球大气层空气的质量 $m=\frac{G}{g}=\frac{4\pi R^2 p_0}{g}$,地球大气层空气分子总数 $N=\frac{m}{M}N_A=\frac{4\pi R^2 p_0}{gM}N_A$,故A正确,B错误;空气总体积 $V=Sh=4\pi R^2 h$,空气分子之间的平均距离 $d=\sqrt[3]{\frac{V}{N}}=\sqrt[3]{\frac{Mgh}{p_0 N_A}}$,故C正确,D错误.

8. (1) $3\times 10^{-9}\text{ m}$ (2) $4\times 10^{-10}\text{ m}$

解析:(1)对气体分子来说,由于分子不是紧密排列,分子的体积远小于它所占空间的体积,所以分子所占空间的体积通常以立方体模型来计算.在标准状况下,水蒸气分子间的平均距离 $L=\sqrt[3]{\frac{V}{N_A}}=$

$$\sqrt[3]{\frac{22.4\times 10^{-3}}{6.02\times 10^{23}}}\text{ m}\approx 3\times 10^{-9}\text{ m}.$$

(2)把水分子看作直径为 d 的球体,体积 $V_0=\frac{1}{6}\pi d^3$,所以一个水分子的直径 $\sqrt[3]{\frac{6V_0}{\pi}}=\sqrt[3]{\frac{6M}{\pi\rho N_A}}=\sqrt[3]{\frac{6\times 18\times 10^{-3}}{3.14\times 1.0\times 10^3\times 6.02\times 10^{23}}}\text{ m}\approx 4\times 10^{-10}\text{ m}.$

小测试(十九) 实验:用油膜法估测油酸分子的大小

预习自评

1. ABC

针对训练

1. D 解析:用注射器吸取配制好的油酸酒精溶液,把它一滴一滴地滴入小量筒中,若100滴溶液的体积是1 mL,则1滴油酸酒精溶液的体积是 10^{-2} mL ,含有油酸的体积小于 10^{-2} mL ,A错误;往浅盘里倒

入适量的水,将爽身粉(或细石膏粉)均匀地撒在水面上,B错误;用注射器往水面上滴1滴油酸酒精溶液,待油酸膜形状稳定后,将玻璃板放在浅盘上,在玻璃板上描下油酸膜的形状,C错误;将画有油酸膜轮廓的玻璃板放在坐标纸上,计算轮廓范围内正方形的个数,并求得油膜的面积,D正确。

2. B 解析:实验时应用油酸酒精溶液,计算1滴油酸酒精溶液体积时为减小测量误差要用注射器取多滴油酸酒精溶液滴入量筒测量体积,计算出1滴的体积,A错误;多滴几滴能够使测量形成的油膜体积更精确些,但多滴以后会使油膜面积增大,可能使油膜这个不规则形状的一部分与浅盘的壁相接触,这样油膜就不是单分子油膜了,B正确,C错误;为了使油酸分子紧密排列,实验时先将爽身粉均匀撒在水面上,再将一滴油酸酒精溶液滴在水面上,D错误。

3. (1)②在量筒中滴入 N 滴溶液,测出其体积 ③在水面上先撒上爽身粉(或细石膏粉),再滴入一滴油酸酒精溶液,待油膜形状稳定

(2)将油膜的厚度近似认为等于油酸分子的直径

形成的油膜面积 清晰的油膜边缘 $d = \frac{\eta V}{S}$

解析:(1)②在量筒中直接测量一滴油酸酒精溶液的体积误差太大,应先用累积法测出 N 滴该溶液体积,再求出一滴的体积,故改正为:在量筒中滴入 N 滴溶液,测出其体积;③油酸在水面上形成的油膜形状不易观察,可在水面上先撒上爽身粉(或细石膏粉),再滴油酸酒精溶液,稳定后就呈现出有清晰轮廓的油膜,故改正为:在水面上先均匀地撒上爽身粉(或细石膏粉),再滴入一滴油酸酒精溶液,待油膜形状稳定。

(2)实验中进行了一些理想化的假设,如假定油酸分子一个紧挨一个的排列在一起,将油膜的厚度近似认为等于油酸分子的直径等;实验中需要测出纯油酸体积和油酸在水面完全铺开形成的油膜面积;均匀撒爽身粉(或细石膏粉)有利于形成清晰的油膜边缘,便于测量油膜的面积;油膜的厚度为 $d = \frac{\eta V}{S}$,近似认为其等于油酸分子的直径。

4. (1)a. B步骤中,立即改成待油酸薄膜稳定后 b. C步骤中,要在水面上均匀撒上痱子粉或细石膏粉 (2)ECBAD (3) 252×10^{-10} (4)ACD

解析:(1)B步骤中,立即改成待油酸薄膜稳定后.C步骤中,要在水面上均匀撒上痱子粉或细石膏粉。

(2)事先配制油酸酒精溶液,得到一滴油酸酒精溶液中含油酸的体积,然后在浅盘中放入水,水面上撒上痱子粉,将一滴油酸酒精溶液滴入,测量油酸在水面上散开的面积,最后进行计算,则上述步骤的合理顺序是ECBAD。

(3)由图可以估算出油膜的面积是 $S = 63 \times 2 \text{ cm} \times 2 \text{ cm} = 252 \text{ cm}^2$,2滴油酸酒精溶液中含油酸的体积 $V = 2 \times \frac{0.25}{250 \times 100} \text{ mL} = \frac{1}{50\,000} \text{ mL} = 2 \times 10^{-11} \text{ m}^3$,

由此估算出油酸分子的直径是 $D = \frac{V}{S} = \frac{2 \times 10^{-11}}{252 \times 10^{-4}} \text{ m} \approx 8 \times 10^{-10} \text{ m}$ 。

(4)根据 $D = \frac{V}{S}$ 可知,错误地将油酸酒精溶液的体积直接作为油酸的体积进行计算,则测量值偏大,A正确;计算油膜面积时,错将不完整的方格作为完整方格处理,则面积的测量值偏大,则直径的测量值偏小,B错误;计算油膜面积时,只数了完整的方格数,则面积测量值偏小,则直径测量值偏大,C正确;水面上痱子粉撒得较多,油膜没有充分展开,则面积的测量值偏小,则直径测量值偏大,D正确。

小测试(二十) 分子的热运动

预习自评

1. C 解析:布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动,由于小颗粒是由大量分子构成的,所以布朗运动不是分子的热运动,A错误;同种物质的分子若所处温度不同,其热运动的剧烈程度也不同,B错误;温度是分子热运动剧烈程度的标志,温度越高,分子热运动越剧烈,与物体运动的速度无关,由于气体和液体的温度不确定,所以气体分子的热运动不一定比液体分子剧烈,故C正确,D错误。

针对训练

1. D 解析:不同的物质在相互接触时彼此进入对方的现象叫作扩散.一切物质的分子都在不停地做无规则运动,所以固体、液体或气体之间都会发生扩散现象.扩散现象表明分子处于永不停息的无规则运动状态,但分子体积太小,人们不可能直接看到,故A、B、C错误;分子热运动情况与物体的温度有关,温度越高,分子热运动越剧烈,扩散现象越明显,D正确。

2. D 解析:在扩散现象中,温度越高,扩散得越快.在腌萝卜时,是盐分子在常温下的扩散现象;炒菜时,

是盐分子在高温下的扩散现象. 因此, 炒菜时萝卜咸得快, 腌菜时萝卜咸得慢. 故 A、B、C 错误, D 正确.

3. A 解析: 高压作用下的油会透过钢管壁渗出, 说明分子间有间隙, A 错误; 水和酒精混合后总体积减小, 说明分子间有空隙, B 正确; 存放过煤的混凝土地面下一定深度内都有黑色颗粒, 此现象属于扩散现象, 说明煤分子在做无规则的热运动, C 正确; 在一杯热水中放几粒盐, 整杯水很快会变咸, 这是盐分子在高温下无规则运动加剧的结果, D 正确.

4. D

5. D 解析: 布朗运动是悬浮在液体或气体中的固体小颗粒的无规则运动, 而非分子的运动, A 错误; 布朗运动既然是无规则运动, 所以微粒没有固定的运动轨迹, B 错误; 对于某个微粒而言, 在不同时刻的速度大小和方向均是不确定的, 所以无法确定其在某一个时刻的速度, 故也就无法描绘其速度一时间图线, C 错误; 题图记录的是按相等时间间隔依次记录的某个运动微粒位置的连线, D 正确.

6. B 解析: 属扩散现象, 是两种不同物质分子热运动引起的, 不是分子间的相互吸引. 故 B 正确, A、C、D 错误.

7. BC 解析: 在光学显微镜下, 只能看到悬浮的小炭粒, 看不到水分子, A 错误; 在显微镜下看到小炭粒在不停地做无规则运动, 即布朗运动, 且炭粒越小, 运动越明显, 故 B、C 正确; 任何分子都在不停地运动, D 错误.

8. 见解析

解析: (1) 能在液体或气体中做布朗运动的微粒(可称为布朗微粒)都是很小的, 一般数量级在 10^{-6} m, 这种微粒肉眼是看不见的, 必须借助于显微镜. 冬天大风天气看到的风沙、尘土, 都是较大的颗粒, 它们的运动不能称为布朗运动. 空气中悬浮着许多布朗微粒, 但我们的眼睛看不到.

(2) 碳素墨水是由研磨得很细的炭粒散布在水溶液中构成的, 把它滴入水中, 由于碳并不溶于水, 它仍以小炭粒的形式存在, 这些小炭粒受水分子的撞击, 要做布朗运动, 并使得整杯水都黑了. 布朗运动并不是固体分子的运动, 因此说“这是碳分子做无规则运动的结果”是错误的.

小测试(二十一) 分子间的相互作用力

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)✓ (5)×

2. (1)大 (2)大

针对训练

1. ABC 解析: 由分子动理论可知分子永不停息地做无规则运动, A 正确; 酒精和水混合后总体积减小是因为分子间有空隙, B 正确; 铁块不易被压缩是分子间存在斥力, C 正确; 当分子间距离 $r < r_0$ 时, 随着 r 增大, 分子力减小, D 错误.

2. A 解析: 液体分子间距离略大于 r_0 , 故分子间相互作用在引力范围内. 草叶上的露珠在阳光照射下变成水蒸气, 这一过程属于物态变化中的蒸发过程, 吸收热量, 并且分子间距离增大, 而分子间引力随着分子间距离的增大先增大后减小, 故 A 正确, B、C、D 错误.

3. D 解析: 破碎的玻璃放在一起, 由于接触面的错落起伏, 只有极少数分子能接近到分子间有作用力的程度, 因此, 总的分子引力非常小, 不足以使它们连在一起, 故 D 正确, A、B、C 错误.

4. B 解析: 由题图可知: 分子间距离为 r_2 时分子势能最小, 此时分子间的距离为平衡距离, 分子间的作用力为零, C 错误; 当 $0 < r < r_2$ 时, 分子间的作用力表现为斥力, 当 $r > r_2$ 时, 分子间的作用力表现为引力, 故 A 错误, B 正确; 在 r 由 r_1 变到 r_2 的过程中, 分子间的作用力表现为斥力, 分子间距离增大, 分子间的作用力做正功, D 错误.

5. D 解析: 温度是分子平均动能的标志, 内能是所有分子热运动动能和分子势能的总和, 故温度不变时, 内能可能变化, A 错误; 两物体温度相同, 内能可能不同, 分子的平均动能相同, 但分子的平均速率可能不同, D 正确; 有热量从 A 传到 B, 只说明 A 的温度高, 内能大小还要看它们的总分子数和分子势能等因素, C 错误; 机械运动的速度与分子热运动的平均动能无关, B 错误.

6. BC 解析: 乙分子从 a 到 b , 再到 c 的过程中, 分子之间均表现为引力, 显然乙分子始终做加速运动, 且到达 c 点时速度最大, 故 A 错误, B 正确; 乙分子从 a 到 b 的过程中, 分子的引力一直做正功, C 正确; 乙分子由 b 到 c 的过程中, 分子力仍然做正功, D 错误.

7. BD 解析: 由分子间作用力随分子间距离的变化规律可知 $0.5r_0$ 处到 r_0 处, 分子间作用力表现为斥力, 斥力减小, 乙分子的加速度也就减小, 从 r_0 处到无穷远处, 分子间作用力表现为引力, 引力先增大后减小, 乙分子的加速度先增大后减小, A 错误; 从

0.5 r_0 处到 r_0 处乙分子受到向右的斥力,做向右的加速运动,通过 r_0 处后受到向左的引力,做向右的减速运动,在 r_0 处加速度 $a=0$,速度最大,B 正确;从 0.5 r_0 到 r_0 处分子的斥力做正功,分子势能减小,通过 r_0 后,分子的引力做负功,分子势能增大,故乙分子在 r_0 处的分子势能最小,C 错误,D 正确.

8. 见解析

解析:乙同学的说法是正确的.甲同学认为冰的体积大,分子势能大,这是错误的说法(冰的体积大的主要原因在于宏观的冰晶粒间空隙大).分子势能大小与体积有关,但二者并不一定成正比. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰变为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的水需吸热,故水的内能大,它们相同的物理量是分子平均动能,不同的物理量是分子势能,显然水的分子势能大.

小测试(二十二) 分子热运动的统计规律

预习自评

1. (1)× (2)× (3)× (4)✓

2. 平均速率 小于

针对训练

1. BCD **解析:**大量分子运动的速率分布是有规律的,可以用统计方法,而个别分子的运动速率瞬息万变,极无规律,故 B、C、D 正确,A 错误.

2. BCD **解析:**分子的速率大小与温度有关,温度越高,分子运动的平均速率越大,并非所有分子的速率都越大,故 A 错误,B、C、D 正确.

3. C **解析:**由于气体压强是由大量气体分子对器壁的碰撞作用产生的,其值与分子数密度及分子平均速率有关;对于一定质量的气体,压强与温度和体积有关.若压强不变而温度和体积发生变化(即分子数密度发生变化时), N 一定变化,故 C 正确,D 错误;若体积减小且温度也减小时, N 不一定增加,A 错误;当温度升高,同时体积增大时, N 也不一定增加,B 错误.

4. ACD **解析:**温度越高,分子的平均速率越大,但对于任意一个氮气分子来说并不一定成立,A 正确,B 错误;分子的速率遵从统计规律,即“中间多,两头少”,温度较高时,速率大的分子数一定多于温度较低时速率大的分子数,C 正确;温度越高,分子的无规则热运动越剧烈,D 正确.

5. B

6. D **解析:**由题图可知,在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 两种不同情

况下各速率区间的分子数占总分子数的百分比与分子速率间的关系图线与横轴所围面积都应该等于 1,即相等,故 A 正确,不符合题意;气体温度越高,分子无规则运动越剧烈,分子的平均速率越大,大速率的分子所占的百分比越大,故虚线对应的温度较低,平均速率较小,故 B、C 正确,不符合题意;由题图中 $0\sim 400\text{ m/s}$ 区间图线下的面积可知, $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时氧气分子速率出现在 $0\sim 400\text{ m/s}$ 区间内的分子数占总分子数的百分比比较大,故 D 错误,符合题意.

7. 大于 等于

解析:根据表格中数据可知,温度为 T_1 时分子速率较大区间的分子数占总分子数的百分比比较大,所以 T_1 大于 T_2 ,若约 10% 的氧气从容器中泄漏,温度不变,根据分子速率分布只与温度有关可知,速率处于 $400\sim 500\text{ m/s}$ 区间的氧气分子数占总分子数的百分比仍然等于 18.6%.

小测试(二十三) 固体和固体材料

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)× (4)× (5)✓ (6)✓ (7)×

2. 单晶体

针对训练

1. C **解析:**物理性质表现为各向同性的可以是多晶体,也可以是非晶体,故不能根据各向异性或各向同性来鉴别晶体和非晶体,A 错误;沿各个方向对一块均匀薄片施加拉力,发现其强度一样,表现出各向同性,可能是非晶体,也可能是多晶体,B 错误;一个固体球,如果沿其各条直径方向的导电性能不同,即具有各向异性,则该球一定是单晶体,C 正确;一块晶体,若其各个方向的导热性能相同,表现出各向同性,可能是多晶体,D 错误.

2. B **解析:**由题图(b)知,甲、丙有确定的熔点,乙没有确定的熔化温度,所以甲、丙是晶体,乙是非晶体,由题图(a)知,甲、乙的导热性能呈各向同性,丙的导热性能呈各向异性,所以丙是单晶体,故 B 正确,A、C、D 错误.

3. AD **解析:**若物体是晶体,则熔化过程中,温度保持不变,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是晶体各向异性的表现,说明云母片是晶体,B 错误;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规则,C 错误;由于石墨和金刚石的物质微粒排列结

构不同,导致了它们的物理性质不同,D正确。

4. C 解析:液晶是介于固态和液态之间的中间态,其分子排列介于二者之间,并且排列是不稳定的,容易在外界影响下发生改变,液晶具有光学各向异性,故 A、B、D 错误,C 正确。
5. C 解析:晶体中的分子只在平衡位置附近振动,不会沿三条线方向发生定向移动,A 错误;三条线段上晶体分子的数目不同,表明晶体的物理性质是各向异性的,故 B、D 错误,C 正确。
6. A 解析:用多用电表的欧姆挡沿两个对称轴 O_1O_1' 、 O_2O_2' 方向测量结果均相同,说明该样品沿 O_1O_1' 和 O_2O_2' 方向电阻率(即导电性能)不同,即物理性质表现为各向异性,A 正确,B、C 错误;如果是普通金属,可以分析出沿 O_1O_1' 方向电阻比较大,D 错误。
7. (1)在确定方向上原子有规律地排列,在不同方向上原子的排列规律一般不同 (2)原子排列具有一定的对称性
- 解析:从题图中可以看出,这几种材料的原子排列均有一定的规则,因此是晶体,具有晶体的特点。

小测试(二十四) 液 体

预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)× (4)× (5)×

2. 不浸润 表面张力

针对训练

1. D 解析:液体表面层的分子分布比内部稀疏,A 错误;液体由于表面张力作用,有使其表面积收缩到最小的趋势,故 B 错误,D 正确;液体表面层分子之间既有引力也有斥力,只是由于分子间距离较大,表现为引力,C 错误。
2. AD 解析:小昆虫在水面上“站定”或行进过程中,其脚部位置比周围水面稍下陷,但仍在水面上而未陷入水中,就像踩在柔韧性非常好的膜上一样,这是液体的表面张力在起作用,浮在水面上的缝衣针与小昆虫情况一样,故 A 正确,C 错误;小木块浮于水面上时,木块的下部实际上已经陷入水中(排开一部分水),受到水的浮力作用,是浮力与重力平衡的结果,而非表面张力在起作用,B 错误;喷泉喷到空中的水分散时,每一小部分的表面都有表面张力在起作用且水近似处于完全失重状态,因而形成球状水珠(体积一定情况下以球形表面积为最小,表面张力的作用使液体表面有收缩到最小面积的趋势),D 正确。

势),D 正确。

3. AC 解析:布伞伞面的布料有缝隙但不漏雨水,是表面张力的结果,A 正确;表面张力的方向沿着液面方向,而不是与液面垂直,B 错误;硬币能够静止在水面上是液体表面张力与其重力平衡的结果,C 正确;由于液体表面分子间距离略大于平衡位置间距 r ,故液体表面存在表面张力,D 错误。
4. D 解析:一种液体是否浸润某种固体,与这两种物质的性质均有关,不能肯定哪种液体是浸润液体或不浸润液体,A 错误;在浸润现象中,附着层里分子受到固体分子吸引力较液体内部分子吸引力大,附着层里分子分布比液体内部更密,因而在附着层里液体分子表现出相互排斥的力,附着层有扩展的趋势,故 B、C 错误,D 正确。
5. AC 解析:毛细管插入水中,管内径越小,管内水面升高得越高;管内径越粗,管内水面升高得越低,A 正确;将毛细管插入水银中,管内液面会下降,B 错误;毛细管插入浸润的液体中时管内液面上升,插入跟它不浸润的液体中时,管内液面会降低,故 C 正确,D 错误。
6. C 解析:水滴与空气接触的表面层的水分子比水滴的内部稀疏,A 错误;由图可知,水珠并没有浸润口罩内侧,因此是合格产品,浸润与不浸润现象是相对的,各种液体的密度、分子大小、分子间隙、分子间作用力大小等都各不相同,因此口罩内侧材料并不一定对所有的液体都不浸润,只要对水不浸润,就是合格产品,故 B 错误,C 正确;水滴附着层(即固液接触层)内水分子比水滴内部稀疏,D 错误。
7. D
8. C 解析:铁丝在刚离开液面时,和液面之间形成一层膜,膜中分子密度小,分子稀疏,分子力表现为引力,对铁丝产生向下的拉力作用,使天平左端下降,故 C 正确,A、B、D 错误。

小测试(二十五) 温度和温标

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)✓ (4)✓

2. (1)温度 (2)311.15 -183.15

针对训练

1. BD 解析:描述系统的状态参量不止一个,仅仅根据温度不变且处处相等,不能得出系统一定处于平衡态的结论,A 错误;根据热平衡的定义可知,B、D

正确;平衡态是针对某一系统而言的,热平衡是两个接触的系统相互影响的最终结果,C 错误。

2. ABD **解析**:系统处于平衡态时,其状态参量不变,铜块放在沸水中加热足够长的时间,冰水混合物处在 0°C 环境中,其状态参量不再变化,即处于平衡态,故 A、B 正确;刚刚放在教室里 2 分钟的一杯热水和一杯加较多冰块的可乐,温度与环境温度未达到相同,则未处于平衡态,C 错误;一瓶放在房间中很久的 84 消毒液,与环境温度相同,则处于平衡态,D 正确。

3. C **解析**:温度不同的两块金属接触,达到热平衡后,温度相同,即分子平均动能相同,故 C 正确,A、B、D 错误。

4. B **解析**:由 $T=t+273.15\text{ K}$ 得,某物体摄氏温度为 10°C 时,热力学温度为 $T=(273+10)\text{ K}=283\text{ K}$,A 错误; $\Delta T=\Delta t$,即热力学温度升高 1 K 等于摄氏温度升高 1°C ,摄氏温度升高 10°C ,对应热力学温度升高 10 K ,故 B 正确,C 错误;热力学温度和摄氏温度的温标不同,但可通过关系式 $T=t+273.15\text{ K}$ 进行转换和比较,D 错误。

5. B **解析**:气体初始温度为 27°C ,根据摄氏温标与热力学温标的关系 $T=t+273\text{ K}$,可得气体初始温度用热力学温标表示为: $T=(t+273)\text{ K}=300\text{ K}$,温度升高了 $\Delta T=20\text{ K}$,故 B 正确,A、C、D 错误。

6. CD **解析**:细管中的红色液体是用来显示球形瓶中空气的体积随温度变化情况的,测温物质是球形瓶中封闭的空气,该温度计是利用空气的热胀冷缩的性质制造的,故 C、D 正确,A、B 错误。

7. ABC **解析**:双金属温度计是利用热膨胀系数不同的铜、铁两种金属制成的,双金属片的弯曲程度随温度变化而变化,A、B 正确;题图甲中,加热时,双金属片弯曲程度增大,即进一步向上弯曲,说明双金属片下层热膨胀系数较大,即铜的热膨胀系数较大,C 正确;题图乙中,温度计示数是沿顺时针方向增大的,说明当温度升高时温度计指针沿顺时针方向转动,则其双金属片的弯曲程度在增大,故可以推知双金属片的内层一定是铁,外层一定是铜,D 错误。

8. (1)左边 (2)见解析 (3)气体的热胀冷缩 (4)细弯管再细一点,瓶子再大些且气体再多些,细弯管内的液体适当少些等

解析:(1)当温度升高时,瓶内的气体受热膨胀挤压细弯管中的液柱,液柱就会向左边移动。

(2)将此装置放在一个标准大气压下的冰水混合物中,稳定后在液柱正中间处标上 0°C ,将它放在一个标准大气压下的沸水中,稳定后在液柱正中间处标上 100°C ,然后将以上两个刻度之间的部分进行 100 等分,标上刻度就成了一个简易温度计。

(3)这个温度计的测温原理是气体的热胀冷缩。

(4)细弯管再细一点,瓶子再大些且气体再多些,细弯管内的液体适当少些等。

小测试(二十六) 实验:探究气体等温变化的规律

预习自评

1. (1)✓ (2)✓ (3)✗

2. $\frac{1}{n+1}$

针对训练

1. B **解析**:需要从管口依次向左分析,中间气室压强比管口低 ρgh_3 ,B 端气体压强比中间气室低 ρgh_1 ,所以 B 端气体压强为 $p_0 - \rho gh_3 - \rho gh_1$,故 B 正确,A、C、D 错误。

2. C **解析**:以活塞为研究对象,活塞受重力、大气压力和封闭气体的支持力,根据受力平衡得 $Mg + p_0 S = pS$,解得 $p = p_0 + \frac{Mg}{S}$,故 C 正确,A、B、D 错误。

3. D **解析**:本实验探究采用的方法是控制变量法,所以要保持被封闭气体的质量和温度不变,而不需要封闭气体的质量和温度必须相同,A 错误;由于注射器是圆柱形的,横截面积不变,所以只需测出空气柱的长度即可,B 错误;涂润滑油的主要目的是防止漏气,使被封闭气体的质量不发生变化,不仅是为了减小摩擦,C 错误;当 p 与 V 成反比时, $p - \frac{1}{V}$ 图像是一条过原点的直线,而 $p - V$ 图像是曲线,所以 $p - \frac{1}{V}$ 图像更直观,D 正确。

4. B **解析**:由题图可知空气被封闭在细管内,洗衣缸内水位升高时,被封闭的空气体积减小,根据等温变化规律可知,压强增大,B 正确,A、C、D 错误。

5. C **解析**:初状态气体压强为 $p = p_0 + p_h = 80\text{ cmHg}$,末状态气体压强为 $p' = p_0 = 75\text{ cmHg}$,由玻意耳定律得 $pLS = p'L'S$,解得 $L' = 6.4\text{ cm}$,故 C 正确,A、B、D 错误。

6. BD **解析**:题图为一一定质量的气体在发生等温变化

时的 $p-\frac{1}{V}$ 图线,由图线过原点可知 $\frac{p}{\frac{1}{V}}$ = 恒量,即

斜率 $k=pV$ 为恒量,所以 p 与 V 成反比,A 错误,B 正确;根据 $p-\frac{1}{V}$ 图线斜率的物理意义可知,C 错误,D 正确.

7. AD 解析: $D \rightarrow A$ 是一个等温过程, A 正确; BC 是等温线,而 A 到 B 温度升高, $T_1 < T_2$, B、C 错误; $B \rightarrow C$ 是一个等温过程, V 增大, p 减小, D 正确.

8. D 解析: 设 A 管内原来空气柱长度为 l , 横截面积为 S , 压强为 $p_1=72 \text{ cmHg}$, 体积为 $V_1=lS$. 抽尽 B 管上面的空气, 则 A 管内空气柱压强为 $p_2=18 \text{ cmHg}$, 体积为 $V_2=(l+9)S$. 由 $p_1V_1=p_2V_2$ 联立得 $l=3 \text{ cm}$, 故 A、B、C 错误, D 正确.

9. BD 解析: 对于管内封闭的气体, 其压强为 $p=p_0+\rho_{\text{水银}}gh_1$, 也可以有 $p=p_0+\rho_{\text{水银}}gh_2$. 则知 $h_1=h_2$, h_1 不变则 h_2 不变. 当外界压强增大时, 管内封闭气体压强 p 增大, 根据玻意耳定律 $pV=C$ 可以知道封闭气体的体积减小, 则水银柱下降. 故 B、D 正确, A、C 错误.

10. (1)B (2)保证气体状态变化过程中温度尽可能保持不变 (3)C

解析: (1)为了保证气密性, 应用橡胶套密封注射器的下端, A 需要; 由于注射器的直径均匀恒定, 根据 $V=LS$ 可知体积和空气柱长度成正比, 所以只需读取刻度尺上显示的空气柱长度, 无需测量直径, B 不需要, D 需要; 为了得知气压的变化情况, 需要读取压力表上显示的气压值, C 需要.

(2)手温会影响气体的温度, 若实验过程中气体压缩太快, 温度升高后热量不能快速释放, 气体温度会升高, 所以这样做的目的是保证气体状态变化过程中温度尽可能保持不变.

(3)当气体做等温变化时, p 与 V 成反比, 即 $p \propto \frac{1}{V}$, 故 $p-\frac{1}{V}$ 图像为直线, 所以为了能直观反映 p 与 V 成反比的关系, 应作 $p-\frac{1}{V}$ 图像, C 正确, A、B、D 错误.

11. (1)5 cm (2)80 cm

解析: (1)以活塞为研究对象, 有 $p_0S+mg=p_1S$

$$\text{得 } p_1=p_0+\frac{mg}{S}$$

$$\text{而 } p_1=p_0+\rho gh_1$$

$$\text{所以有 } \frac{mg}{S}=\rho gh_1$$

$$\text{解得 } h_1=\frac{m}{\rho S}=\frac{6.8}{13.6 \times 10^3 \times 0.01} \text{ m}=0.05 \text{ m}=5 \text{ cm.}$$

(2)在活塞上加一竖直向上的拉力, U 形管中左管水银面高出右管水银面 $h_2=5 \text{ cm}$

$$\text{封闭气体的压强 } p_2=p_0-\rho gh_2=(1 \times 10^5-13.6 \times 10^3 \times 10 \times 0.05) \text{ Pa}=93\,200 \text{ Pa}$$

$$\text{初始时封闭气体的压强为: } p_1=p_0+\frac{mg}{S}=106\,800 \text{ Pa}$$

汽缸内的气体发生的是等温变化, 根据玻意耳定律有: $p_1V_1=p_2V_2$, 即 $p_1HS=p_2H'S$

$$\text{解得: } H' \approx 80 \text{ cm.}$$

小测试(二十七) 气体的等容变化和等压变化(一)

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)✓ (4)×

2. (1)500 (2) $\frac{3}{2}$

针对训练

1. BD 解析: 由盖—吕萨克定律 $\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}$ 可知, 在压强不变时, 体积与热力学温度成正比, 故 A 错误, B 正确; 温度每升高 1°C 即 1 K , 体积增加量是 0°C 时体积的 $\frac{1}{273}$, 故 C 错误; 由盖—吕萨克定律的变形式 $\frac{V}{T}=\frac{\Delta V}{\Delta T}$ 可知, 体积的变化量与热力学温度的变化量成正比, D 正确.

2. CD 解析: 大气压不变, 水银柱的长度也不变, 所以封闭气体的压强不变, 气体做等压变化, 与温度无关, 故 A、B 错误, C 正确; 根据 $\frac{V}{T}=C$ 可知, 温度升高, 则体积增大, D 正确.

3. C 解析: 当水银柱最下端上升到 A、B 处时, 电路自动断开, 此时空气柱长度为 $L_1=L_0+\frac{L}{2}$. 在此过程中空气柱的压强不变, 根据盖—吕萨克定律有 $\frac{SL_0}{T_0}=\frac{SL_1}{T_1}$, 联立并代入数据解得 $T_1=330 \text{ K}$, C 正确, A、B、D 错误.

4. B 解析: 把罐扣在皮肤上, 罐内空气的体积等于火罐的容积, 体积不变, 气体经过热传递, 温度不断降低, 气体发生等容变化, 由查理定律可知, 气体压强减小, 小于大气压, 火罐在内外气体压力差作用下,

“吸”在皮肤上,故 A、C 错误,B 正确;因为体积不变,火罐内气体单位体积分子数不变,温度降低,压强减小,D 错误。

5. C 解析:根据查理定律可知压强的变化 Δp 与温度的变化 ΔT 成正比,根据题意可知,每升高 1°C ,压强的增量为 500 Pa ,则可知 A、B、D 错误;由查理定律可得 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_1 + \Delta p}{T_2}$,代入数据解得 $p_1 = 1.37 \times 10^5\text{ Pa}$,则它在 0°C 时,压强为 $p_0 = p_1 - 500\text{ Pa} = 1.365 \times 10^5\text{ Pa}$,C 正确。

6. C 解析:由查理定律可知,一定质量的气体在体积不变的条件下 $\frac{p}{T}$ 为恒量,且 $\Delta p = \frac{p}{T} \Delta T$. 温度由 0°C 升高到 10°C 和由 100°C 升高到 110°C , $\Delta T = 10\text{ K}$ 相同,故压强的增量 $\Delta p_1 = \Delta p_2$,C 正确,A、B、D 错误。

7. B 解析:对汽缸受力分析可知: $Mg + p_0 S = pS$,可知当温度降低时,气体的压强不变;对活塞和汽缸整体受力分析可知: $(m + M)g = kx$,可知当温度变化时, x 不变,即活塞高度 h 不变;根据盖—吕萨克定律可得 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$,故温度降低时,气体的体积减小,因 h 不变,则汽缸高度 H 减小,B 正确,A、C、D 错误。

8. ABD 解析: $V-T$ 图像中,A 与 B 的连线是一条过原点的倾斜直线,为等压线,所以 $p_A = p_B$,温度升高, $T_A < T_B$,A 正确;由题图可知,由 B 到 C 的过程中,体积不变,即 $V_B = V_C$,而温度降低,即 $T_B > T_C$,由 $\frac{p}{T} = C$ 可知 $p_B > p_C$,压强变小,B 正确,C 错误;由题图可知,由 C 到 D 的过程中,温度不变,即 $T_C = T_D$,而体积变小,即 $V_C > V_D$,由 $pV = C$ 可知 $p_C < p_D$,D 正确。

9. D 解析:此气体在 0°C 时,压强为标准大气压,所以它的体积应为 $22.4 \times 0.3\text{ L} = 6.72\text{ L}$,根据图线所示,从 p_0 到 A 状态,气体是等容变化,A 状态的体积为 6.72 L ,温度为 $(127 + 273)\text{ K} = 400\text{ K}$,从 A 状态到 B 状态为等压变化,B 状态的温度为 $(227 + 273)\text{ K} = 500\text{ K}$,根据 $\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B}$ 得, $V_B = \frac{V_A T_B}{T_A} = \frac{6.72 \times 500}{400}\text{ L} = 8.4\text{ L}$. 故 D 正确,A、B、C 错误。

10. (1) 4 kg (2) 640 cm^3

解析:(1)设物体 A 的体积为 ΔV ,有 $T_1 = 300\text{ K}$, $p_1 = 1.0 \times 10^5\text{ Pa}$

$$V_1 = (60 \times 40 - \Delta V)\text{ cm}^3$$

当活塞恰好离开 a 、 b 时,有 $T_2 = 330\text{ K}$, $p_2 = (1.0 \times 10^5 + \frac{mg}{40 \times 10^{-4}})\text{ Pa}$

$$V_2 = V_1$$

当活塞上升了 4 cm 时,有 $T_3 = 360\text{ K}$, $p_3 = p_2$, $V_3 = (64 \times 40 - \Delta V)\text{ cm}^3$

由状态 1 到状态 2 为等容过程,由查理定律有 $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$,代入数据得 $m = 4\text{ kg}$.

(2)由状态 2 到状态 3 为等压过程,由盖—吕萨克定律有 $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$,代入数据得 $\Delta V = 640\text{ cm}^3$.

11. (1) $4 \times 10^4\text{ Pa}$ (2) 见解析图

解析:(1)由状态 C→状态 D,气体发生等容变化,有 $\frac{p_C}{T_C} = \frac{p_D}{T_D}$,所以 $p_C = \frac{T_C}{T_D} p_D = \frac{8 \times 10^2}{4 \times 10^2} \times 2 \times 10^4\text{ Pa} = 4 \times 10^4\text{ Pa}$

由状态 B→状态 C,气体发生等温变化,有 $p_B V_B = p_C V_C$

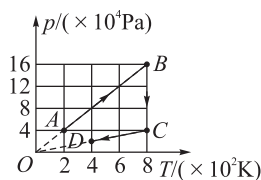
$$\text{所以 } p_B = \frac{V_C}{V_B} p_C = \frac{4}{1} \times 4 \times 10^4\text{ Pa} = 16 \times 10^4\text{ Pa}$$

由状态 A→状态 B,气体发生等容变化,有

$$\frac{p_A}{T_A} = \frac{p_B}{T_B}$$

$$\text{所以 } p_A = \frac{T_A}{T_B} p_B = \frac{200}{800} \times 16 \times 10^4\text{ Pa} = 4 \times 10^4\text{ Pa}.$$

(2) A 到 B 做等容变化,等容线在 $p-T$ 图像中为过原点的直线, B 到 C 做等温变化, C 到 D 做等容变化. 故图线如右图所示。



小测试(二十八) 气体的等容变化和等压变化(二)

预习自评

1. (1)× (2)× (3)× (4)✓ (5)✓

2. ρ

针对训练

1. ABC

2. A 解析:由理想气体状态方程 $\frac{pV}{T} = C$ 得,A 项中若使压强减小就有可能,A 正确;体积不变,温度与压强应同时变大或同时变小,B 错误;温度不变,压强与体积成反比,故不能同时增大,C 错误;温度升

高,压强减小,体积不可能减小,D错误.

3. AD

4. C 解析:只有 p 或 T 变化,不能得出体积的变化情况,A、B 错误; $\frac{p}{T}$ 增大时, V 一定减小,单位体积内的气体分子数一定增大,C 正确,D 错误.

5. A 解析:由题意可知,封闭空气温度与大气温度相同,封闭空气体积随水柱的上升而减小,将封闭空气近似看作理想气体,根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=C$,若温度降低,体积减小,则压强可能增大、不变或减小,A 正确;若温度升高,体积减小,则压强一定增大,B、C 错误;若温度不变,体积减小,则压强一定增大,D 错误.

6. C 解析:湖底压强为 $p_0 + \rho_{\text{水}} gh = 3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$,即 3 个大气压强,由理想气体状态方程可得 $\frac{3p_0 V_1}{(4+273.15) \text{ K}} = \frac{p_0 V_2}{(17+273.15) \text{ K}}$,即 $V_2 = \frac{290.15}{277.15} \times 3V_1 \approx 3.1V_1$. 所以当一气泡从湖底缓慢升到水面时,其体积约为原来的 3.1 倍,C 正确,A、B、D 错误.

7. B 解析:由理想气体状态方程得 $\frac{pV}{T}=C$ (C 为常量),可见 $pV=TC$,即 pV 的乘积与温度 T 成正比,故 B 正确,A、C、D 错误.

8. (1)85 cmHg (2)450 K

解析:(1)封闭气体初始状态的压强

$$p = p_0 + \rho g(h_1 + h_2) = 85 \text{ cmHg}.$$

(2)封闭气体初始状态的体积为 $V = LS_1 = 80 \text{ cm}^3$

温度 $T = (67 + 273) \text{ K} = 340 \text{ K}$

水银刚好全部压入细管时水银柱高度为 15 cm,此时封闭气体压强 $p_1 = p_0 + 15 \text{ cmHg} = 90 \text{ cmHg}$

体积为 $V_1 = (L + h_1)S_1 = 100 \text{ cm}^3$

$$\text{由理想气体状态方程 } \frac{pV}{T} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

解得 $T_1 = 450 \text{ K}$.

专题卷(十三) 理想气体的综合应用

针对训练

1. C 解析:取全部气体为研究对象,根据玻意耳定律有 $p_0 V_0 = p'(V_0 + nV_1)$,解得 $n = \frac{p_0 V_0 - p' V_0}{p' V_1} = \frac{150 \times 20 - 10 \times 20}{10 \times 5} \text{ 瓶} = 56 \text{ 瓶}$,故 C 正确,A、B、D 错误.

2. D 解析:取原来瓶中气体为研究对象,初态 $V_1 = V$, $T_1 = 280 \text{ K}$. 末态 $V_2 = V + \Delta V$, $T_2 = 320 \text{ K}$. 由

$$\text{盖-吕萨克定律得 } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \text{ 又 } \frac{m_{\text{余}}}{m_{\text{原}}} = \frac{V}{V + \Delta V},$$

$$\frac{m_{\text{余}}}{m_{\text{原}}} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{7}{8}, \text{ 故 D 正确,A、B、C 错误.}$$

3. AD 解析:由题意知,气体由状态①到状态②的过程中,温度不变,体积增大,根据 $\frac{pV}{T}=C$ 可知压强将减小. 对 A 图像进行分析, $p-V$ 图像是双曲线,即等温线,且由状态①到状态②,气体体积增大,压强减小,A 正确;对 B 图像进行分析, $p-V$ 图像是直线,气体温度会发生变化,B 错误;对 C 图像进行分析,可知气体温度不变,但体积减小,C 错误;对 D 图像进行分析,可知气体温度不变,压强减小,故体积增大,D 正确.

4. D 解析: $a \rightarrow b$ 过程中,温度不变,压强减小,根据 $pV=C$ 可知体积变大,A 错误; $b \rightarrow c$ 过程中,压强不变,温度降低,根据 $\frac{V}{T}=C$ 可知体积减小,B 错误; $c \rightarrow a$ 过程中,图像为过坐标原点的倾斜直线,所以体积不变,温度升高,压强增大,内能增大,C 错误,D 正确.

5. C 解析:设玻璃瓶的容积是 V ,抽气机的容积是 V_0 ,气体发生等温变化,由玻意耳定律可得 $pV = \frac{4}{5} p(V + V_0)$,解得 $V_0 = \frac{1}{4} V$,设抽 n 次后,气体压强变为原来的 $\frac{256}{625}$,由玻意耳定律可得抽一次时: $pV = p_1(V + V_0)$,解得 $p_1 = \frac{4}{5} p$,抽两次时: $p_1 V = p_2(V + V_0)$,解得 $p_2 = \left(\frac{4}{5}\right)^2 p$,抽 n 次时: $p_n = \left(\frac{4}{5}\right)^n p$,又 $p_n = \frac{256}{625} p$,则 $n = 4$,C 正确,A、B、D 错误.

6. B 解析:对 A 部分气体有 $\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p'_A V'_A}{T'_A}$,对 B 部分气体有 $\frac{p_B V_B}{T_B} = \frac{p'_B V'_B}{T'_B}$,因为 $p_A = p_B$, $p'_A = p'_B$, $T_A = T_B$,所以将上两式相除得 $\frac{V_A}{V_B} = \frac{V'_A T'_B}{V'_B T'_A}$,解得 $\frac{V'_A}{V'_B} = \frac{V_A T'_A}{V_B T'_B} = \frac{1 \times 400}{2 \times 300} = \frac{2}{3}$. 故 B 正确,A、C、D 错误.

7. D 解析:设活塞 C 向右移动 x ,最后共同的温度为 T ,压强为 p ,由理想气体状态方程可知,对 A 部分气体有 $\frac{p_1 L S}{T_1} = \frac{p(L+x)S}{T}$,对 B 部分气体有 $\frac{p_2 L S}{T_2} = \frac{p(L-x)S}{T}$,将两式相除得 $\frac{(L+x)S}{(L-x)S} = \frac{V_1}{V_2} =$

$$\frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{4}{1}, \text{故 D 正确, A、B、C 错误.}$$

8. A

9. AC 解析:药液从 B 瓶中流下,封闭气体体积增大,温度不变,根据玻意耳定律知,气体压强减小,A 瓶中空气将 A 瓶中药液压入 B 瓶补充,使 B 瓶液面保持不变,直到 A 瓶药液全部流入 B 瓶,所以 A 瓶中的药液先用完,故 A 正确,B 错误;A 瓶瓶口处压强和大气压相等,但液面下降,液体产生压强减小,因此 A 瓶内 C 处气体压强增大,故 C 正确,D 错误.

10. B 解析:首先假设水银柱不动,则 A、B 两气体发

生等容变化,由查理定律得 $\frac{p}{T} = \frac{\Delta p}{\Delta T}$,对气体 A

有 $\Delta P_A = \frac{\Delta T}{T_A} P_A$,对气体 B 有 $\Delta p_B = \frac{\Delta T}{T_B} p_B$,因为

$p_A > p_B, T_A = T_B$,故有 $\Delta p_A > \Delta p_B$,即水银柱向上移动一段距离,故 A 错误,B 正确;由于气体总体积不变,因此 $\Delta V_A = \Delta V_B$,C 错误;因 $\Delta F = \Delta p \cdot S$, $\Delta p_A > \Delta p_B, S_A > S_B$,故 $\Delta F_A > \Delta F_B$,D 错误.

11. (1)10 次 (2)20 次

解析:(1)设打气次数为 N ,以压强为 $3p_0$ 时罐中气体为研究对象,初态压强 $p_1 = p_0$

$$\text{体积 } V_1 = 0.2V + N \times \frac{1}{25}V$$

$$\text{末态 } p_2 = 3p_0, V_2 = 0.2V$$

$$\text{气体发生等温变化,有 } p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$p_0 \left(0.2V + N \times \frac{1}{25}V \right) = 3p_0 \times 0.2V$$

解得 $N = 10$ (次).

(2)设能够一次连续喷完药液需要打气次数为 N' ,对罐中气体,有

$$\text{初态 } p_1 = p_0, V_1 = 0.2V + N' \times \frac{1}{25}V$$

$$\text{末态 } p_3 = p_0, V_3 = V$$

$$\text{气体发生等温变化,有 } p_1 V_1 = p_3 V_3$$

$$p_0 \left(0.2V + N' \times \frac{1}{25}V \right) = p_0 V$$

解得 $N' = 20$ (次).

$$12. (1) \frac{1}{2}(p_0 + p) \quad (2) \frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{4}p \quad \frac{4(p_0 + p)V_0}{2p_0 + p}$$

解析:(1)设抽气前氢气的压强为 p_{10} ,根据力的平衡条件得 $(p_{10} - p) \cdot 2S = (p_0 - p) \cdot S$ ①

$$\text{解得 } p_{10} = \frac{1}{2}(p_0 + p). \quad ②$$

(2)设抽气后氢气的压强和体积分别为 p_1 和 V_1 ,氮气的压强和体积分别为 p_2 和 V_2 ,根据力的平衡条件有 $p_2 \cdot S = p_1 \cdot 2S$ ③

抽气过程中氢气和氮气的温度保持不变

$$\text{则由玻意耳定律得 } p_1 V_1 = p_{10} \cdot 2V_0 \quad ④$$

$$p_2 V_2 = p_0 V_0 \quad ⑤$$

由于两活塞用刚性杆连接,故

$$V_1 - 2V_0 = 2(V_0 - V_2) \quad ⑥$$

$$\text{联立②③④⑤⑥式解得 } p_1 = \frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{4}p$$

$$V_1 = \frac{4(p_0 + p)V_0}{2p_0 + p}.$$

小测试(二十九) 热力学第一定律 能量守恒定律

预习自评

1. (1)× (2)✓ (3)× (4)✓

2. B

针对训练

1. C 解析:外界对物体做功,同时物体放热,根据热力学第一定律可知,当外界对物体做的功大于物体放出的热量时,物体的内能将增大,A 错误;外界对物体做功,同时物体吸热,根据热力学第一定律可知,物体的内能一定增大,B 错误;物体对外做功,同时物体放热,根据热力学第一定律可知,物体的内能一定减小,C 正确;物体对外做功,同时物体吸热,根据热力学第一定律可知,当物体吸收的热量大于对外做的功时,物体的内能将增大,D 错误.

2. C 解析:外界对物体做功时 W 为正,反之为负;吸热时 Q 为正,反之为负;内能增加时 ΔU 为正,反之为负,故 C 正确,A、B、D 错误.

3. B 解析:用力 F 缓慢拉动活塞时,气体膨胀,对外做功,但由于汽缸的导热性能很好,环境温度又不改变,汽缸会从外界吸收热量而保持与环境温度相同,因而气体的内能不变,故 B 正确,A、C、D 错误.

4. D 解析:能量的转化和守恒定律是自然界普遍遵循的一个规律,适用于一切能量和一切物理过程,故 D 正确,A、B、C 错误.

5. ABD 解析:永动机是不消耗任何能量却能源源不断地对外做功的机器,这是人们的美好愿望,但它违背了能量守恒定律和热力学第一定律,这也是它不能制成的原因,而不是因为技术问题.故 A、B、D 正确,C 错误.

6. BC 解析:右边气体吸收热量后,温度升高,压强增大,隔板不再静止,向左移动,右边气体对左边气体做功,由于隔板和汽缸均绝热,则左边气体的内能增加,温度升高,A 错误;左边气体体积减小,温度升高,由 $\frac{pV}{T} = C$,可知压强增大,B、C 均正确;右边

气体对左边气体做了功,根据热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$,得右边气体内能的增加量小于电热丝放出的热量,D 错误.

7. CD 解析:物体 B 以水平速度冲上木板 A 后,由于摩擦力作用,B 减速运动,木板 A 加速运动,根据能量守恒定律,物体 B 动能的减少量等于木板 A 增加的动能和系统产生的热量之和,A 错误;根据动能定理,物体 B 克服摩擦力做的功等于物体 B 损失的动能,B 错误;由能量守恒定律可知,物体 B 损失的机械能等于木板 A 获得的动能与系统损失的机械能之和,C 正确;物体 B 克服摩擦力做的功等于物体 B 动能的减少量,摩擦力对木板 A 做的功等于木板 A 动能的增加量,整个系统克服摩擦力做的功等于系统动能的减少量,由能量守恒定律,整个系统克服摩擦力做的功等于系统内能的增加量,D 正确.

8. (1)0.6 J (2)0.2 J

解析:(1)气体温度不变,内能不变,由热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$ 得

$$Q=\Delta U-W=0-(-0.6\text{ J})=0.6\text{ J}.$$

(2)由热力学第一定律得

$$\Delta U'=Q'+W'=0.3\text{ J}+(-0.1\text{ J})=0.2\text{ J}$$

故内能增加 0.2 J.

小测试(三十) 热力学第二定律

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)✓ (4)× (5)×

2. 方向性 不违反

针对训练

1. C

2. C 解析:热力学第二定律反映了所有与热现象有关的宏观自然过程都具有方向性,A、D 错误;热量能从低温物体传给高温物体,但要产生其他影响,B 错误;气体扩散过程具有方向性,C 正确.

3. C 解析:一杯冷水自然放置,可以通过吸收空气中的热量使得其和周围的空气温度相同,而不可能变得比周围空气更热,A 错误;由于和室外没有热交换,并且压缩机工作时其电路中也会因为有电阻而产生热量,即产生的热量大于制冷量,故室内温度不降反升,B 错误;热机的效率不可能达到 100%,但是对蒸汽机不断革新,可以把蒸汽的内能尽量多地转化成机械能,C 正确;根据热力学第二定律,不可能从单一热库吸收热量并转化为功而不引起其他的变化,利用降低海水温度放出大量的热量来发电,降低海水温度的过程,消耗的能源更多,不能解

决能源短缺的问题,D 错误.

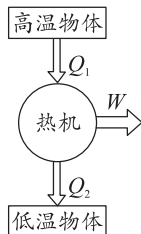
4. D 解析:机械能可以全部转化为内能,A 错误;第二类永动机不可能制造成功是因为它违背了热力学第二定律,B 错误;热量不能自发地从低温物体传到高温物体,但如果不是自发的,是可以进行的,C 错误;从单一热源吸收热量全部用来做功而不引起其他变化,是不可能的,但如果从单一热源吸收热量全部变为功的同时也引起了其他变化,是可能的,D 正确.

5. D 解析:能量在转化和转移过程中,总量是守恒的,但品质降低了,且现有可利用的能源有限,故我们要注意节约能源,D 正确,A、B、C 错误.

6. A 解析:热力学第二定律的实质:一切与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的,根据热力学第二定律可知,功转变为热的实际宏观过程是不可逆过程,A 正确;做功和传热是改变物体内能的两种方法,由热力学第一定律知:为了增加物体的内能,可以对物体做功或向它传热,单独地对物体做功,内能不一定增加,B 错误;根据热力学第二定律可知,不可能从单一热源吸收热量,使之完全变为功,而不引起其他变化,C 错误;根据热力学第二定律,不可能使热量自发地从低温物体传向高温物体,但在外界的作用下,能使热量从低温物体传向高温物体,比如电冰箱,D 错误.

7. AB 解析:温差发电现象中产生了电能是因为热水中的内能减少,一部分转化为电能,一部分散失在环境中,转化效率低于 100%,不违反热力学第二定律,热水温度降低,冷水温度升高,电流计导线也会消耗电能,故 A、B 正确,C、D 错误.

8. 见解析 解析:由题图甲可知,使热量由低温物体传递到高温物体必伴随外界做功,即引起其他变化;对于第二种方式,热机工作时,从高温物体吸收热量,只有一部分用来对外做功,转变为机械能,另一部分热量要排放给低温物体,故其示意图如图所示.



小测试(三十一) 电子的发现 原子的核式结构模型

预习自评

1. (1)× (2)× (3)✓

针对训练

- B 解析:** 汤姆孙通过对阴极射线的研究发现了电子, A 正确; 汤姆孙发现不同物质发出的阴极射线的粒子比荷相同, 这种粒子即电子, B 错误; 汤姆孙发现电子, 使人们认识到原子不是组成物质的最小微粒, 原子本身也具有复杂的结构, C 正确; 电子是带负电的, 可以在电场和磁场中偏转, D 正确。
- C 解析:** 阴极射线是高速运动的电子流, 人们只有借助于它与物质相互作用时, 使一些物质发出荧光等现象才能观察到, 故 C 正确, A、B、D 错误。
- AC 解析:** 实验证明, 阴极射线是电子, 它在电场中偏转时应偏向带正电的极板一侧, C 正确, B 错误; 加上垂直纸面向里的磁场时, 电子在磁场中受洛伦兹力作用, 要向下偏转, D 错误; 当不加电场和磁场时, 电子所受的重力可以忽略不计, 因而不发生偏转, A 正确。
- A 解析:** α 粒子散射实验中, 绝大多数 α 粒子能够穿过原子, 只有少数发生大角度偏转, 故卢瑟福在此基础上提出了原子的核式结构模型, A 正确; 在 A 位置时, 相同时间内观察到屏上的闪光次数最多, 在 B 位置时, 相同时间内观察到屏上的闪光次数较少, 故 B、C 错误; α 粒子发生散射的主要原因是 α 粒子接近金原子核后, 因库仑力作用, 且金原子核质量较大, 从而发生大角度散射, D 错误。
- D 解析:** 卢瑟福在 α 粒子散射实验中没有发现电子, A 错误; 题图中大角度偏转的 α 粒子受到的静电力先做负功, 后做正功, 则其电势能先增大后减小, B 错误; 根据 α 粒子散射实验可以估算原子核的大小, C 错误; 绝大多数 α 粒子沿原方向继续前进说明了带正电的原子核占据原子的空间很小, D 正确。
- C 解析:** 带电油滴在两板间静止时, 电场力向上, 应带负电, A 错误; 悬浮不动的油滴受力平衡, 有 $qE = mg$, 即 $q \frac{U}{d} = mg$, 所以 $q = \frac{mgd}{U}$, B 错误; 当 E 变大时, qE 变大, 合力向上, 油滴将向上运动, C 正确; 任何带电物体的电荷量都是电子电荷量的整数倍, D 错误。
- $\frac{2dE}{B^2 L^2}$ 解析:** 对带电粒子受力分析, 其加速度 $a = \frac{qE}{m}$
仅加电场时有 $d = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \left(\frac{L}{v_0} \right)^2$
加复合场时有 $qv_0 B = qE$
联立解得 $\frac{q}{m} = \frac{2dE}{B^2 L^2}$ 。

解析: 对带电粒子受力分析, 其加速度 $a = \frac{qE}{m}$

仅加电场时有 $d = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \left(\frac{L}{v_0} \right)^2$

加复合场时有 $qv_0 B = qE$

联立解得 $\frac{q}{m} = \frac{2dE}{B^2 L^2}$ 。

小测试(三十二) 光谱 氢原子光谱

预习自评

- (1)✓ (2)× (3)✓ (4)✓ (5)×

针对训练

- BC 解析:** 每种原子都有自己的结构, 只能发出由内部结构决定的自己的特征谱线, 不会因温度、所处物质不同而改变, 故 B、C 正确, A、D 错误。
- B 解析:** 原子光谱为线状谱, 不连续, A 正确; 各种原子都有自己的特征谱线, 故 B 不正确, C 正确; 根据各种原子的特征谱线进行光谱分析可鉴别物质组成, D 正确。本题选不正确的, 故选 B。
- BD 解析:** 光谱包括发射光谱和吸收光谱两种, 其中发射光谱分为连续谱和线状谱, 线状谱和吸收光谱都能体现不同原子的特征, 称为原子光谱, 各种原子的发射光谱都是线状谱, A 错误, D 正确; 往酒精灯的火焰上撒精盐, 可以用分光镜观察到钠的线状谱, B 正确; 太阳光谱是吸收光谱, 其中的暗线, 是太阳光经过太阳大气层时某些特定频率的光被吸收后而产生的, 说明太阳大气层中存在与这些暗线相对应的元素, 但是不能分析太阳的化学组成, C 错误。
- AB 解析:** 炽热的固体、液体和高压气体的发射光谱是连续谱, A 正确; 每种原子只能发出具有本身特征的某些波长的光, 各种原子的吸收光谱中的每一条暗线都跟该种原子的发射光谱中的一条明线相对应, 因此吸收光谱中的暗线, 也是原子的特征谱线, 可以用来进行光谱分析, B 正确; 太阳光谱中的暗线, 说明太阳大气中含有与这些暗线相对应的元素, C 错误; 发射光谱有连续谱和线状谱, D 错误。
- B 解析:** 由于氢原子发射的光子的能量 $E = E_n - E_m$, 所以发射的光子的能量值 E 是不连续的, 只能是一些特殊频率的谱线, 故 A 错误, B 正确; 氢原子光谱是氢原子发射光子时形成的发射光谱, 为明亮的彩色条纹, 光谱都不是连续的, 与亮度无关, C 错误; 由于跃迁时吸收或发射的光子的能量是两个能级的能量差, 所以氢原子光谱的频率与氢原子能级的能量差有关, D 错误。
- B 解析:** 高温物体的光谱包括了各种频率的光, 与其组成成分无关, A 错误; 某种物质发光的线状谱中的明线是与某种原子发出的某频率的光有关, 通过这些亮线与原子的特征谱线对照, 即可确定物质的组成成分, B 正确; 高温物体发出的光通过物质后, 某些频率的光被吸收而形成暗线, 这些暗线与所经物质有关, C 错误; 某种物质发出某种频率的

光,当光通过这种物质时它也会吸收这种频率的光,因此线状谱中的亮线与吸收光谱中的暗线相对应,D错误。

7. A 解析:谱线的波长满足公式 $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ ($n=3, 4, 5, \dots$), 当 $n=3$ 时, 波长最长, $\frac{1}{\lambda_1} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$, 当 $n=4$ 时, 波长次之, $\frac{1}{\lambda_2} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right)$, 解得 $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{27}{20}$, 由 $c = \lambda\nu$ 得 $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{20}{27}$, 故 A 正确, B、C、D 错误。

8. B 解析:将矿物的线状谱与几种元素的特征谱线进行对照,可知 b 元素的特征谱线在该线状谱中不存在,故 B 正确, A、C、D 错误。

小测试(三十三) 波尔的原子模型 能级

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)✓

2. 远 3 12.09

针对训练

1. ABC

2. C 解析:氢原子由能量为 E_n 的定态向低能级跃迁时,辐射的光子能量等于能级差,与 E_n 不同, A 错误;电子沿某一轨道绕核运动,处于某一定态,不向外辐射能量, B 错误;电子由半径大的轨道跃迁到半径小的轨道时,能级降低,因而要辐射某一频率的光子, C 正确;氢原子吸收光子后能量增加,能级升高, D 错误。

3. CD 解析:电子由外层轨道跃迁到内层轨道时,辐射出光子,电子势能减少,原子总能量减少,根据 $k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, $E_k = \frac{1}{2} mv^2$, 解得 $E_k = k \frac{e^2}{2r}$, 可知半径减小,电子动能增大,原子系统的电势能减少,故 A、B 错误, C、D 正确。

4. C 解析:根据 $C_3^3 = 3$ 可知,处于 $n=3$ 能级的大量氢原子最多能辐射出 3 种频率的光,根据 $\Delta E = h\nu$, $\nu = \frac{c}{\lambda}$ 可知,从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级放出的光子频率最小,波长最长,故 C 正确, A、B、D 错误。

5. ACD

6. C 解析:设基态的氢原子跃迁到量子数为 n 的激发态,根据 $C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2} = 3$, 解得 $n=3$, 由公式 $h\nu = E_m - E_n$ 可知,从 $n=3$ 跃迁到 $n=1$ 产生的光子能量最大,从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 产生的光子能量

最小,三种光子的最大能量差为 $\Delta E = (E_3 - E_1) - (E_3 - E_2) = E_2 - E_1 = -3.40 \text{ eV} - (-13.6 \text{ eV}) = 10.2 \text{ eV}$, 故 C 正确, A、B、D 错误。

7. D

8. B 解析:根据跃迁规律 $h\nu = E_m - E_n$ 和能级图,可知 A 错误, B 正确;氢原子吸收光子后能跃迁到最高为 $n=4$ 的能级,能发射的光子的波长种类有 $C_4^2 = 6$ 种,故 C、D 错误。

9. A 解析:氢原子从一个能级跃迁到另一个能级的过程中,只能吸收或放出一个一定频率的光子,这个光子的能量等于氢原子的两个能级差。类氢结构的氦离子吸收或放出光子规律和氢原子相同,计算可知:43.2 eV(电子)、41.0 eV(电子)电子的动能大于 E_1 和 E_2 间的差值 40.7 eV, 故可以被吸收, 54.4 eV 的光子能使该氦离子电离,而 A 中的光子则不能被吸收, 故 A 正确, B、C、D 错误。

10. (1)6 种

(2)第 4 能级向第 3 能级 $1.88 \times 10^{-6} \text{ m}$

解析:(1)由 $N = C_n^2$, 可得 $N = C_4^2 = 6$ 种。

(2)氢原子由第 4 能级向第 3 能级跃迁时,能级差最小,辐射的光子能量最小,波长最长,根据 $h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_4 - E_3$ 得 $\lambda = \frac{hc}{E_4 - E_3} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{[-0.85 - (-1.51)] \times 1.6 \times 10^{-19}} \text{ m} \approx 1.88 \times 10^{-6} \text{ m}$ 。

11. (1)13.6 eV (2)-27.2 eV

解析:(1)设处于基态的氢原子核外电子速度为

$$v_1, \text{ 则 } k \frac{e^2}{r_1^2} = \frac{mv_1^2}{r_1}$$

$$\text{所以电子动能 } E_{k1} = \frac{1}{2} mv_1^2 = \frac{ke^2}{2r_1} =$$

$$\frac{9 \times 10^9 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{2 \times 0.53 \times 10^{-10} \times 1.6 \times 10^{-19}} \text{ eV} \approx$$

$$13.6 \text{ eV}.$$

(2)因为 $E_1 = E_{k1} + E_{p1}$

$$\text{所以 } E_{p1} = E_1 - E_{k1} = -13.6 \text{ eV} - 13.6 \text{ eV} = -27.2 \text{ eV}.$$

小测试(三十四) 原子核的组成

预习自评

1. (1)B (2) ${}_{8}^{18}\text{O}$ (3)相同

针对训练

1. CD 解析:原子中除了有带负电的电子外,还有带正电的质子, A 错误;原子核中的中子数不一定跟核外电子数相等, B 错误;正是用 α 粒子轰击原子核

的实验才发现了质子,C正确;因为绝大多数原子核的质量跟质子质量之比都大于原子核的电荷量跟质子的电荷量之比,才确定原子核内还存在一种不带电的粒子,D正确.

2. AB 解析: A_ZX 的质量数为A,质子数为Z,故C、D错误;质量数=质子数+中子数,所以中子数是A-Z,A正确;核子数=质子数+中子数,则核子数等于质量数为A,B正确.

3. B 解析: ${}^{235}_{92}\text{U}$ 的质量数是235,核电荷数=质子数=92,中子数=质量数-质子数=235-92=143,故B正确,A、C、D错误.

4. AB 解析:氕、氘、氚的核子数分别为1、2、3,质子数和核外电子数相同,都为1,中子数等于核子数减去质子数,故中子数各不相同,故A、B正确,C、D错误.

5. AC 解析:原子核的原子序数与核内质子数、核电荷数、核外电子数都是相等的,且原子核内的质量数(核子数)等于核内质子数与中子数之和.由题可知这是镭的两种同位素,核内的质子数均为88,核子数分别为228和226,中子数分别为140和138; ${}^{228}_{88}\text{Ra}$ 和 ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ 是同位素,因此它们的化学性质也相同.故A、C正确,B、D错误.

6. D 解析:由核力的特点知道,只有相距 10^{-15}m 内的核子之间才存在核力,核力发生在质子与质子、质子与中子以及中子与中子之间,由此知D正确,A、B、C错误.

7. D 解析:核力是强相互作用,它可将核子束缚在原子核内,万有引力最弱,研究核子间相互作用时万有引力可以忽略,故D正确,A、B、C错误.

8. (1)均为117 均为117 (2)293 294
(3) ${}^{293}_{117}\text{Ts}$ ${}^{294}_{117}\text{Ts}$

解析:(1)元素的原子序数等于该元素原子核的核电荷数,等于核内质子数.故Ts元素的核电荷数和核内质子数均为117,中性原子核外电子数等于核内质子数,也为117.

(2)原子核的质量数等于质子数与中子数之和,故该元素中子数为176的原子核的质量数为117+176=293,中子数为177的原子核的质量数为117+177=294.

(3)元素符号一般用 A_ZX 表示,其中A表示质量数,Z表示核电荷数,由前两问可得该元素的两种同位素的原子核符号,中子数为176的原子核的符号为 ${}^{293}_{117}\text{Ts}$,中子数为177的原子核的符号为 ${}^{294}_{117}\text{Ts}$.

小测试(三十五) 放射性元素的衰变

预习自评

1. B 解析: β 衰变是原子核自发地释放一个 β 粒子(即电子)产生新核的过程,原子核衰变时质量数与电荷数都守恒,结合选项分析可知,B正确,A、C、D错误.

2. BD 解析:放射性元素的原子核有半数发生衰变所需要的时间叫作这种元素的半衰期,它与原子核全部衰变所需要的时间的一半不同;放射性元素发生衰变后成为一种新的原子核,原来的放射性元素原子核的个数不断减少,当原来的放射性元素的原子核的个数减半时,该放射性元素的原子核的总质量也减半,故B、D正确,A、C错误.

针对训练

1. C 解析:法国物理学家贝克勒尔发现了铀和含铀的矿物能够发出射线,A错误;德国物理学家伦琴发现了伦琴射线,又叫X射线,B错误;卢瑟福用 α 粒子轰击氮原子核,发现了质子,并预言了中子的存在,C正确;查德威克通过实验发现了中子,D错误.

2. AC 解析:由于 γ 射线不带电,故不偏转,打在b点;由左手定则可知,粒子向右射出后,在匀强磁场中 α 粒子受的洛伦兹力向上, β 粒子受的洛伦兹力向下,轨迹都是圆弧,A、C正确,B错误;由于 α 粒子的速度约是光速的 $\frac{1}{10}$,而 β 粒子的速度接近光速,所以在同样的复合场中不可能都做直线运动,D错误.

3. BCD 解析:人工放射性同位素的半衰期比天然放射性物质的短,A错误;人工放射性同位素的放射强度容易控制,B正确;人工放射性同位素的 γ 射线能进行金属探伤,C正确;使用人工放射性同位素也要遵守操作规程,防止对空气、水源、用具等的污染,D正确.

4. D 解析:利用放射线消除有害静电是利用 α 射线的电离性,使空气分子电离成导体,将静电导出,A错误;利用 γ 射线的贯穿性可以为金属探伤, γ 射线对人体细胞伤害太大,因此不能用来人体透视,B错误;DNA变异并不一定都是有益的,也有有害的一面,C错误;射线对人体细胞伤害太大,在治疗肿瘤时要严格控制剂量,D正确.

5. BD 解析: α 衰变是两个质子与两个中子作为一个整体从原子核中辐射出来,所以发生 α 衰变时,核内质量数减少4,A错误; β 衰变是原子核内一个中

子转化成一个质子和一个电子,所以发生 β 衰变时,核内中子数减少1,核子数不变, β 射线是原子核内发射的电子流,B正确,C错误;由三种射线性质可得,D正确。

6. A 解析: α 衰变的次数 $x_\alpha = \frac{238-206}{4} = 8$, β 衰变的次数 $x_\beta = 2x_\alpha - (Z_1 - Z_2) = 6$,质子数减少了 $y_H = 2x_\alpha - x_\beta = 2 \times 8 - 6 = 10$,中子数减少了 $y_n = 2x_\alpha + x_\beta = 22$,故A正确,B、C、D错误。

7. A 解析:放射性元素的样品不断衰变,虽然剩下未衰变的原子核越来越少,但元素的半衰期不变,因为半衰期只与原子核自身性质有关,与外界因素无关,故A正确,B、D错误; ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ 的半衰期是1小时,质量为 m 的 ${}^{212}_{83}\text{Bi}$ 经过3小时后还有 $\frac{1}{8}m$ 没有衰变,C错误。

8. AC 解析:设原来 ${}^{14}_6\text{C}$ 的质量为 M_0 ,衰变后剩余质量为 M ,则有 $M = M_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$,其中 n 为发生半衰期的次数,由题意可知剩余质量为原来的 $\frac{1}{2}$,故 $n = 1$,所以死亡时间为5730年,A正确; ${}^{14}_6\text{C}$ 的中子数是8个, ${}^{14}_7\text{N}$ 的中子数是7个,B错误; ${}^{14}_6\text{C}$ 衰变为 ${}^{14}_7\text{N}$ 的过程中质量数没有变化,而核电荷数增加1,是 ${}^{14}_6\text{C}$ 中的一个中子变成了一个质子和一个电子,放出 β 射线,C正确;放射元素的半衰期与物理环境以及化学环境无关,D错误。

9. D 解析:在放射源和计数器之间加薄铝片 L 后,发现计数器的计数率大幅度减小,说明射线中含有穿透能力弱的粒子,在 L 和计数器之间再加竖直向下的匀强磁场 B ,计数器的计数率不变,说明剩下的射线不带电,即为 γ 射线,因此放射源 x 可能是 α 射线和 γ 射线的混合放射源,故D正确,A、B、C错误。

10. C 解析:卢瑟福根据 α 粒子散射实验的现象,提出了原子核式结构模型,A错误;根据电荷数守恒、质量数守恒知, β 衰变放出一个电子,新核的电荷数增加1,即原子序数增加1,B错误;一群处于 $n=3$ 能级激发态的氢原子,自发跃迁时能发出 $C_3^2=3$ 种不同频率的光,C正确;在 α 、 β 、 γ 这三种射线中, α 射线的穿透能力最弱, γ 射线的电离能力最弱,D错误。

11. $\frac{1}{32} \text{ g}$ 20 d

解析:设钍234衰变前的质量为 M ,半衰期为 τ ,衰变时间 t 后剩余的质量为 m ,则有 $m = M \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$,

代入数据解得 $m = \frac{1}{32} \text{ g}$

设铋210的质量为 M' ,半衰期为 τ' ,衰变时间 t' 后剩余的质量为 m' ,则有 $m' = M' \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t'}{\tau'}}$,代入数据解得 $t' = 20 \text{ d}$ 。

小测试(三十六) 核反应 结合能

预习自评

1. (1)× (2)×

2. $4.3 \times 10^{-12} \text{ J}$

针对训练

1. BC 解析:核反应前后核子数相等,核反应遵循的是质量数守恒而不是质量守恒,A错误;根据核反应的特点可知,核反应方程 ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{234}_{90}\text{Th} + {}^4_2\text{He}$ 属于 α 衰变,B正确;核反应方程 ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ 属于人工核反应,C正确; β 衰变是原子核的衰变,与核外电子无关, β 衰变时释放的电子是由核内一个中子转化成一个质子的同时释放出来的,D错误。

2. D 解析:根据电荷数及质量数守恒,可得A中是正电子,B中是电子,C中是中子,D中是氦原子核,故D正确,A、B、C错误。

3. A 解析: $X \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + 8 {}^4_2\text{He} + 6 {}^0_{-1}\text{e}$,根据质量数与电荷数守恒,则有:X的质量数为238,质子数为92; $Y \rightarrow {}^{207}_{82}\text{Pb} + 7 {}^4_2\text{He} + 4 {}^0_{-1}\text{e}$,根据质量数与电荷数守恒,则有:Y的质量数为235,质子数为92; $Z \rightarrow {}^{208}_{82}\text{Pb} + 6 {}^4_2\text{He} + 4 {}^0_{-1}\text{e}$,根据质量数与电荷数守恒,则有:Z的质量数为232,质子数为90;由上可知,Z的中子数为 $232 - 90 = 142$,小于Y的中子数 $235 - 92 = 143$,A正确;由上可知,Y的质量数小于X的质量数,B错误;由于X和Y的质子数相同,即互为同位素,但Z不是,C错误;由上可知,Z的核电荷数小于Y的核电荷数,D错误。

4. D 解析:核子结合成原子核是放出能量,原子核拆解成核子是吸收能量,A错误;比结合能越大的原子核越稳定,但比结合能越大的原子核,其结合能不一定大,例如中等质量原子核的比结合能比重核大,但由于核子数比重核少,其结合能比重核小,B、C错误;中等质量原子核的比结合能比轻核的大,它的核子数又比轻核多,因此它的结合能也比较核大,D正确。

5. AD 解析:由自由核子结合成原子核的过程中,核力做正功,释放出能量,反之,将原子核分开变为自由核子它需要赋予相应的能量,该能量即为结合能,故A正确,B错误;核子较多的原子核结合能较大,但它的比结合能不一定大,比结合能的大小反

映了原子核的稳定性,比结合能越大,原子核越稳定,故 C 错误,D 正确。

6. C 解析:由题图可知 ${}^4_2\text{He}$ 核的比结合能约为 7 MeV,所以结合能约为 $4 \times 7 \text{ MeV} = 28 \text{ MeV}$,A 错误; ${}^6_3\text{Li}$ 核的比结合能比 ${}^4_2\text{He}$ 核的比结合能小,所以 ${}^4_2\text{He}$ 核更稳定,B 错误;4 个 ${}^4_2\text{He}$ 核反应生成 ${}^{16}_8\text{O}$ 核,由比结合能小的反应生成比结合能大的要释放能量,C 正确; ${}^{235}_{92}\text{U}$ 核中核子的平均结合能比 ${}^{89}_{36}\text{Kr}$ 核中的小,D 错误。

7. BC 解析: $E=mc^2$ 说明能量和质量之间存在着联系,即能量与质量之间存在着正比关系,但不能说明能量和质量之间存在相互转化的关系,故 A 错误,B 正确;核反应中的“质量亏损”并不是质量消失,实际上是由静质量变成动质量,并不是质量转变成能量,C 正确;在核反应中,质量守恒,能量也守恒,在核反应前后只是能量的存在方式不同,总能量不变,D 错误。

8. C 解析:根据电荷数守恒、质量数守恒得,X 的电荷数为 0,质量数为 1,X 为中子,A 错误;核反应中生成物核子的比结合能大于反应物的核子的比结合能,比结合能越大,原子核越稳定,则 ${}^4_2\text{He}$ 核比 ${}^3_1\text{H}$ 核更稳定,B 错误;由爱因斯坦质能方程 $\Delta E = \Delta mc^2$ 可得 $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{4E_3 - 2E_1 - 3E_2}{c^2}$,C 正确;核反应是放热反应,则生成物的结合能之和不等于反应物的结合能之和,D 错误。

9. BD 解析:原子核发生一次 β 衰变,原子核内就一定有一个中子变成一个质子并产生一个电子,释放出来就是 β 射线,A 错误;核泄漏事故污染物 ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ 会产生对人体有害的辐射,其核反应方程式为 ${}^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow {}^{137}_{56}\text{Ba} + \text{X}$,可以判断 X 为电子,B 正确;某种钚同位素的半衰期为 88 年,1 g 钚经过 440 年后还剩 $\frac{1}{32}$ g,C 错误;质子、中子、 α 粒子的质量分别是 m_1 、 m_2 、 m_3 ,质子和中子结合成一个 α 粒子,其核反应方程为 $2{}_1^1\text{H} + 2{}_0^1\text{n} \rightarrow {}^4_2\text{He}$,根据爱因斯坦的质能方程可得,释放的能量是 $\Delta E = \Delta mc^2 = (2m_1 + 2m_2 - m_3)c^2$,D 正确。

10. B 解析:根据质量数守恒与电荷数守恒可知, ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 的衰变方程为 ${}^{239}_{94}\text{Pu} \rightarrow {}^{235}_{92}\text{U} + {}^4_2\text{He} + \gamma$,A 错误;根据质能方程可知,释放的核能为 $\Delta E = \Delta mc^2 = (m_{\text{Pu}} - m_{\text{U}} - m_{\alpha})c^2$,释放的核能转变为 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 的动能、新粒子的动能和 γ 光子能量,故 B 正确,D 错误; ${}^{235}_{92}\text{U}$ 比 ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 的核子数少,则结合能比 ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 的结合能小,但 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 的比结合能比 ${}^{239}_{94}\text{Pu}$ 的比结合能

更大,C 错误。

11. $3.3 \times 10^{-13} \text{ J}$

解析:由一个质子和两个中子结合成氦核的质量亏损为 $\Delta m = m_{\text{p}} + 2m_{\text{n}} - m_{\text{T}} = 1.1 \times 10^{-29} \text{ kg}$
放出的能量 $\Delta E = \Delta mc^2 = 9.9 \times 10^{-13} \text{ J}$

则氦核的比结合能为 $\frac{\Delta E}{3} = 3.3 \times 10^{-13} \text{ J}$ 。

小测试(三十七) 核裂变 核聚变 粒子物理学发展概况

预习自评

1. (1)✓ (2)× (3)× (4)×

2. 140.4 MeV

解析:释放的总能量为 $\Delta E = (235.0439 + 1.0087 - 135.9072 - 89.9077 - 10 \times 1.0087) \times 931.5 \text{ MeV} \approx 140.4 \text{ MeV}$ 。

针对训练

1. BD 解析:铀核裂变反应中,铀核吸收一个中子而释放出几个中子,与铀核相比,两个新核的总质子数没有发生变化,而总中子数减少,A 错误,B 正确;裂变发生质量亏损,释放能量,产物的比结合能更大,在铀核裂变反应中,产物并不是唯一的,故 C 错误,D 正确。

2. A 解析:反应前 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 内的电荷数为 92,生成物中 ${}^{136}_{54}\text{Xe}$ 和 ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ 的电荷数之和也为 92,所以 Z 的电荷数为 0,Z 为中子,根据质量数守恒可知, $x = 235 + 1 - 136 - 90 = 10$,故 A 正确,D 错误; ${}^{235}_{92}\text{U}$ 的质子数为 92,中子数为 $n = 235 - 92 = 143$,B 错误; ${}^{136}_{54}\text{Xe}$ 的中子数为 $n_1 = 136 - 54 = 82$, ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ 的中子数为 $n_2 = 90 - 38 = 52$, ${}^{136}_{54}\text{Xe}$ 的中子数大于 ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ 的中子数,C 错误。

3. A 解析:根据核反应的特点可知,裂变与衰变都放出能量,A 正确;衰变方程为 ${}^{232}_{90}\text{U} \rightarrow \text{Y} + {}^4_2\text{He}$,根据电荷数守恒和质量数守恒,可知 Y 原子核中含有的电荷数为 $92 - 2 = 90$,大于 83,是具有放射性的,B 错误;根据电荷数守恒和质量数守恒,可知 X 的电荷数为 56,即质子数为 56,C 错误;半衰期由原子核内部因素决定,与外界因素无关,D 错误。

4. B 解析:铀 235 受到中子轰击时,裂变成两块质量较轻的核,同时还能放出中子,A 错误;重核裂变的过程中有质量亏损,释放核能,故裂变产生中等核的比结合能大于铀核的比结合能,B 正确;在核反应堆中,吸收中子控制反应速度的是镉棒,并非石墨,C 错误;原子核铀 238 只有在被能量很大的快中子轰击时,才能发生裂变且概率很小,而原子核

铀 235 吸收慢中子后即可产生核分裂,分裂后获得的能量可用来发电,则不能用铀 238 替代铀 235 作为核燃料,D 错误。

5. D 解析:6 个中子和 6 个质子可结合成 3 个 α 粒子,放出能量 $3 \times 28.30 \text{ MeV} = 84.9 \text{ MeV}$,3 个 α 粒子再结合成一个碳核,放出 7.26 MeV 能量,故 6 个中子和 6 个质子结合成一个碳核时,释放能量为 $84.9 \text{ MeV} + 7.26 \text{ MeV} = 92.16 \text{ MeV}$,故 D 正确,A、B、C 错误。

6. AD 解析:由核反应方程质量数守恒、电荷数守恒可知,X 是 α 粒子,其射线是 α 射线,电离本领比 γ 射线强,A 正确;比结合能越大,原子核越稳定,X 的比结合能大于氦核的比结合能,B 错误;由于核聚变时释放能量,质量亏损,所以 X 核子与中子的质量之和小于氦、氦两核子的质量之和,C 错误;要使该核反应发生,需要巨大的能量以克服氦核和氦核之间的库仑斥力,通常需要把它们加热到很高的温度,D 正确。

7. C 解析:半衰期与外界因素无关,故温度改变,半衰期不变,A 错误;根据质量数守恒、电荷数守恒判断 X 为 ${}^4_2\text{He}$,B 错误;根据爱因斯坦质能方程 $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$,解得该核反应过程产生的质量亏损为 $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$,C 正确;“核燃烧”的核反应是聚变反应,D 错误。

8. (1) ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$

$$(2) 3.22 \times 10^{-11} \text{ J} \quad (3) 2.48 \times 10^3 \text{ kg}$$

解析:(1) ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{141}_{56}\text{Ba} + {}^{92}_{36}\text{Kr} + 3{}_0^1\text{n}$

$$\begin{aligned} (2) \text{ 一个铀核发生反应的质量亏损 } \Delta m &= m_{\text{U}} + m_{\text{n}} - m_{\text{Ba}} - m_{\text{Kr}} - 3m_{\text{n}} = m_{\text{U}} - m_{\text{Ba}} - m_{\text{Kr}} - 2m_{\text{n}} = \\ &= 390.3139 \times 10^{-27} \text{ kg} - 234.0016 \times 10^{-27} \text{ kg} - \\ &= 152.6047 \times 10^{-27} \text{ kg} - 2 \times 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg} = \\ &= 0.3578 \times 10^{-27} \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{一个铀核裂变释放能量为 } \Delta E = \Delta mc^2 = 0.3578 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 \text{ J} \approx 3.22 \times 10^{-11} \text{ J}.$$

(3) 秦山核电站一年需要消耗裂变原料

$$m = \frac{650 \times 10^7 \times 365 \times 24 \times 3600}{3.22 \times 10^{-11}} \times 390.3139 \times 10^{-27} \text{ kg} \approx 2.48 \times 10^3 \text{ kg}.$$

小测试(三十八) 量子论初步

预习自评

1. (1) $\times$ (2) $\checkmark$ (3) $\checkmark$ (4) $\checkmark$ (5) $\checkmark$

2. 3.978×10^{-19}

针对训练

1. A 解析:黑体辐射电磁波的强度按波长的分布只

与黑体的温度有关,A 正确,B、C、D 错误。

2. B 解析:黑体并不是真实存在的,A 错误;普朗克引入能量子的概念,得出黑体辐射的强度按波长分布的公式,与实验符合得非常好,并由此开创了物理学的新纪元,B 正确;随着温度的升高,各种波长的辐射强度都有增加,C 错误;黑体辐射是有实验依据的,D 错误。

3. D 解析:自然界的任何物体都向外辐射红外线,温度越高,辐射电磁波的本领越强,A 错误;黑体在不断地辐射电磁波,且温度越高最强辐射波的波长越短,B 错误;黑体对于外界过来的电磁波只吸收而不反射,但黑体辐射电磁波,肉眼能看到黑体,C 错误;根据量子化的理论,黑体辐射电磁波的能量是不连续的,只能是某一最小能量值的整数倍,D 正确。

4. AD 解析:能完全吸收照射到它上面的各种频率的电磁辐射的物体称为黑体,因此黑体能够完全透射照射到它上面的光波,A 正确;由题图可知,随着温度的降低,各种波长的光辐射强度都有所减小,B 错误;随着温度的升高,黑体辐射强度的极大值向波长较短的方向移动,C 错误;黑体的辐射强度只与它的温度有关,D 正确。

5. BC 解析:由普朗克能量子假说可知带电微粒辐射或吸收的能量只能是某一最小能量值的整数倍,A、D 错误,B 正确;能量子 $\epsilon = h\nu$,与电磁波的频率 ν 成正比,C 正确。

6. D 解析:由电磁波谱可知,紫光的波长最短,A 错误;由 $\epsilon = h\nu$ 可知,光的频率越大光的能量子越强,因七种色光中,紫光的频率最大,则紫光的能量子最强,B、C 错误,D 正确。

7. A 解析:光是电磁波,辐射能量也是一份一份进行的,100 W 的灯泡每秒产生光能 $E = 100 \text{ J}$,设灯泡每秒发出的光子数为 n ,则 $E = nh\nu = nh \frac{c}{\lambda}$,在以电灯为球心的球面上,1 m^2 的面积每秒通过的光子数 $n' = \frac{n}{4\pi r^2} = \frac{E\lambda}{4\pi r^2 hc} \approx 2.4 \times 10^{17}$ 个,故 A 正确,B、C、D 错误。

8. (1) 9.4×10^{30} (2) 3.76×10^{23} $4 \times 10^{-4} \text{ W}$

解析:(1) 每个光子的能量 $\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \approx 1.06 \times$

$$10^{-27} \text{ J}, \text{ 则每秒电台发射的光子数 } N = \frac{Pt}{\epsilon} \approx 9.4 \times 10^{30}.$$

(2) 设环状天线每秒接收光子数为 n 个,以电台发射天线为球心,则半径为 R 的球面积 $S = 4\pi R^2$

而环状天线的面积 $S' = \pi r^2$

所以 $n = \frac{\pi r^2}{4\pi R^2} N = 3.76 \times 10^{23}$

接收功率 $P_{\text{收}} = \frac{\pi r^2}{4\pi R^2} P = 4 \times 10^{-4} \text{ W}$.

小测试(三十九) 光电效应 波粒二象性

预习自评

1. (1)× (2)× (3)× (4)✓ (5)× (6)✓
(7)✓ (8)✓ (9)×

2. $\frac{W_0}{h}$ $h \frac{c}{\lambda} - W_0$

针对训练

1. A 解析:由题意可知,甲灯没有使锌板产生光电效应,但乙灯使锌板发生了光电效应,故乙灯发出的光频率更高,波长更短,光电效应发生与否与光照强度无关,同种介质中光的传播速度相同,故 A 正确,B、C、D 错误.

2. C 解析:单色光照射到光电管的阴极上时,电流表有示数,说明发生了光电效应,因此入射的单色光的频率一定大于阴极材料的截止频率,A 正确;增大单色光的强度,则产生的光电流增大,电流表的示数增大,B 正确;当滑片 P 向左移时,K 极的电势比 A 极高,光电管上加的是反向电压,故滑片左移的过程中,电流表示数将减小,甚至为零,故 C 错误,D 正确.

3. C 解析:题图甲中所加的电压为反向电压,根据题意可知,遏止电压为 0.6 V ,根据 $E_k = eU_c$ 知,光电子的最大初动能 $E_k = 0.60 \text{ eV}$ 根据光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 逸出功 $W_0 = h\nu - E_k = 2.5 \text{ eV} - 0.60 \text{ eV} = 1.9 \text{ eV}$ 题图乙中所加的电压为正向电压,根据动能定理得 $eU = E_k' - E_k$,解得电子到达阳极的最大动能 $E_k' = eU + E_k = 2 \text{ eV} + 0.6 \text{ eV} = 2.6 \text{ eV}$,故 C 正确,A、B、D 错误.

4. D 解析:弧光灯发出的光经一狭缝后,在锌板上形成明暗相间的条纹,这是光的衍射,证明了光具有波动性;验电器铝箔有张角,说明锌板发生了光电效应,则证明了光具有粒子性,所以该实验证明了光具有波粒二象性,故 D 正确,A、B、C 错误.

5. D 解析:光的波粒二象性是指光既具有波动性,又具有粒子性,二者是统一的,A 错误;在光的波粒二象性中,频率越大的光其粒子性越显著,频率越小的光其波动性越显著,B 错误;光在传播时往往表现出波动性,光在跟物质相互作用时往往表现出粒子性,C 错误;光既具有粒子性,又具有波动性,大量的光子波动性比较明显,个别光子粒子性比较明

显,D 正确.

6. C 解析:根据 $p = \frac{h}{\lambda}$ 可知,激光的波长越短,其光子的动量越大,A 错误;根据 $p = \frac{h\nu}{c}$ 知,被平面反射后激光光子的动量大小不变,B 错误;功率增大,光子数增大,光束对平面的压力增大,C 正确;单位时间($t=1 \text{ s}$)内入射到平面的光子数目为 $n = \frac{Pt}{\frac{hc}{\lambda}}$

$\frac{P\lambda}{hc}$,D 错误.

7. C 解析:根据遏止电压和光电子的最大初动能的关系 $eU_c = E_k = h\nu - W_0$,可得 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_0}{e}$,知 $U_c - \nu$ 图像的斜率为 $\frac{h}{e}$,与纵轴(U_c 轴)的交点为 $-\frac{W_0}{e}$,故 A、B 错误;当 $U_c = 0$ 时,光电子最大初动能 $E_k = 0$,入射光能量恰好等于逸出功,即图像和横轴(ν 轴)的交点为该金属的截止频率 ν_c ,C 正确;当该金属的遏止电压为 U_c' 时,根据 $U_c' = \frac{E_k}{e}$ 可知,逸出光电子的最大初动能为 eU_c' ,D 错误.

8. D 解析:由题图可知,单色光 1 的遏止电压小于单色光 2 的遏止电压,最大初动能与遏止电压的关系为 $eU_c = E_k$,可知光电子的最大初动能 $E_{k1} < E_{k2}$,A 错误;单色光 2 照射时产生的光电子的最大初动能大,根据光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$ 知, $\nu_1 < \nu_2$,B 错误;遏止电压与光电子的最大初动能有关,光电子的最大初动能与入射光的频率有关,与入射光的强度无关,则增大单色光 1 的强度,不会增大其遏止电压,C 错误;根据光电效应方程知, $E_{k1} = h\nu_1 - W_0$, $E_{k2} = h\nu_2 - W_0$,解得 $\nu_1 - \nu_2 = \frac{E_{k1} - E_{k2}}{h}$,D 正确.

9. C 解析:当题图甲中滑动变阻器的滑片移到最左端,光照射金属发生光电效应,回路中仍有光电流,电流计的示数不为零,A 错误;由 $U_c = \frac{h}{e}\nu - \frac{h}{e}\nu_c$ 可知,图像的斜率 $\frac{h}{e} = \frac{2}{5 \times 10^{14}} \text{ V} \cdot \text{s}$,得 $h = 6.4 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$,B 错误;当 $U_c = 0$ 时, $\nu = \nu_c = 5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$,C 正确;当照射光的频率为 $1.75 \times 10^{15} \text{ Hz}$ 时,逸出的光电子的最大初动能为 $E_k = eU_{c1} = 8.0 \times 10^{-19} \text{ J}$,D 错误.

10. (1) $h \frac{c}{\lambda_0}$ (2)1:2

解析:(1)依题意,用波长为 λ_0 的单色光 A 照射某

金属板时,根据光电效应方程,有 $h \frac{c}{\lambda_0} - W_0 = 0$

同理,用波长为 $\frac{\lambda_0}{2}$ 的单色光 B 照射该金属板,有

$$E_k = h \frac{c}{\frac{\lambda_0}{2}} - W_0, \text{联立可得 } E_k = h \frac{c}{\lambda_0}.$$

(2)根据 $p = \frac{h}{\lambda}$ 得, A 、 B 两种光子的动量之比

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{\frac{h}{\frac{\lambda_0}{2}}}{\frac{h}{\lambda_0}} = \frac{1}{2}.$$

11. (1) 4.0×10^{12} 个 9.6×10^{-20} J (3) $0.66 \mu\text{m}$

解析:(1)由题图可知,最大光电流为 $0.64 \mu\text{A}$,则

每秒钟阴极发射的光电子数 $n = \frac{I_m t}{e} =$

$$\frac{0.64 \times 10^{-6} \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} \text{个} = 4.0 \times 10^{12} \text{个}$$

由题图可知,发生光电效应时的截止电压是

0.6 V ,所以光电子的最大初动能 $E_{\text{km}} = eU_c =$

$$0.60 \text{ eV} = 9.6 \times 10^{-20} \text{ J}.$$

(2)根据光电效应方程得 $E_{\text{km}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0}$

代入数据得 $\lambda_0 \approx 0.66 \mu\text{m}$.