

# 2024 北京西城高三二模

## 物 理

2024.5

本试卷共 10 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效、考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

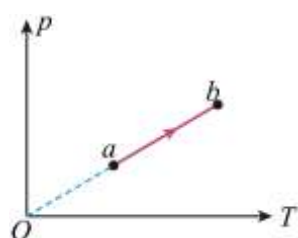
### 第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 下列现象可以说明光具有粒子性的是 ( )

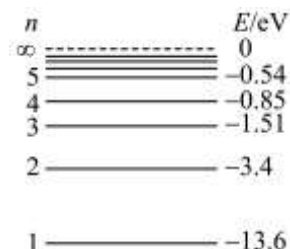
- A. 光电效应                      B. 光的偏振                      C. 光的衍射                      D. 光的干涉

2. 如图所示，一定质量的理想气体从状态  $a$  沿图示路径变化到状态  $b$ ，此过程中 ( )



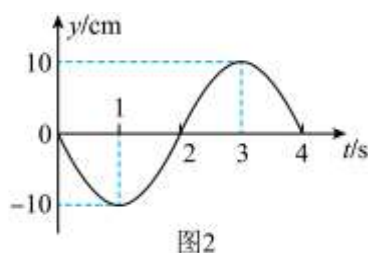
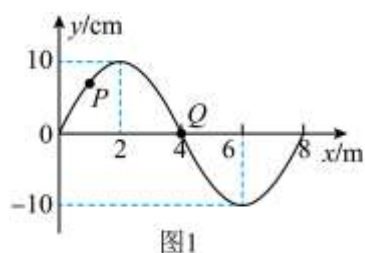
- A. 气体的体积减小                      B. 气体的内能减小  
C. 气体从外界吸热                      D. 气体对外界做功

3. 氢原子的能级图如图所示，大量氢原子处于  $n=3$  能级，关于这些氢原子，下列说法正确的是 ( )



- A. 氢原子向低能级跃迁只能发出 2 种不同频率的光子  
B. 氢原子跃迁到  $n=1$  能级，辐射光子的能量最大  
C. 氢原子跃迁到  $n=2$  能级，辐射光子的频率最高  
D. 氢原子跃迁到  $n=4$  能级，需吸收 1.5eV 的能量

4. 一列沿  $x$  轴传播的简谐横波， $t=0$  时刻的波形图如图 1 所示， $P$ 、 $Q$  是介质中的两个质点，图 2 是质点  $Q$  的振动图像。下列说法正确的是 ( )

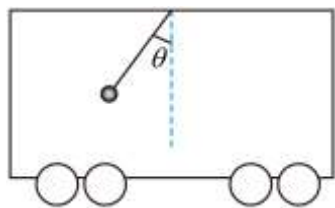


- A. 该波沿  $x$  轴正方向传播                      B. 该波的速度为 0.5m/s

C. 此刻质点  $P$  沿  $y$  轴负方向运动

D. 质点  $Q$  在  $2s$  内运动的路程为  $20cm$

5. 列车沿平直的道路做匀变速直线运动，在车厢顶部用细线悬挂一个小球，小球相对车厢静止时，细线与竖直方向的夹角为  $\theta$ 。下列说法正确的是（ ）



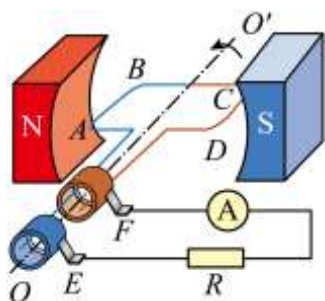
A. 列车加速度的大小为  $g \tan \theta$

B. 列车加速度的大小为  $g \sin \theta$

C. 细线拉力的大小为  $mg \sin \theta$

D. 细线拉力的大小为  $mg \cos \theta$

6. 如图为交流发电机的示意图，N、S 极间的磁场可视为水平方向的匀强磁场，矩形线圈  $ABCD$  绕垂直于磁场的轴  $OO'$  沿逆时针方向匀速转动，发电机的电动势随时间的变化规律为  $e = 20 \sin(100\pi t) V$ ，外电路接有阻值  $R = 10\Omega$  的定值电阻，线圈电阻不计，下列说法正确的是（ ）



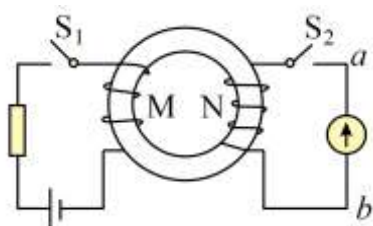
A. 电流变化的周期为  $0.01s$

B. 电流表的示数为  $2A$

C. 线圈经过图示位置，电流方向改变

D. 线圈在图示位置时，产生的电动势为  $20V$

7. 如图所示，软铁环上绕有 M、N 两个线圈，线圈 M 与直流电源、电阻和开关  $S_1$  相连，线圈 N 与电流表和开关  $S_2$  相连。下列说法正确的是（ ）



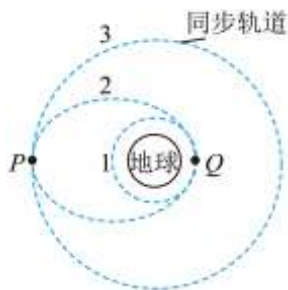
A. 保持  $S_1$  闭合，软铁环中的磁场为逆时针方向

B. 保持  $S_1$  闭合，在开关  $S_2$  闭合的瞬间，通过电流表的电流由  $b \rightarrow a$

C. 保持  $S_2$  闭合，在开关  $S_1$  闭合的瞬间，通过电流表的电流由  $b \rightarrow a$

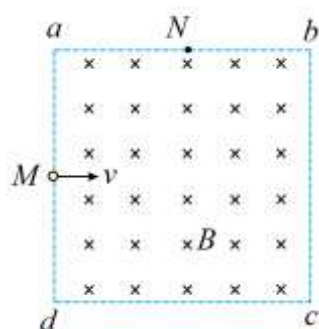
D. 保持  $S_2$  闭合，在开关  $S_1$  断开的瞬间，电流表所在回路不会产生电流

8. 如图所示，发射地球同步卫星时，先将卫星发射至近地圆轨道 1，然后经变轨，使其沿椭圆轨道 2 运行，最后再次变轨，将卫星送入同步圆轨道 3。轨道 1、2 相切于  $Q$  点，轨道 2、3 相切于  $P$  点。当卫星分别在 1、2、3 轨道上运行时，下列说法正确的是（ ）



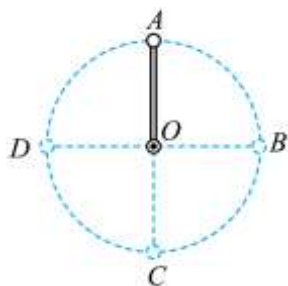
- A. 卫星在轨道 2 上经过  $Q$  点的速度小于在轨道 1 上经过  $Q$  点的速度
- B. 卫星在轨道 2 上经过  $Q$  点的机械能等于在轨道 2 上经过  $P$  点的机械能
- C. 卫星在轨道 2 上经过  $P$  点的机械能等于在轨道 3 上经过  $P$  点的机械能
- D. 卫星在轨道 2 上经过  $P$  点的加速度小于在轨道 3 上经过  $P$  点的加速度

9. 如图所示，正方形区域  $abcd$  内存在匀强磁场，磁场方向垂直纸面向里。一带电粒子从  $ad$  边的中点  $M$  以速度  $v$  垂直于  $ad$  边射入磁场，并恰好从  $ab$  边的中点  $N$  射出磁场。不计粒子的重力，下列说法正确的是（ ）



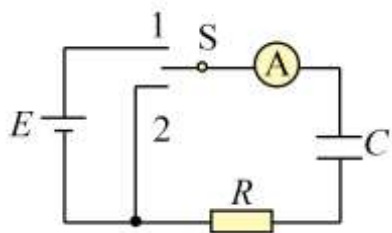
- A. 粒子带负电
- B. 若粒子射入磁场的速度增大为  $2v$ ，粒子将从  $a$  点射出
- C. 若粒子射入磁场的速度增大为  $2v$ ，粒子将从  $b$  点射出
- D. 若粒子射入磁场的速度增大为  $2v$ ，粒子在磁场中的运动时间将变短

10. 如图所示，长为  $L$  的杆一端固定在过  $O$  点的水平转轴上，另一端固定质量为  $m$  的小球。杆在电动机的驱动下在竖直平面内旋转，带动小球以角速度  $\omega$  做匀速圆周运动，其中  $A$  点为最高点， $C$  点为最低点， $B$ 、 $D$  点与  $O$  点等高。已知重力加速度为  $g$ ，下列说法正确的是（ ）



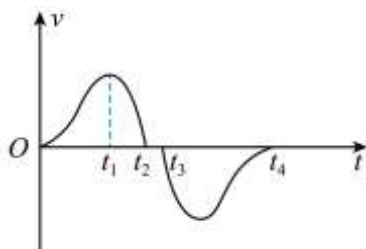
- A. 小球在  $B$ 、 $D$  两点受到杆的作用力大于  $mg$
- B. 小球在  $A$ 、 $C$  两点受到杆的作用力大小的差值为  $6mg$
- C. 小球在  $B$ 、 $D$  两点受到杆的作用力大小等于  $m\omega^2 L$
- D. 小球从  $A$  点到  $B$  点的过程，杆对小球做的功等于  $mgL$

11. 将直流电源、电阻、电容器、数字电流表以及单刀双掷开关  $S$  组装成如图所示的实验电路。将  $S$  拨至 1 给电容器充电，较长时间后，将  $S$  拨至 2 让电容器放电。已知电源的电动势为  $E$ ，内阻为  $r$ ，电容器的电容为  $C$ ，电阻的阻值为  $R$ 。下列说法正确的是（ ）



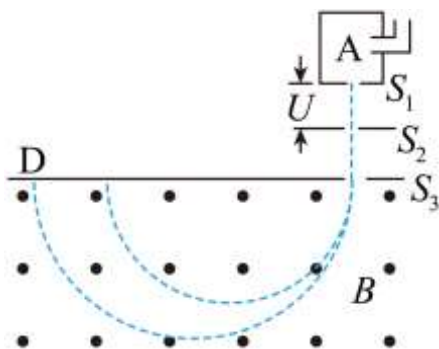
- A. 充电过程，电流表示数逐渐增大
- B. 充电过程，电源为整个电路提供的电能为  $CE^2$
- C. 放电过程，通过电阻  $R$  的电流方向向左
- D. 放电过程，通过电阻  $R$  的电荷量为  $\frac{REC}{R+r}$

12. 2023 年，我国“双曲线二号”火箭完成垂直起降飞行试验，意味着运载火箭的可重复使用技术取得了重要突破。试验过程中，火箭持续向下喷射燃气获得竖直向上的推力，若地面测控系统测出火箭竖直起降全过程的  $v-t$  图像如图所示，火箭在  $t=0$  时刻离开地面，在  $t_4$  时刻落回起点。不计空气阻力及火箭质量的变化，下列说法正确的是（ ）



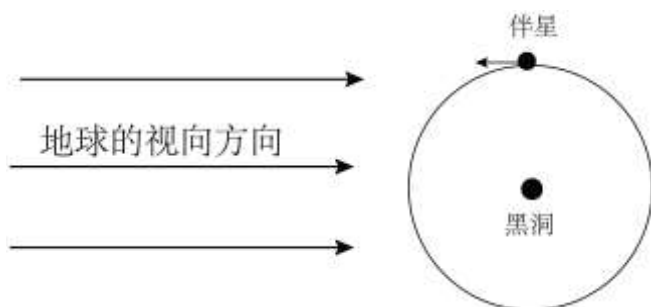
- A. 在  $t_1$  时刻，火箭上升到最高位置
- B. 在  $0 \sim t_1$  时间内，火箭受到的推力先增大后逐渐减小为零
- C. 在  $t_1 \sim t_2$  时间内，火箭动能的减少量小于重力势能的增加量
- D. 在  $t_3 \sim t_4$  时间内，火箭处于失重状态

13. 质谱仪可用来分析带电粒子的基本性质，其示意图如图所示。 $a$ 、 $b$  是某元素的两种同位素的原子核，它们具有相同的电荷量，不同的质量。 $a$ 、 $b$  两种带电粒子持续从容器 A 下方的小孔  $S_1$  飘入加速电场，初速度几乎为 0，加速后从小孔  $S_2$  射出，又通过小孔  $S_3$ ，沿着与磁场垂直的方向进入匀强磁场中，最后打到照相底片  $D$  上并被吸收。测得  $a$ 、 $b$  打在底片上的位置距小孔  $S_3$  的距离分别为  $L_1$ 、 $L_2$ ， $a$ 、 $b$  打在底片上的强度（数值上等于单位时间内打在底片上某处的粒子的总动能）分别为  $P_1$ 、 $P_2$ 。不计原子核的重力及相互作用力，下列说法正确的是（ ）



- A.  $a$ 、 $b$  的质量之比  $m_1:m_2 = L_1:L_2$
- B.  $a$ 、 $b$  分别形成的等效电流之比  $I_1:I_2 = P_1:P_2$
- C.  $a$ 、 $b$  对底片的作用力大小之比  $F_1:F_2 = P_1:P_2$
- D.  $a$ 、 $b$  在磁场中运动时间之比  $t_1:t_2 = 1:1$

14. 黑洞是存在于宇宙空间中的一种特殊天体。人们可以通过观测黑洞外的另一个天体（也称伴星）的光谱来获取信息。如图所示，若伴星绕黑洞沿逆时针方向做匀速圆周运动，伴星的轨道与地球的视向方向共面。人们在地球上观测到的伴星光谱谱线的波长  $\lambda' = \left(1 + \frac{v}{c}\right)\lambda$ ，式中  $\lambda$  是光源静止时的谱线波长， $c$  为光速， $v$  为伴星在地球视向方向的分速度（以地球的视向方向为正方向）。已知引力常量  $G$ ，不考虑宇宙膨胀和黑洞引力导致的谱线波长变化。下列说法正确的是（ ）

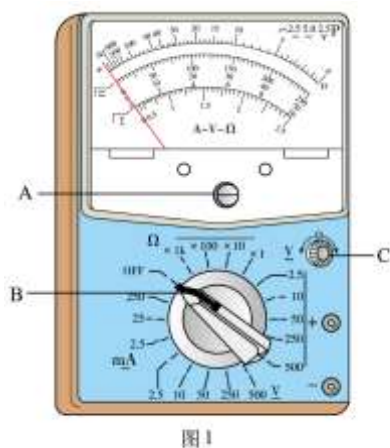


- A. 观测到伴星光谱谱线的波长  $\lambda' < \lambda$ ，对应着伴星向远离地球的方向运动
- B. 观测到伴星光谱谱线波长的最大值，对应着伴星在图中 A 位置
- C. 根据伴星光谱谱线波长变化的周期和最大波长可以估测黑洞的密度
- D. 根据伴星光谱谱线波长变化的周期和最大波长可以估测伴星运动的半径

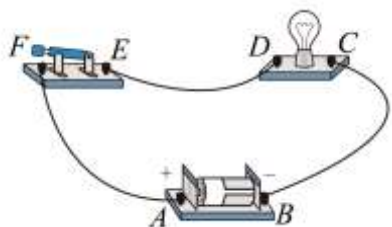
## 第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. 利用双缝干涉测量光的波长。已知双缝相距为  $d$ ，测得双缝到光屏的距离为  $L$ ，相邻两条亮纹中心间距为  $\Delta x$ ，则光的波长  $\lambda =$ \_\_\_\_\_。
16. 某同学用多用电表测量电阻。使用前，观察到多用电表指针已经对准表盘左侧的零刻度。使用时，先将选择开关调到欧姆挡“ $\times 1$ ”挡，再将红、黑表笔短接，调节图 1 中的\_\_\_\_\_旋钮（选填“A”“B”或“C”），使指针指到表盘右侧的零刻度处；然后将红、黑表笔接在电阻两端，发现指针的位置如图 2 所示，则该电阻的阻值约为\_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

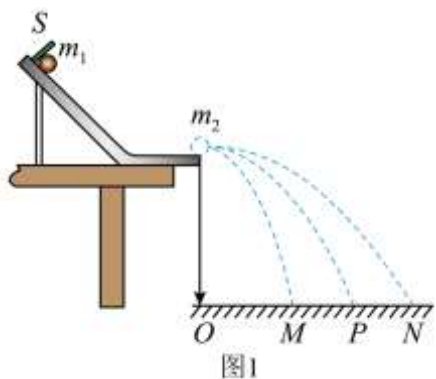


17. 将电池、开关和灯泡组成串联电路，如图所示。闭合开关时，发现灯泡不发光。为了寻找故障原因，某同学在闭合开关且不拆开导线的情况下，用多用电表 2.5V 直流电压挡进行检测。他将红表笔与接线柱 A 接触并保持不动，用黑表笔分别接触接线柱 B、C、D、E、F。他发现，当黑表笔接触 B、C、D 时，示数为 1.50V；黑表笔接触 E、F 时，示数为 0。若该电路中只存在一处故障，则灯泡不发光的原因可能是（ ）



- A. 灯泡短路  
B. 开关接触不良  
C. DE 间导线断路  
D. AF 间导线断路

18. 某同学用如图 1 所示的装置来完成“验证动量守恒定律”实验。用天平测量小球 1 和 2 的质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$ ，且  $m_1 > m_2$ 。在木板上铺一张白纸，白纸上铺放复写纸，记下重锤线所指的位置 O。先不放球 2，使球 1 从斜槽上某一点 S 由静止滚下，多次实验，找到其落点的平均位置 P。再把球 2 静置于斜槽末端，让球 1 仍从 S 处由静止释放，与球 2 相碰后两球均落在水平木板上，多次重复该过程，找到两球落点的平均位置 M 和 N。



(1) 本实验应满足的条件是\_\_\_\_\_

- A. 轨道光滑



B. 调节斜槽末端水平

C. 小球 1 的半径等于小球 2 的半径

D. 需要的测量仪器有刻度尺和秒表

(2) 用刻度尺测量出水平射程  $OM$ 、 $OP$ 、 $ON$ ，在误差允许的范围内，若满足\_\_\_\_\_关系，可说明两个小球的碰撞过程动量守恒。

(3) 本实验通过测量小球做平抛运动的水平射程来代替小球碰撞前后的速度，依据是\_\_\_\_\_。

(4) 某同学拍摄了台球碰撞的频闪照片如图 2 所示，在水平桌面上，台球 1 向右运动，与静止的台球 2 发生碰撞。已知两个台球的质量相等，他测量了台球碰撞前后相邻两次闪光时间内台球运动的距离  $AB$ ， $CD$ ， $EF$ ，其中  $EF$  与  $AB$  连线的夹角为  $\alpha$ ， $CD$  与  $AB$  连线的夹角为  $\beta$ 。

从理论分析，若满足\_\_\_\_\_关系，则可说明两球碰撞前、后动量守恒；再满足\_\_\_\_\_关系，则可说明是弹性碰撞。

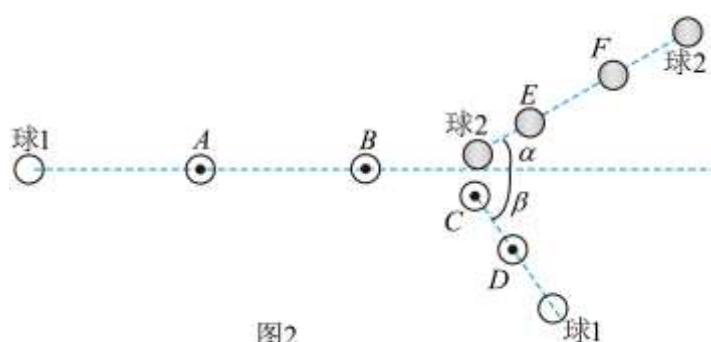


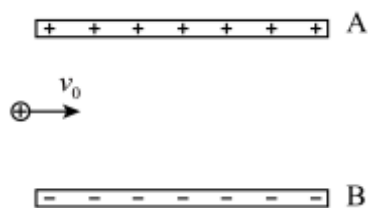
图2

19. 如图所示，两平行正对的极板 A 与 B 的长度均为  $L$ ，极板间距为  $d$ ，极板间的电压为  $U$ ，板间的电场可视为匀强电场。一个质量为  $m$ ，电荷量为  $q$  的带正电的离子，沿平行于板面的方向射入电场中，射入时的速度为  $v_0$ ，离子穿过板间电场区域。不计离子的重力，求：

(1) 离子从电场射出时垂直板方向偏移的距离  $y$ ；

(2) 离子从电场射出时速度方向偏转的角度  $\theta$ （可用三角函数表示）；

(3) 离子穿过板间电场的过程中，增加的动能  $\Delta E_k$ 。

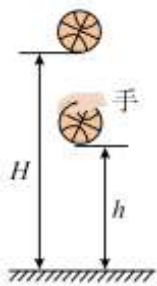


20. 如图所示，质量  $m = 0.6\text{kg}$  的篮球从离地高度  $H = 0.8\text{m}$  处由静止释放，与地面发生第一次碰撞后反弹，达到最高点时离地高度  $h = 0.45\text{m}$ ，篮球与地面发生作用的时间  $\Delta t = 0.1\text{s}$ 。篮球反弹至最高点后，运动员通过竖直向下拍击篮球对其做功，使篮球与地面发生第二次碰撞，碰后恰能反弹至离地高度  $H = 0.8\text{m}$  处。若篮球两次与地面碰撞损失的机械能相同，重力加速度  $g = 10\text{m/s}^2$ ，不计空气阻力。求：

(1) 篮球第一次与地面碰撞的过程中，损失的机械能  $E_{\text{损}}$ ；

(2) 篮球第一次与地面碰撞的过程中，受到地面的平均作用力的大小  $F$ ；

(3) 运动员拍击篮球的过程，对篮球做的功  $W$ 。



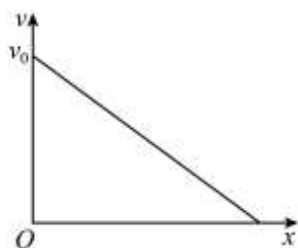
21. 传统车辆刹车时使用机械制动方式，利用刹车装置使车辆受到制动力（即阻力）而减速，将减小的动能全部转化成内能。有些新能源电动车刹车时会使用一种“再生制动”方式，该方式在制动时能将汽车减少的动能转化为电能加以储存利用，这些减少的动能也被称为可回收的动能。

一辆质量为  $m$  的电动汽车在平直路面上行驶，某一时刻同时开启机械制动和再生制动，汽车的速度从  $v_1$  减为  $v_2$  的过程，位移大小为  $x_1$ ；此后，只开启机械制动，直至汽车停止，汽车又向前行驶的位移大小为  $x_2$ 。假设机械制动使汽车受到的制动力恒定，空气阻力不计。

（1）求只开启机械制动的过程，汽车受到的制动力大小  $f$ ；

（2）求同时开启机械制动和再生制动的过程，汽车可回收的动能  $E_{\text{回}}$ 。

（3）从物体的运动情况确定其受力特征是力学研究的一个重要思路。为检测再生制动的性能，在汽车速度为  $v_0$  时，研究人员只开启再生制动方式，测绘了汽车速度随位移变化的关系图线如图所示，图线是一条直线，其斜率的绝对值为  $k$ 。根据加速度的定义，结合图像，推导汽车加速度  $a$  随  $v$  变化的规律及受到的制动力  $F$  随  $v$  变化的规律。



22. 在半导体芯片加工中常用等离子体对材料进行蚀刻，用于形成半导体芯片上的细微结构。利用电磁场使质量为  $m$ 、电荷量为  $e$  的电子发生回旋共振是获取高浓度等离子体的一种有效方式。其简化原理如下：如图 1 所示，匀强磁场方向垂直纸面向里，磁感应强度大小为  $B$ ；旋转电场的方向绕过  $O$  点的垂直纸面的轴顺时针旋转，电场强度的大小为  $E$ ；旋转电场带动电子加速运动，使其获得较高的能量，利用高能电子使空间中的中性气体电离，生成等离子体。

（提示：不涉及求解半径的问题，圆周运动向心加速度的大小可表示为  $a_n = \omega v$ ）

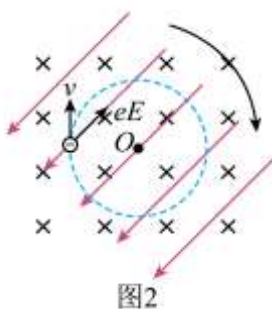
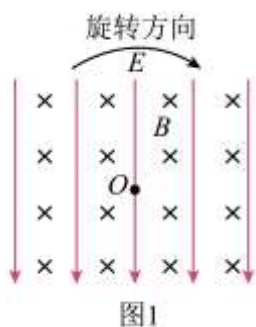
（1）若空间只存在匀强磁场，电子只在洛伦兹力作用下做匀速圆周运动，求电子做圆周运动的角速度  $\omega_0$ 。

（2）将电子回旋共振简化为二维运动进行研究。施加旋转电场后，电子在图 2 所示的平面内运动，电子运动的过程中会受到气体的阻力  $f$ ，其方向与速度  $v$  的方向相反，大小  $f = kv$ ，式中  $k$  为已知常量。最终电子会以与旋转电场相同的角速度做匀速圆周运动，且电子的线速度与旋转电场力的夹角（小于  $90^\circ$ ）保



持不变。只考虑电子受到的匀强磁场的洛伦兹力、旋转电场的电场力及气体的阻力作用，不考虑电磁波引起的能量变化。

- 若电场旋转的角速度为  $\omega$ ，求电子最终做匀速圆周运动的线速度大小  $v$ ；
- 电场旋转的角速度不同，电子最终做匀速圆周运动的线速度大小也不同。求电场旋转的角速度  $\omega$  多大时，电子最终做匀速圆周运动的线速度最大，并求最大线速度的大小  $v_{\max}$ 。
- 旋转电场对电子做功的功率存在最大值，为使电场力的功率不小于最大功率的一半，电场旋转的角速度应控制在  $\omega_1 \sim \omega_2$  范围内，求  $|\omega_2 - \omega_1|$  的数值。



# 参考答案

## 第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 【答案】A

【详解】光电效应现象说明光具有粒子性，干涉现象、衍射现象和偏振现象说明光具有波动性。

故选 A。

2. 【答案】C

【详解】A. 由理想气体状态方程  $\frac{PV}{T} = C$  可得，气体从状态  $a$  沿图示路径变化到状态  $b$  气体的压强与温度成正比，体积不变。故 A 错误；

BCD. 由于气体的温度升高，所以气体的内能增大，由热力学第一定律

$$\Delta U = W + Q$$

因为气体体积不变，即气体对外界做功为 0，所以气体一定从外界吸热。故 C 正确，BD 错误。

故选 C。

3. 【答案】B

【详解】A. 大量氢原子处于  $n = 3$  能级的氢原子向低能级跃迁只能发出  $C_3^2 = 3$  种不同频率的光子，选项 A 错误；

BC. 氢原子跃迁到  $n = 1$  能级，能级差最大，则辐射光子的能量最大，频率最高，选项 B 正确，C 错误；

D. 氢原子跃迁到  $n = 4$  能级，需吸收  $(-0.85\text{eV}) - (-1.51\text{eV}) = 0.66\text{eV}$  的能量，选项 D 错误。

故选 B。

4. 【答案】D

【详解】A. 由图 2 质点  $Q$  的振动图像知， $Q$  点先向  $y$  轴负方向振动，根据同侧法知，该波沿  $x$  轴负方向传播，A 错误；

B. 由图知，该波  $\lambda = 8\text{m}$ ， $T = 4\text{s}$ ，则波速为

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

代入得

$$v = 2\text{m/s}$$

B 错误；

C. 该波沿  $x$  轴负方向传播，由同侧法知，此刻质点  $P$  沿  $y$  轴正方向运动，C 错误；

D. 质点  $Q$  在 2s 内运动半个周期，其的路程为

$$s = 2A = 20\text{cm}$$

D 正确；

故选 D。

5. 【答案】A

【详解】AB. 设列车的加速度大小为  $a$ ，根据力的合成与分解以及牛顿第二定律有

$$F_{\text{合}} = mg \tan \theta = ma$$

得列车加速度的大小为

$$a = g \tan \theta$$

故 A 正确，B 错误；

CD. 根据

$$T \cos \theta = mg$$

得

$$T = \frac{mg}{\cos \theta}$$

故 CD 错误。

故选 A。

6. 【答案】D

【详解】A. 由  $e = 20 \sin(100\pi t)$  V 可知

$$\frac{2\pi}{T} = 100\pi$$

解得

电流变化的周期

$$T = 0.02\text{s}$$

故 A 错误；

B. 由  $e = 20 \sin(100\pi t)$  V 可知电压的有效值为

$$U = \frac{20}{\sqrt{2}} \text{ V} = 10\sqrt{2} \text{ V}$$

电流表的示数

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10\sqrt{2}}{10} \text{ A} = \sqrt{2} \text{ A}$$

故 B 错误；

C. 线圈经过中性面时，电流方向改变，图示位置为与中性面垂直的位置，电流方向不变，故 C 错误；

D. 线圈在图示与中性面垂直的位置时，产生的电动势最大，为 20V。故 D 正确。

故选 D。

7. 【答案】C

【详解】A. 由右手螺旋定则可以判断出，软铁环中的磁场为顺时针方向，故 A 错误；

B. 保持  $S_1$  闭合，在开关  $S_2$  闭合的瞬间，N 线圈中磁通量不变，没有感应电流产生。故 B 错误；

C. 保持  $S_2$  闭合，在开关  $S_1$  闭合的瞬间，N 线圈中磁通量增大，根据楞次定律可以判断，通过电流表的电

流由  $b \rightarrow a$ 。故 C 正确；

D. 保持  $S_2$  闭合，在开关  $S_1$  断开的瞬间，N 线圈中磁通量减小，根据“增反减同”可以判断，通过电流表的电流由  $a \rightarrow b$ 。故 D 错误。

故选 C。

#### 8. 【答案】B

【详解】A. 卫星从轨道 1 变轨到轨道 2，需要在  $Q$  点加速做离心运动，所以在轨道 1 上经过  $Q$  点时的速度小于它在轨道 2 上经过  $Q$  点时的速度，故 A 错误；

B. 卫星在轨道 2 上运动时只有万有引力做功，机械能守恒，经过  $Q$  点的机械能等于在轨道 2 上经过  $P$  点的机械能，故 B 正确；

C. 卫星从轨道 2 变轨到轨道 3，需要在  $P$  点加速做离心运动，卫星在轨道 2 上经过  $P$  点的机械能小于在轨道 3 上经过  $P$  点的机械能，故 C 错误；

D. 根据

$$G \frac{Mm}{r^2} = ma$$
$$a = \frac{GM}{r^2}$$

卫星在轨道 2 上经过  $P$  点的加速度等于在轨道 3 上经过  $P$  点的加速度，故 D 错误。

故选 B。

#### 9. 【答案】D

【详解】A. 根据左手定则可知粒子带正电。故 A 错误；

BC. 根据

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

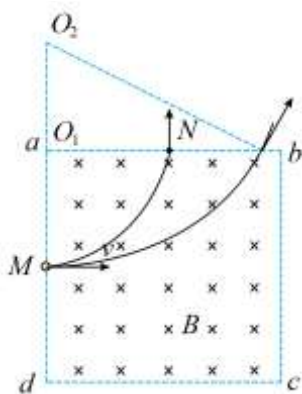
解得

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

设正方形边长为  $L$ ，粒子以速度  $v$  和速度  $2v$  进入磁场，有

$$\frac{L}{2} = \frac{mv}{qB}, \quad L = \frac{m \cdot 2v}{qB}$$

轨迹如图



可知若粒子射入磁场的速度增大为  $2v$ ，射出的位置在  $Nb$  之间。故 BC 错误；

D. 根据 C 选项分析可知，若粒子射入磁场的速度增大为  $2v$ ，则在磁场中运动的轨迹所对应的圆心角将变小，由

$$t = \frac{\theta}{2\pi} T$$

又

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

粒子在磁场中的运动时间将变短。故 D 正确。

故选 D。

10. 【答案】A

【详解】AC. 当小球在  $B$ 、 $D$  两点时，杆对小球作用力竖直方向的分力应等于重力，水平方向分力提供向心力，故杆对小球的作用力为

$$F = \sqrt{(m\omega^2 L)^2 + (mg)^2} > mg$$

故 A 正确；C 错误；

B. 若小球在最高点，杆对小球的作用力为支持力，则在  $A$  点

$$mg - F_{N1} = m\omega^2 L$$

在  $C$  点

$$F_{N2} - mg = m\omega^2 L$$

所以

$$F_{N2} - F_{N1} = 2m\omega^2 L$$

若小球在最高点，杆对小球的作用力为拉力，则在  $A$  点

$$mg + F_{N1} = m\omega^2 L$$

在  $C$  点

$$F_{N2} - mg = m\omega^2 L$$

所以

$$F_{N2} - F_{N1} = 2mg$$

故 B 错误；

D. 小球从 A 点到 B 点的过程，根据动能定理，可得

$$W + mgL = 0$$

解得杆对小球做的功等于

$$W = -mgL$$

故 D 错误。

故选 A。

11. 【答案】B

【详解】A. 充电过程，电流表示数逐渐减小，选项 A 错误；

B. 充电过程，电源为整个电路提供的电能为

$$\varepsilon = QE = CE \cdot E = CE^2$$

选项 B 正确；

C. 充电结束后，电容器上板带正电，则放电过程，通过电阻 R 的电流方向向右，选项 C 错误；

D. 充电结束后，电容器带电量为

$$Q = CE$$

则放电过程，通过电阻 R 的电荷量为 CE，选项 D 错误。

故选 B。

12. 【答案】C

【详解】A.  $0 \sim t_2$  时间内速度始终为正，说明火箭一直在向上运动， $t_2 \sim t_3$  时间内火箭的速度为 0，处于静止状态， $t_3 \sim t_4$  时间内速度始终为负，说明火箭一直在向下运动，故  $t_2$  时刻上升到最高点，故 A 错误；

B.  $v-t$  图像的斜率表示加速度，在  $0 \sim t_1$  时间内，火箭加速度先增大后逐渐减小为零，则火箭受到的推力先增大后逐渐减小，在  $t_1$  时刻，火箭受到的推力等于其重力，故 B 错误；

C. 在  $t_1 \sim t_2$  时间内，根据动能定理，火箭受到的推力做功与其重力做功之和等于动能的变化量，所以火箭动能的减少量小于重力势能的增加量，故 C 正确；

D. 在  $t_3 \sim t_4$  时间内，火箭加速度方向先向下后向上，先处于失重状态后处于超重状态，故 D 错误。

故选 C。

13. 【答案】B

【详解】A. 粒子在电场中加速过程，根据动能定理有

$$qU = \frac{1}{2}m_1v_1^2, \quad qU = \frac{1}{2}m_2v_2^2$$

粒子在磁场中做圆周运动，由洛伦兹力提供向心力，则有

$$qv_1B = m_1 \frac{v_1^2}{R_1}, \quad qv_2B = m_2 \frac{v_2^2}{R_2}$$



根据几何关系有

$$R_1 = \frac{L_1}{2}, \quad R_2 = \frac{L_2}{2}$$

解得

$$m_1 : m_2 = L_1^2 : L_2^2$$

故 A 错误；

D. 粒子在磁场中做圆周运动的周期

$$T_1 = \frac{2\pi R_1}{v_1}, \quad r_0 = \frac{3}{4}L$$

结合上述解得

$$T_1 = \frac{2\pi m_1}{qB}, \quad T_2 = \frac{2\pi m_2}{qB}$$

根据轨迹可知，粒子在磁场中运动时间为圆周运动的半个周期，则可解得

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{m_1}{m_2} = \frac{L_1^2}{L_2^2}$$

故 D 错误；

B.  $a$ 、 $b$  打在底片上的强度（数值上等于单位时间内打在底片上某处的粒子的总动能）分别为  $P_1$ 、 $P_2$ ，

令对应强度含有单位时间内打在底片上的粒子数目分别为  $N_1$ 、 $N_2$ ，则有

$$P_1 = N_1 \cdot \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = N_1 q U, \quad P_2 = N_2 \cdot \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = N_2 q U$$

根据电流的定义式可知， $a$ 、 $b$  分别形成的等效电流分别为

$$I_1 = \frac{q_{\text{总}1}}{T_1} = N_1 q, \quad I_2 = \frac{q_{\text{总}2}}{T_2} = N_2 q$$

结合上述解得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{P_1}{P_2}$$

故 B 正确；

C. 结合上述，选择在  $\Delta t$  时间内打在底片上的粒子为研究对象，根据动量定理有

$$-F_a \Delta t = 0 - M_1 v_1, \quad -F_b \Delta t = 0 - M_2 v_2$$

结合上述有

$$M_1 = N_1 m_1 \Delta t, \quad M_2 = N_2 m_2 \Delta t$$

根据牛顿第三定律有

$$F_1 = F_a, \quad F_2 = F_b$$

结合上述解得

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{P_1 L_1^2}{P_2 L_2^2}$$

故 C 错误。

故选 B。

14. 【答案】D

【详解】A. 由于题中规定地球的视向方向为  $v$  的正方向，且

$$\lambda' = \left(1 + \frac{v}{c}\right) \lambda$$

当观测到伴星光谱谱线的波长  $\lambda' < \lambda$ ，表明  $v$  为负值，则  $v$  的方向与视向方向相反，即对应着伴星向靠近地球的方向运动，故 A 错误；

B. 根据上述可知，若观测到伴星光谱谱线波长的最大值，则  $v$  的方向与视向方向，且该分速度达到最大值，即该位置对应着伴星在图中 A 位置关于黑洞对称的位置，故 B 错误；

D. 根据图像可知，伴星光谱谱线波长变化的周期等于伴星绕黑洞做圆周运动的周期，由于伴星光谱谱线波长的最大值位置对应着伴星在图中 A 位置关于黑洞对称的位置，此时分速度即等于伴星绕黑洞圆周运动的线速度，令最大波长与伴星绕黑洞圆周运动的线速度分别为  $\lambda_0$ 、 $v_0$ ，则有

$$\lambda_0 = \left(1 + \frac{v_0}{c}\right) \lambda$$

根据线速与周期的关系有

$$v_0 = \frac{2\pi r}{T}$$

解得

$$r = \frac{cT(\lambda - \lambda_0)}{2\pi\lambda}$$

故 D 正确；

C. 伴星绕黑洞做圆周运动，由万有引力提供向心力，则有

$$G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$$

结合上述可以求出黑洞的质量，但是，由于不知道黑洞自身的半径，因此无法求出黑洞的密度，故 C 错误。

故选 D。

## 第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. 【答案】  $\frac{d \cdot \Delta x}{L}$

【详解】根据条纹间距公式知

$$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$$

解得

$$\lambda = \frac{\Delta x d}{L}$$

16. 【答案】 ①.C ②. 6.0

【详解】[1]进行欧姆调零时，需要将红、黑表笔短接，调节图 1 中的欧姆调零旋钮，即调节 C；

[2]根据欧姆表的读数规律，该读数为

$$6.0 \times 1\Omega = 6.0\Omega$$

17. 【答案】 C

【详解】A. 当黑表笔接触 B、C、D 时，电压表有示数，故灯泡不可能短路，A 错误；

B. 若开关接触不良，则电路断路，当黑表笔接触 B、C、D 时，电压表无示数，B 错误；

C. 当黑表笔接触 B、C、D 时，电压表有示数，黑表笔接触 E、F 时，示数为 0，原因可能是 DE 间导线断路，C 正确；

D. 若 AF 间导线断路，当黑表笔接触 B、C、D 时，电压表无示数，D 错误；

故选 C。

18. 【答案】 (1) BC (2)  $m_1 OP = m_1 OM + m_2 ON$

(3) 见解析 (4) ①.  $AB = CD \cos \beta + EF \cos \alpha$  ,  $CD \sin \beta = EF \sin \alpha$  ②.  $EF^2 + CD^2 = AB^2$

【小问 1 详解】

A. 实验中，斜槽轨道不一定需要光滑，只须保证同一高度滑下即可。故 A 错误；

B. 实验中，斜槽末端必须水平，保证小球做平抛运动。故 B 正确；

C. 为保证是正碰，两小球的半径必须相同。故 C 正确；

D. 需要刻度尺测量小球平抛运动的射程，需要天平测量小球的质量。故 D 错误。

故选 BC

【小问 2 详解】

两球离开轨道后，做平抛运动，它们在空中运动的时间相等，如果

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

两边同时乘以时间得

$$m_1 OP = m_1 OM + m_2 ON$$

则可认为满足动量守恒。

【小问 3 详解】

小球离开斜槽末端后做平抛运动，根据平抛运动的规律

$$x = vt, \quad h = \frac{1}{2} gt^2$$

解得

$$v = x\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

两个小球做平抛运动的高度  $h$  相同，则

$$v \propto x$$

因此可以用  $x$  代替  $v$ 。

【小问 4 详解】

[1]若两球碰撞前、后动量守恒，则有

$$m \frac{AB}{\Delta t} = m \frac{CD}{\Delta t} \cos \beta + m \frac{EF}{\Delta t} \cos \alpha, \quad m \frac{CD}{\Delta t} \sin \beta = m \frac{EF}{\Delta t} \sin \alpha$$

整理，可得

$$AB = CD \cos \beta + EF \cos \alpha, \quad CD \sin \beta = EF \sin \alpha$$

[2]两球碰撞前、后若是弹性碰撞，则有

$$\frac{1}{2} m \left( \frac{AB}{\Delta t} \right)^2 = \frac{1}{2} m \left( \frac{CD}{\Delta t} \right)^2 + \frac{1}{2} m \left( \frac{EF}{\Delta t} \right)^2$$

整理，可得

$$EF^2 + CD^2 = AB^2$$

19. 【答案】(1)  $\frac{UqL^2}{2dmv_0^2}$ ; (2)  $\frac{qUL}{mdv_0^2}$ ; (3)  $\frac{q^2U^2L^2}{2md^2v_0^2}$

【详解】(1) 离子在偏转电场中，根据牛顿第二定律，有

$$\frac{U}{d}q = ma$$

离子在偏转电场的运动时间

$$t = \frac{L}{v_0}$$

离子从偏转电场射出时，沿垂直于极板方向偏移的距离

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

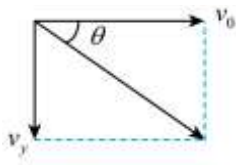
得

$$y = \frac{UqL^2}{2dmv_0^2}$$

(2) 离子从电场射出时，垂直于极板方向的速度

$$v_y = at$$

速度方向偏转角度  $\theta$  (如答图 1 所示)



答图1

则

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{qUL}{mdv_0^2}$$

(3) 离子增加的动能

$$\Delta E_k = q \frac{U}{d} y = \frac{q^2 U^2 L^2}{2md^2 v_0^2}$$

20. 【答案】(1) 2J; (2) 48N; (3) 4.2J

【详解】(1) 篮球第一次与地面碰撞的过程损失的机械能

$$E_{\text{损}} = mgH - mgh = 2.1\text{J}$$

(2) 篮球第一次与地面碰撞前的速度大小为  $v_1$ , 碰撞后离地瞬间速度的大小为  $v_2$

篮球下落过程有

$$mgH = \frac{1}{2}mv_1^2$$

则

$$v_1 = \sqrt{2gH} = 4\text{m/s}$$

篮球上升过程有

$$mgH = \frac{1}{2}mv_2^2$$

则

$$v_2 = \sqrt{2gh} = 3\text{m/s}$$

篮球与地面碰撞过程, 以竖直向下为正方向, 根据动量定理有

$$mg\Delta t - F\Delta t = mv_2 - mv_1$$

则

$$F = 48\text{N}$$

(3) 运动员拍球的过程中对篮球做功

$$W = 2E_{\text{损}} = 4.2\text{J}$$

21. 【答案】(1)  $\frac{mv_2^2}{2x_2}$ ; (2)  $\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 \left(1 + \frac{x_1}{x_2}\right)$ ; (3)  $a = -kv$ ,  $F = -mkv$

【详解】(1) 使用机械制动方式刹车时, 根据动能定理

$$-fx_2 = 0 - \frac{1}{2}mv_2^2$$

得

$$f = \frac{mv_2^2}{2x_2}$$

(2) 同时开启机械制动和再生制动, 根据能量转化和守恒定律

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = E_{\text{回}} + fx_1$$

得

$$E_{\text{回}} = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 \left( 1 + \frac{x_1}{x_2} \right)$$

(3) 根据加速度的定义  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , 由图线可知

$$v = v_0 - kx$$

则

$$\Delta v = -k\Delta x$$

将  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  代入上式得

$$a\Delta t = -k\Delta x$$

又将瞬时速度计算式  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$  代入上式得

$$a = -kv$$

根据牛顿第二定律可知, 刹车过程的制动力

$$F = ma = -mkv$$

22. 【答案】(1)  $\omega_0 = \frac{eB}{m}$ ; (2) a.  $v = \frac{eE}{\sqrt{k^2 + (m\omega - eB)^2}}$ , b.  $v_{\max} = \frac{eE}{k}$ , c.  $|\omega_2 - \omega_1| = \frac{2k}{m}$

【详解】(1) 电子在洛伦兹力作用下做圆周运动  $evB = m\omega_0 v$

得

$$\omega_0 = \frac{eB}{m}$$

(2) a. 设电场力与速度方向夹角为  $\theta$ , 沿圆周的半径方向, 根据牛顿第二定律

$$eE \sin \theta + evB = m\omega v \quad ①$$

沿圆周的切线方向

$$eE \cos \theta = kv \quad ②$$

联立①②两式, 可得



$$v = \frac{eE}{\sqrt{k^2 + (m\omega - eB)^2}}$$

b. 由 a 问可知, 当

$$m\omega - eB = 0$$

即

$$\omega = \frac{eB}{m}$$

时, 电子运动的速度最大, 电子最终做匀速圆周运动的最大速度

$$v_{\max} = \frac{eE}{k}$$

c. 设电场力与速度方向夹角为  $\theta$ , 旋转电场对电子做功的功率

$$P = eE \cdot v \cdot \cos \theta = kv^2 = \frac{ke^2 E^2}{k^2 + (m\omega - eB)^2}$$

当

$$m\omega - eB = 0$$

即

$$\omega = \frac{eB}{m}$$

时, 电场对电子做功的功率最大

$$P_0 = \frac{e^2 E^2}{k}$$

若

$$P = \frac{P_0}{2}$$

可知

$$(m\omega - eB)^2 = k^2$$

解得

$$\omega_1 = \frac{eB}{m} - \frac{k}{m}$$

$$\omega_2 = \frac{eB}{m} + \frac{k}{m}$$

则

$$|\omega_2 - \omega_1| = \frac{2k}{m}$$