

13. 开发更为安全、清洁的能源是人类不懈的追求。关于核反应 ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ ，下列说法正确的是

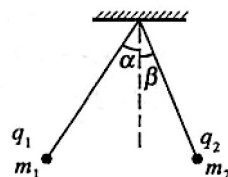
- A. 该核反应属于重核的裂变
- B. 该核反应属于轻核的聚变
- C. 该核反应过程没有质量亏损
- D. 目前核电站利用的就是该核反应所释放的能量

14. 关于红、紫两束单色光，下列说法正确的是

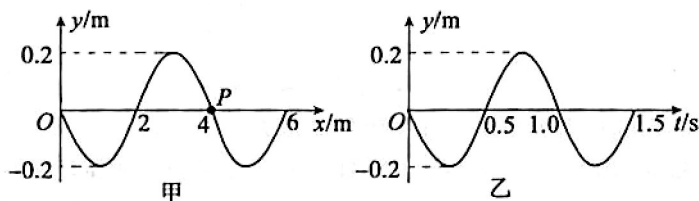
- A. 在空气中红光的波长较长
- B. 在同一玻璃中红光的速度较小
- C. 红光的光子能设较大
- D. 用同一装置做双缝干涉实验时，红光的干涉条纹间距较小

15. 如图所示，两条不等长的细线一端固定在同一点，另一端分别拴两个带同种电荷的小球，两小球所带的电荷量分别为 q_1 、 q_2 ，质量分别为 m_1 、 m_2 ，当两小球静止时恰好处于同一水平线上，且 $\alpha > \beta$ ，则造成 $\alpha > \beta$ 的原因是

- A. $m_1 < m_2$
- B. $m_1 > m_2$
- C. $q_1 < q_2$
- D. $q_1 > q_2$



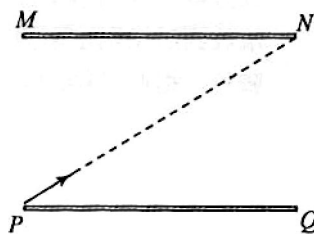
16. 图甲为一列横波在 $t = 0$ 时刻的波动图像，图乙为图甲中 P 质点的振动图像。则



- A. 该波沿 x 轴正方向传播
- B. 该波的周期为 4.0s
- C. 该波的波速为 40m/s
- D. P 质点在 0.5s 时的速度最大

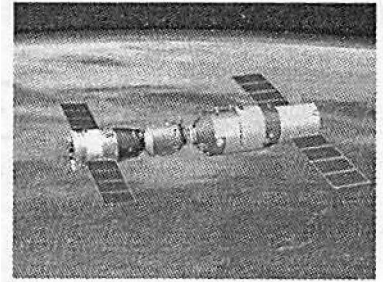
17. 如图所示，平行板电容器上极板 MN 与下极板 PQ 水平放置，一带液滴从下极板 P 点射入，恰好沿直线从上极板 N 点射出。下列说法正确的是

- A. 该电容器上极板一定带负电
- B. 液滴从 P 点到 N 点的过程中速度增加
- C. 液滴从 P 点到 N 点的过程中电势能减少
- D. 液滴从 P 点以原速度射入时，若再加一垂直纸面向内的匀强磁场，则液

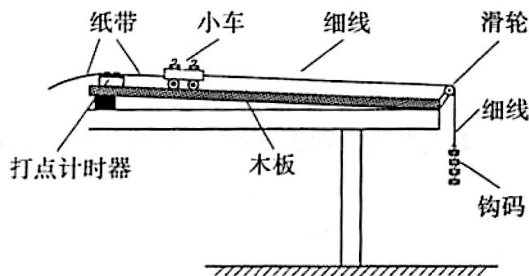


滴可能做匀速直线运动

18. 2016年10月17日，“神舟十一号”与“天宫二号”交会对接成为组合体，如图所示。10月20日组合体完成点火程序，轨道高度降低。组合体在高、低轨道上正常运行时均可视为做匀速圆周运动。下列说法正确的是

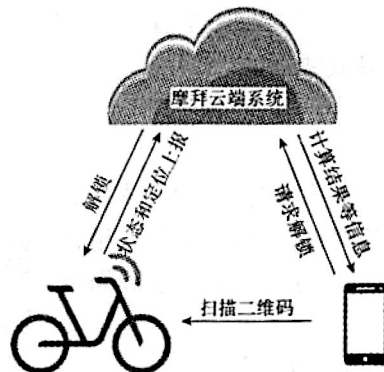


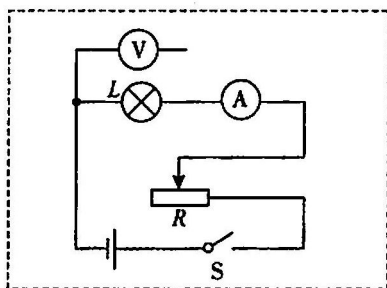
- A. 在低轨道上运行时组合体的加速度较小
 - B. 在低轨道上运行时组合体运行的周期较小
 - C. 点火过程组合体的机械能守恒
 - D. 点火使组合体速率变大，从而降低了轨道高度
19. 小芳同学想利用图示装置验证“物体质量一定时，其加速度与所受的合力成正比”这一结论。她先将6个相同的钩码全部放入小车中，在长木板左下方垫上适当厚度的小物块，使小车在木板上恰能匀速下滑。现从小车中依次取 $n=1,2,3,4,5,6$ 个钩码挂在细线右端，其余钩码仍留在小车内，并正确完成了后续的实验操作。设小车运动的加速度大小为 a 。下列说法正确的是



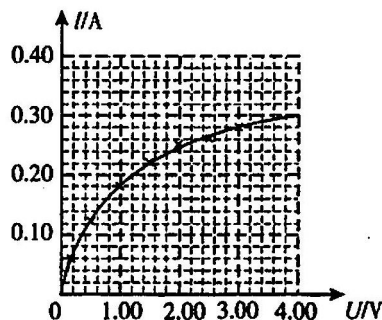
- A. 该实验中细线对小车的拉力等于所悬挂钩码的总重力
 - B. 利用该方案无法验证“物体质量一定时，其加速度与所受的合力成正比”这一结论
 - C. 该同学根据实验数据描绘的加速度 a 随 n 的变化图像应当是一条过原点的直线
 - D. 若实验中保持木板水平，则该同学描绘的加速度 a 随 n 变化的图像不是直线
20. 骑自行车有很多益处，可缓解交通压力，可节能减排；骑自行车时，人做功要消耗体能，还可强身健体。成人在平路上骑自行车时所受阻力约为 20N 。

近来多个城市推出摩拜单车，车锁内主要集成了芯片、GPS定位模块和SIM卡等，便于掌控自行车的具体位置和状态，其工作原理如图所示。使用摩拜单车APP，用户可以查看并找到单车位近，扫描车身上的二维码，通过手机网络发送到云端请求解锁，云端收到后识别该车辆并发送解锁指令，摩拜单车执行解锁指令自动开锁，用户便可开始骑行。据此材料，以下推断错误的是





甲



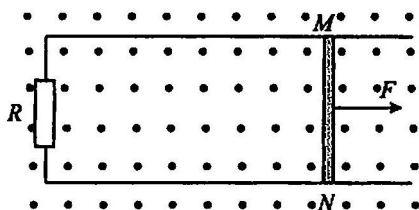
Z

④该同学在获得了③中小灯泡的 $I-U$ 图像后，又把两只这样的小灯泡并联，直接接在电动势为 4V 、内阻为 8Ω 的电源上组成闭合回路。请你利用图像计算此时一只小灯泡的功率约为 _____ W （结果保留 2 位有效数字）。

⑤该同学看到实验室还有一个最大阻值为 $17\text{k}\Omega$ 的滑动变阻器尼，想进一步探究若用 R_3 来替换本实验中的滑动变阻器结果会怎样，请你分析论证该同学能否比较方便地获取多组数据，进而得到比较理想的小灯泡的伏安特性曲线。

22. (16分)

足够长的平行光滑金属导轨水平放置，间距 $L = 0.4\text{m}$ ，一端连接 $R = 1\Omega$ 的电阻，导轨所在空间存在竖直向上的匀强磁场，磁感应强度 $B = 1\text{T}$ ，其俯视图如图所示。导体棒 MN 放在导轨上，其长度恰好等于导轨间距，其电阻 $r = 1\Omega$ ，与导轨接触良好，导轨电阻不计。在平行于导轨的拉力 F 作用下，导体棒沿导轨向右匀速运动，速度 $v = 5\text{m/s}$ 。求：



- (1) 通过导体棒的电流 I 的大小;
- (2) 导体棒两端的电压 U , 并指出 M 、 N 两点哪一点的电势高;
- (3) 拉力 F 的功率 P_F 以及整个电路的热功率 R_Q 。

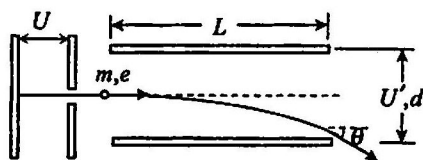
23. (18分)

物理学对电场和磁场的研究促进了现代科学技术的发展，提高了人们的生活水平。

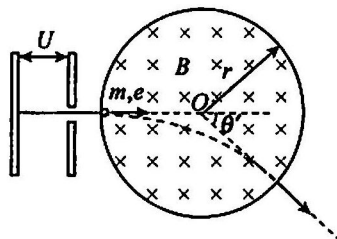
- (1) 现代技术设备中常常利用电场或磁场来改变或控制带电粒子的运动。现有一质量为 m 、电荷量为 e 的电子由静止经电压为 U 的加速电场加速后射出（忽略电子所受重力）。
- a. 如图甲所示，若电子从加速电场射出后沿平行极板的方向射入偏转电场，偏转电场可看作匀强电场，板间电压为 U' ，极板长度为 L ，板间距为 d ，求电子射入偏转电场时速度的大小 v 以及射出偏转电场时速度偏转角 θ 的正切值；
- b. 如图乙所示，若电子从加速电场射出后沿直径方向进入半径为 r 的圆形磁场区域，该磁场的磁感应强度大小为 B 、方向垂直纸面向里。设电子射出磁场时的速度方向与射入时相比偏转

了 θ' 角, 请推导说明增大偏转角 θ' 的方法(至少说出两种)。

- (2) 磁场与电场有诸多相似之处。电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$, 请你由此类比, 从运动电荷所受的洛伦兹力 F 洛出发, 写出磁感应强度 B 的定义式; 并从宏观与微观统一的思想出发构建一个合适的模型, 推理论证该定义式与 $B = \frac{F_{\text{安}}}{IL}$ 这一定义式的一致性。



甲



乙

24. (20分)

动量守恒定律是一个独立的实验定律, 它适用于目前为止物理学研究的一切领域。运用动量守恒定律解决二维问题时, 可以在相互垂直 x 、 y 的两个方向上分别研究。

- (1) 如图1所示, 质通分别为叫 m_1 、 m_2 的球1和球2构成的系统, 不考虑系统的外力作用。球1以速度 v_1 (方向沿 x 轴正向) 与静止的球2碰撞, 若速度 v_1 不在两球球心的连线上, 碰撞之后两球的速度 v_1' 、 v_2' 都会偏离 v_1 的方向, 偏角分别为 θ 和 φ , 且 v_1 、 m_1 、 m_2 、 θ 、 φ 均已知。

- 请写出计算 v_1' 、 v_2' 的大小时主要依据的关系式;
- 请分析说明球1对球2的平均作用力 F 的方向。

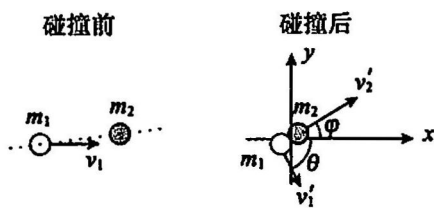


图1

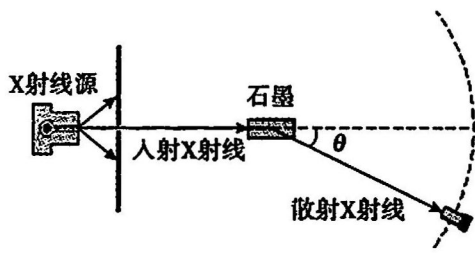


图2

- (2) 如图2所示, 美国物理学家康普顿及其团队将 X 射线入射到石墨上, 发现被石墨散射的 X 射线中除了有与入射波长相同的成分外, 还有与入射波长不同的成分。我国物理学家吴有训在此项研究中也做出了突出贡献, 因此物理学界也把这一效应称为“康普顿-吴效应”。由于这一现象很难用经典电磁理论解释, 所以康普顿提出光子不仅有能量, 也具有动量, 光子的动量 P 与其

对应的波长 λ 之间的关系为 $P = \frac{h}{\lambda}$ (h 为普朗克常量)。进一步研究表明 X 射线的散射实质是单个光子与单个电子发生碰撞的结果。由于电子的速度远小于光的速度, 可认为电子在碰撞前是静止的。现探测到散射 X 射线的波长不同于入射 X 射线的波长, 请你构建一个合理的相互作用模型, 解决以下问题:

- 请定性分析散射后 X 射线的波长 λ' 与入射 X 射线的波长 λ 的大小关系;

偏转角为 θ 。求 $\theta = \frac{\pi}{2}$ 时电子获得的动量。

理科综合参考答案及解析

B选项真核细胞的增殖方式为：有丝分裂，减数分裂，无丝分裂，前两者能发生染色单体的分离，而无丝分裂没有染色体和染色单体出现，故**B**正确。

C选项 $M-CTX$ 为大分子，进入细胞方式为胞吞，不是主动运输，**C**错误；**D**选项 CTX 可与上述种类肿瘤细胞表面特有的受体结合，可以更好的识别肿瘤细胞，进而进行治疗，故**D**正确。

阻遏现象是阻止某个反应或过程，ABC均体现了阻遏或抑制作用，而D选项是促性腺激素分泌减少使性激素分泌也减少，体现的是对性激素分泌过程的促进作用减弱，故D错。

D选项 Ag^+ 为重金属，绝大多数酶是蛋白质，所以 Ag^+ 会通过使酶变性，进而影响小球藻的生命活动，故**D错误**。

D选项测亚硝酸盐含量，使用比色法，如果标准溶液浓度配制偏低，通过颜色对比后，会使样品管的颜色与更高浓度的标准液颜色接近，所以使测得的浓度偏高，故**D**错误。

本题主要考查的是氧化还原在生活中的应用。

C选项红酒中的 SO_2 具有还原性，能与空气中的氧气反应；**D**选项食品中的还原铁粉具有还原性的可与空气中的水和氧气反应。

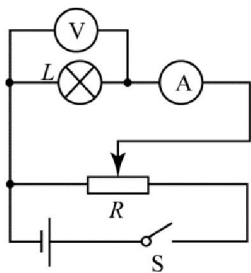
D选项相同浓度情况下，碳酸钠溶液碱性强于碳酸氢钠溶液。是因为碳酸钠水解对应的“碳酸氢根”弱于碳酸氢钠水解对应的酸“碳酸”，越弱越水解，所以碳酸钠水解程度大于碳酸氢钠，碱性更强，但与元素周期律无关，故错误。

C选项浓硝酸能氧化一氧化氮而稀硝酸不行，所以浓硝酸的氧化性大于稀硝酸，故正确。**D**选项通过实验证明乙醇与钠的反应弱于水与钠的反应，所以结论正确，故选项正确。

D选项本题提到乙醇属于亲水性溶剂，乙二醇与乙醇结构相似，所以也属于亲水性溶剂。由于乙醇提取能力较弱，所以乙二醇提取能力同样较弱。

C选项^{ab}段可以看出，在开始通电的一瞬间 pH 值急剧上升，又由**B选项**可知，阳极仅发生生成氧气和氢离子的反应，理论上应该是 pH 值下降的过程。明显与图像不符，所以需要考虑溶液中离子移动，很明显当氢离子移动向阴极的速率大于氢离子生成速率的时候，氢离子浓度会呈现断崖式下降，造成 pH 值急剧升高。**bc**段 pH 值平稳下降，说明此时氢离子浓度在阳极是整体升高的，逐渐升高到原有状态，所以此时氢离子生成速率大于移动速率。**D选项**^{bc}段中阳极的反应是铜离子优先得电子生成铜

8/13



③增大； 11Ω

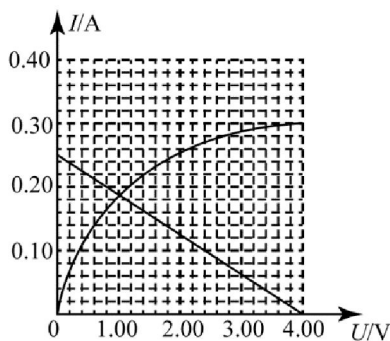
④ 0.18W

⑤见解析

【解析】

(2)

④当电源与两个并联的灯泡连接时，每个灯泡的电流应为干路电流的一半，只需将电源的外特性曲线的 I 轴坐标变为一半即可得出灯泡两端的 $I-U$ 图像，如图所示，其交点坐标表示两灯泡并联在该电源两端时每个灯泡的电流和电压，由图像可读出单个灯泡功率为 0.18W 。



⑤本实验目的是测量小灯泡伏安特性曲线，电流、电压数据需要从 0 开始，需要采用分压接法；如选取 R_3 滑动变阻器，滑动变阻器左端与灯泡并联，再与滑动变阻器右端串联。移动滑片时，在滑动变阻器左端阻值较小时，小灯泡两端的电压变化非常不明显，而当滑动变阻器左端阻值非常大时，右端阻值与灯泡差不多，此时灯泡两端电压变化非常快，无法准确调节。故采用 R_3 无法得到比较理想的伏安特性曲线。

22. 【答案】

(1) $I = 1\text{A}$ (2) $U = 1\text{V}$ ， N 点电势高 (3) $P_F = 2\text{W}$ ， $P_Q = 2\text{W}$

【解析】

(1) 切割产生的电动势 $E = BLv = 2\text{V}$ ；

$$I = \frac{E}{R + r} = 1\text{A}$$

电路中电流为

(2) 路端电压 $U = IR = 1\text{V}$ ，根据右手定则可知， N 端为电源正极，即 N 点电势高。

(3) 因为导体棒做匀速直线运动，所以 $F - F_{\text{安}} = 0$ ，即 $F = F_{\text{安}} = BIL = 0.4\text{N}$ ；

拉力的功率为 $P_F = Fv = 2\text{W}$ 。

整个电路的热功率为 $P_Q = I^2(R + r) = 2\text{W}$

23.

【答案】

(1) a. $v = \sqrt{2Ue/m}$, $\tan\theta = \frac{U'L}{2Ud}$;

b. 增大磁感应强度 B , 增大匀强磁场半径 r , 减小加速电场强度 U ;

(2) $B = \frac{F_{\text{洛}}}{qv}$, 证明见解析。

【解析】

(1) a. 在加速电场中, 由动能定理可知:

$$Ue = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

$$\text{解得 } v = \sqrt{2Ue/m}$$

在偏转电场中, 电子做类平抛运动, 设运动时间为 t

由运动分解可知:

$$\text{水平方向 } L = vt$$

$$\text{竖直方向 } v_y = at, \quad \frac{U'}{d}e = ma$$

$$\text{速度偏转角正切值为 } \tan\theta = \frac{v_y}{v}$$

$$\text{解得 } \tan\theta = \frac{U'L}{2Ud}$$

b. 由 a 问可知, 入射电场的速度为 $v = \sqrt{2Ue/m}$

在匀强磁场中, 电子做匀速圆周运动, 依据圆周运动规律可知:

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

$$\text{解得 } R = \sqrt{\frac{2Um}{eB^2}}$$

电子在磁场中的运动轨迹右图所示依据几何关系可知:

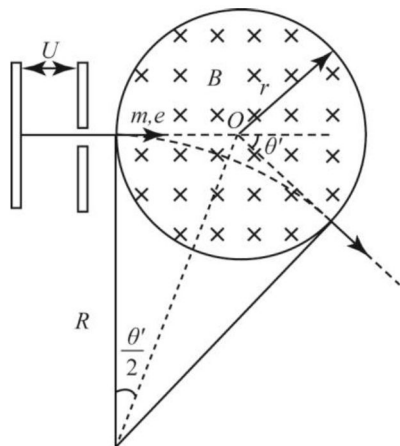
$$\tan \frac{\theta'}{2} = \frac{r}{R}$$

$$\text{解得 } \tan \frac{\theta'}{2} = r \sqrt{\frac{eB^2}{2Um}}$$

增大偏转角 θ' 即增大 $\tan \frac{\theta'}{2}$, 可采用的方法有:

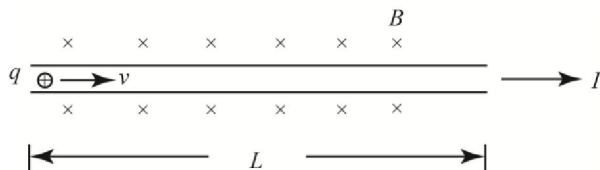
增大磁感应强度 B , 增大匀强磁场半径 r , 减小加速电场强度 U

(2) 由洛伦兹力公式 $F_{\text{洛}} = qvB$ 可知, $B = \frac{F_{\text{洛}}}{qv}$



根据题意构建模型如下:

如图所示, 在一匀强磁场中有一段固定的长为 L 的直导线, 已知导线横截面积为 S , 单位体积内自由电荷数为 n , 导线内自由电荷的定向移动速率为 v , 磁场的磁感应强度为 B 。



则导线内自由电荷数 $N = nSL$,

安培力与洛伦兹力的关系为 $F_{\text{安}} = Nq\vec{v} \times \vec{B}$, 导线内电流的微观表达式为 $I = nqSv$,

$$B = \frac{F_{\text{洛}}}{qv} = \frac{F_{\text{安}} / N}{qv} = \frac{F_{\text{安}}}{qvNL} = \frac{F_{\text{安}}}{IL},$$

联立上面3式可得 $B = \frac{F_{\text{洛}}}{qv}$ 与 $B = \frac{F_{\text{安}}}{IL}$ 这一定义式是一致的。

【解析】

(1)

a. 以碰撞后 x 轴、 y 轴方向为正方向, 分别列出两轴的动量守恒表达式如下:

$$\begin{cases} x: m_1 v_1 = m_1 v_1' \cos \theta + m_2 v_2' \cos \varphi \\ y: m_2 v_2' \cos \theta - m_1 v_1' \sin \theta = 0 \end{cases}$$

b. 对球2, 由动量定理:

$$F \Delta t = m_2 v_2' - 0$$

可知, F 的方向与 v_2' 相同, 与水平方向夹角为 φ

(2)

a.

依题意, 建立如(1)中的碰撞模型,

$$\text{入射 X 射线的光子能量为 } E = h \frac{c}{\lambda}, \text{ 散射后的 X 射线的光子能量为 } E' = h \frac{c}{\lambda'}$$

设碰撞后电子的动能为 E_e , 碰撞中可能存在的能量损失为 $\Delta E_{\text{损}}$ 由能量守恒定律:
 $E = E' + E_e + \Delta E_{\text{损}}$

$$\text{可知, } E > E', \text{ 即 } h \frac{c}{\lambda} > h \frac{c}{\lambda'}, \text{ 所以 } \lambda < \lambda'$$

设散射后电子获得的动量为 p_e , 方向与 X 射线入射方向夹角为 φ , 由(1)结论可知,

$$\begin{cases} \text{入} & \frac{h}{\lambda} = p_e \cos \varphi + \frac{h}{\lambda'} \cos \theta \\ \text{垂} & 0 = p_e \sin \varphi - \frac{h}{\lambda'} \sin \theta \end{cases} \quad \text{带入 } \theta = \frac{\pi}{2} \text{ 解得:}$$



$$p_e = h\sqrt{\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda'^2}}$$

b.