

2025 届高三 4 月教学质量检测

物 理

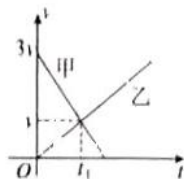
一、选择题:本题共 6 小题,每小题 4 分,共 24 分,在每小题给出的四个选项中,只有一项是符合要求的。

1.关于物质波、光电效应、原子模型、黑体辐射,下列说法正确的是

- A.黑体辐射中,随着温度升高,辐射强度的极大值向波长较短的方向移动
- B.波尔的原子结构假说认为原子中电子的轨道是连续的
- C.德布罗意关于物质波的假说至今仍未被实验证实
- D.光电效应中,遏止电压会随光强变大而变大

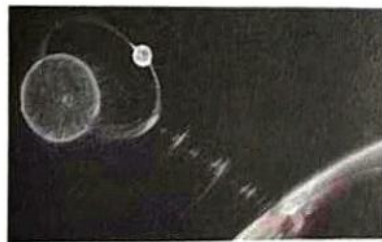
2.某实验小组利用甲、乙两小车的传感器来比较它们的运动情况,如图为测绘出它们在同一平直赛道上运动时的 $v-t$ 图像, $t=0$ 时刻,乙车在甲车前方 x_0 位置处, $t=t_1$ 时刻,甲车位移为 x ,则下列描述正确的是

- A.若它们在 $t=t_1$ 第一次相遇,则 $x=x_0$
- B.若它们在 $t=t_1$ 第一次相遇,则 $x=\frac{3x_0}{2}$
- C.若它们在 $t=\frac{t_1}{4}$ 第一次相遇,则下次相遇时刻为 $\frac{7t_1}{4}$
- D.若它们在 $t=\frac{t_1}{2}$ 第一次相遇,则下次相遇时刻为 $\frac{3t_1}{2}$

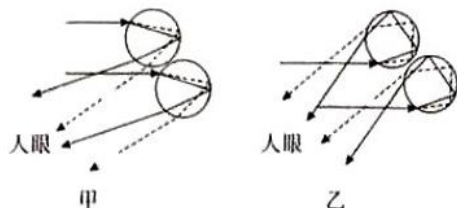


3.2025 年 3 月 12 日,澳大利亚悉尼大学的伊里斯·德·鲁伊特带领团队终于解开了一个自去年被发现以来一直困扰着他们的神秘重复无线电信号之谜.经过深入研究,研究团队将这一信号追踪至一个奇特的双星系统,该系统包含一颗白矮星和一颗红矮星伴星,设白矮星质量为 m_1 ,红矮星质量为 m_2 ,两个星体质量分布均匀且二者之间的距离为 L ,万有引力常量为 G ,不计其他星球的影响,下列说法正确的是

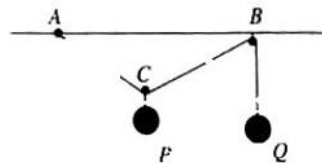
- A.白矮星与红矮星的向心力相同
- B.白矮星与红矮星的线速度大小之比为 $\frac{m_1}{m_2}$
- C.白矮星的角速度大小为 $\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L^3}}$
- D.白矮星与红矮星的动量大小之比为 $\frac{m_1}{m_2}$



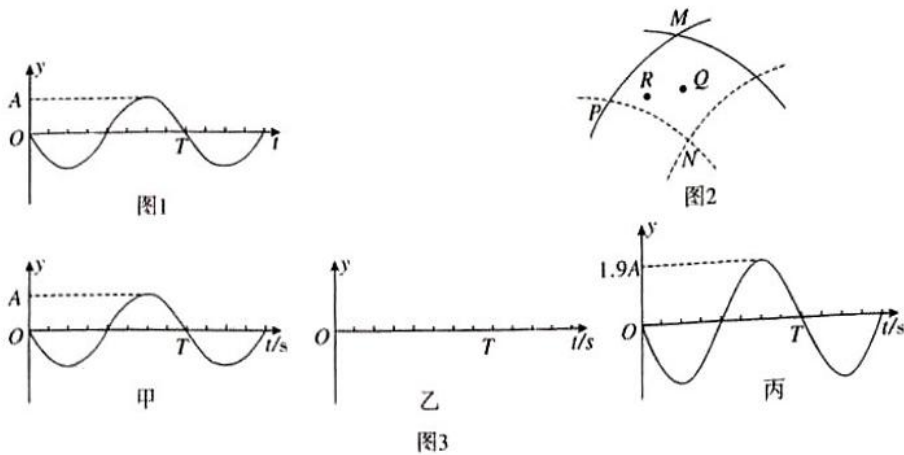
4. 在美丽的夏日雨后,我们通常能看见的彩虹是红色在外、紫色在内,这被称为“虹”.有时还能看见一组相对“虹”而言颜色较淡的彩色圆弧,这被称为“霓”,图甲和图乙为霓虹产生的原理图,图中用虚线或实线代表红光或紫光,下列说法正确的是



- A. “霓”颜色较淡的主要原因是水滴距离人眼更远
 B. “霓”与“虹”顺序刚好相反,是红色在内、紫色在外
 C. 图甲表示“虹”的产生原理,其中虚线代表紫光
 D. 图乙表示“霓”的产生原理,其中虚线代表紫光
5. 在水平面上,从 A 点将一小球斜向上抛出,而后落于水平面上的 B 点.现将空间中加上竖直方向的电场,将一带电小球仍从 A 点以相等的速率斜向上抛出,最后还是落在 B 点,不计空气阻力.则下列说法正确的是
- A. 两小球在空中运动的时间相等
 B. 两小球在最高点时的速度相等
 C. 带电小球在空中运动时的加速度一定大于重力加速度
 D. 若仅将电场方向改为水平方向,带电小球的落地点一定不在 B 点
6. 如图, AB 等高, B 为可视为质点的光滑定滑轮, C 为大小可忽略的轻质光滑动滑轮. AB 之间距离为 $2d$, 一根足够长的轻质不可伸长的细绳一端系在 A 点, 穿过光滑动滑轮 C 再绕过定滑轮 B, 动滑轮下挂着质量为 m 的小球 P, 绳另一端吊着质量为 m 的小球 Q. 初始时整个系统都静止, 然后在外力作用下, 将动滑轮 C 缓慢上移到与 AB 等高并由静止释放. 已知重力加速度为 g , 整个过程中 Q 未与滑轮 B 相撞, 不计空气阻力和一切摩擦. 则下列说法正确的是

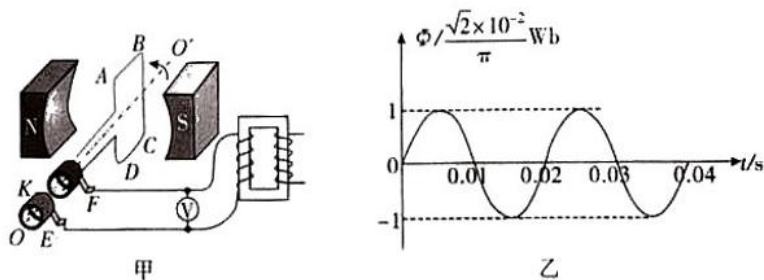


- A. 初始时刻, AC 与 BC 夹角为 60°
 B. C 可以下降的最大高度为 $2d$
 C. P 下降高度为 d 时系统的动能最大
 D. 系统运动过程中最大动能为 $E_k = (2 - \sqrt{3})mgd$
- 二、多选题: 本题共 4 小题, 每小题 5 分, 共 20 分, 在每小题给出的四个选项中, 有多项符合题目要求, 全部选对得 5 分, 选对但不全对得 3 分, 有选错的得 0 分.
7. 在水面上有两个波源, 振动情况完全相同, 其振动图像如图 1. 图 2 是振源发出的两列水波在水面离波源较远某区域中形成的干涉图样, 实线表示波峰, 虚线表示波谷, M、N、Q 皆为两振源连线中垂线上的点, R 为 PQ 连线上一点. (不考虑水波传播过程中能量的耗散) 图 2 区域内的振动情况若用图 3 中的甲、乙、丙描述, 则下列说法可能正确的是



- A. M 点振动如甲所示
 B. N 点振动如乙所示
 C. R 点振动如甲所示
 D. Q 点振动如丙所示

8. 某小型发电机结构可简化为如图甲所示, 矩形交流发电机匝数为 $n = 50$, 线圈、导线的电阻均不计, 在匀强磁场中以矩形线圈中轴线 OO' 为轴匀速转动, 线圈中磁通量 Φ 随时间 t 的变化如图乙所示, 其中 $\Phi_m = \frac{\sqrt{2} \times 10^{-2}}{\pi}$ Wb. 发电机与变压器的原线圈相连, 变压器的副线圈对外供电, 变压器为理想变压器, 假设负载的额定电压为 220 V 时恰能正常工作. 下列说法正确的是



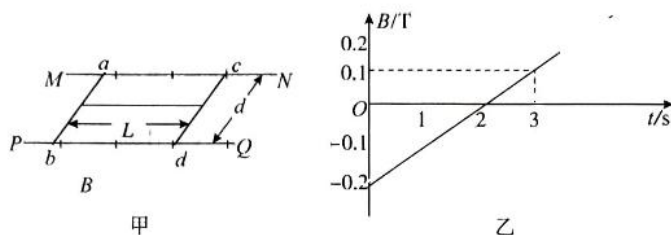
- A. 可以通过变压器调节交流电的频率
 B. 电压表的示数为 50 V
 C. 变压器的原副线圈匝数比为 5 : 22
 D. 当副线圈的负载增加时, 发电机的输出功率增加

9. 如图所示在光滑水平面上有两个小木块 A 和 B, 其质量 $m_A = 2$ kg, $m_B = 4$ kg, 它们中间用一根轻弹簧相连. 一颗水平飞行的子弹质量为 $m_0 = 50$ g, 初速度为 $v_0 = 500$ m/s, 在极短的时间内射穿两木块, 子弹射穿 A 木块后子弹的速度变为原来的 $\frac{3}{5}$, 且子弹射穿 A 木块损失的动能是射穿 B 木块损失的动能的 2 倍, 则

- A. 子弹射穿 A 木块过程中系统损失的机械能为 3975 J
 B. 子弹打穿两个木块后的过程中弹簧最大的弹性势能为 4.5 J
 C. 弹簧再次恢复原长时 A 的速度为 $\frac{5}{3}$ m/s
 D. 弹簧再次恢复原长时 B 的速度为 $\frac{25}{3}$ m/s



10.如图甲,光滑平行导轨 MN 、 PQ 水平放置,电阻不计.两导轨间距 $d=10\text{ cm}$,导体棒 ab 、 cd 放在导轨上,并与导轨垂直.每根棒在导轨间部分的电阻均为 $R=1.0\ \Omega$,质量均为 $m=1.0\times 10^{-5}\text{ kg}$,用长为 $L=20\text{ cm}$ 的绝缘丝线将两棒系住.整个装置处在竖直方向的磁场中,取向上为正方向. $t=0$ 时刻,丝线刚好伸直且没有拉力,丝线最大能承受 $2.5\times 10^{-5}\text{ N}$ 的拉力,磁场从此时刻开始按如图乙所示规律变化.不计感应电流磁场的影响,在整个研究过程中导体棒没有碰撞.则下列说法正确的是



- A. $0\sim 2\text{ s}$ 的时间内电路中电流为顺时针方向, 2 s 以后电流为逆时针方向
 B. $0\sim 2\text{ s}$ 的时间内, 电路中感应电流的大小为 $1\times 10^{-3}\text{ A}$
 C. $0\sim 2\text{ s}$ 的时间内丝线所受到的拉力先变大后变小
 D. 在 3 s 时两导体棒均以 1 m/s^2 的加速度在运动

三、非选择题: 本大题共 5 小题, 共 56 分.

11.(6 分)某研究小组要测量一未知电阻(约为几百欧姆) R_x 的阻值,设计了

如图所示电路.器材有:

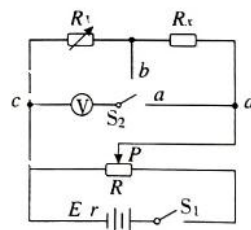
电源 $E(4.5\text{ V}, 0.5\ \Omega)$

电压表($3\text{ V}, 60\text{ k}\Omega$)

滑动变阻器 R (A: " $0\sim 10\ \Omega$ " 或 B: " $0\sim 100\ \Omega$ ")

电阻箱 $R_1(0\sim 99999.9\ \Omega)$

开关、导线若干



(1)要使 cd 两端电压 U_0 在实验过程中基本不变, 滑动变阻器选 _____ (选填“A”或“B”).

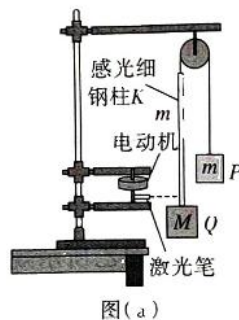
(2)正确连线, 实验操作如下:

①将滑动变阻器的滑片 P 移到最左端, 电阻箱调至合适阻值, 合上开关 S_1 ;

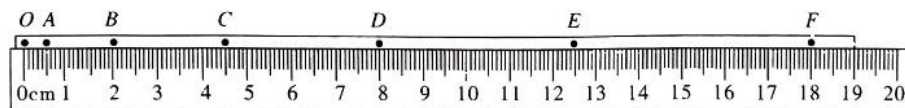
②开关 S_2 切换到 a , 调节滑片 P 使电压表示数为 $U_0=2.5\text{ V}$; 再将开关 S_2 切换到 b , 保持滑片 P 位置不变, 当电阻箱调至 $R_1=250.0\ \Omega$ 时, 电压表示数为 $U_1=1.3\text{ V}$. 则 $R_x = \underline{\hspace{2cm}}\ \Omega$ (保留一位小数).

(3)本实验由于测量方法的原因存在系统误差, 请说明一种产生误差的原因: _____.

12.(10分)某同学用如图(a)所示的装置验证机械能守恒定律.不可伸长的轻绳绕过定滑轮,轻绳两端分别连接物块P与感光细钢柱K,两者质量均为 $m=0.140\text{ kg}$,钢柱K下端与质量为 $M=0.200\text{ kg}$ 的物块Q相连.铁架台下部固定一个电动机,电动机竖直转轴上装一支激光笔,电动机带动激光笔绕转轴在水平面内匀速转动,每转一周激光照射在细钢柱表面时就会使细钢柱感光并留下痕迹.初始时P、K、Q系统在外力作用下保持静止,轻绳与细钢柱均竖直.查得当地重力加速度 g 为 9.8 m/s^2 .

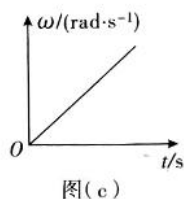


(1)开启电动机,待电动机以 $\omega=40\pi\text{ rad/s}$ 的角速度匀速转动后.将P、K、Q系统由静止释放,Q落地前,激光器在细钢柱K上留下感光痕迹.取下K,用刻度尺测出感光痕迹间的距离如图(b)所示.激光束照射到D点时,细钢柱速度大小为 $v_1=$ _____ m/s (计算结果保留1位有效数字).



(2)经判断系统由静止释放时激光笔光束恰好经过O点.参照图(b),经计算,在OD段,系统动能的增加量 $\Delta E_k=0.154\text{ J}$,重力势能的减少量 $\Delta E_p=0.157\text{ J}$,该实验存在一定的误差,请写出一条可能的原因: _____.

(3)选取相同的另一感光细钢柱K,若初始时激光笔对准K上某点,开启电动机的同时系统由静止释放,电动机的角速度按如图(c)所示的规律变化,图像斜率为 k ,记录下如图(d)所示的感光痕迹,其中两相邻感光痕迹间距均为 d ,重力加速度取 g .当 $\frac{m}{M}=$ _____ 即可证明系统在运动过程中机械能守恒(用含字母 d 、 k 、 g 、 π 的表达式表示).

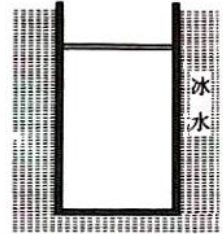


(4)验证实验结束后,该同学突发奇想:如果系统(物块P、Q与感光细钢柱K)的机械能守恒,不断增大物块Q的质量 M ,物块Q的加速度 a 也将不断增大,已知重力加速度为 g ,请你帮该同学写出 a 与 m 、 M 之间的关系式: _____ (用题中所给字母表示,下同),当 M 远大于 m 时, a 将趋近于 _____.

13.(10分)夏天,某同学设计了如图所示的估测室温的装置.用质量为 m 的绝热活塞和导热良好的汽缸封闭一定质量的理想气体,活塞的横截面积为 S ,室温时测得活塞到汽缸底部的距离为 L_1 .将汽缸竖直放置于同一房间的冰水中,已知冰水温度恒为 T_2 ,活塞缓慢下降,稳定时测得活塞到汽缸底部的距离为 L_2 .已知大气压强为 p_0 ,不计活塞与缸壁间的摩擦.

(1)求室温 T_1 ;

(2)若已知该气体内能 U 与温度 T 满足 $U=kT$, k 为已知量,求在上述过程中该气体向外释放的热量 Q .

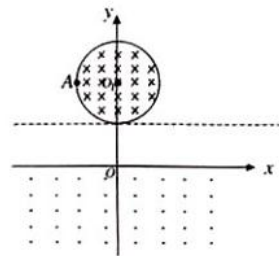


14.(14分)如图,在 xOy 坐标系内,有几个电磁场区域,在 $y>d$ 的上方有一个垂直平面向里的匀强磁场区域 I,圆心为 O_1 ,磁感应强度 $B_1 = \frac{mv}{qd}$,在 $y \leq d$ 到 x 轴之间,有一个沿 x 轴正向的匀强电场区域 II (图中未画出). I 区域下边界与 II 区域上边界相切.在第三、四象限有一个垂直平面向外的匀强磁场区域 III,磁感应强度未知. A 为一个与 O_1 等高的处于磁场区域边沿的粒子源,可以源源不断地向右侧区域各个方向发射质量为 m ,带电量为 $-q$ 的粒子,粒子速度大小相同都为 v .所有粒子均沿 y 轴负向垂直进入区域 II,最右侧的粒子恰好经过原点 O 进入区域 III.忽略各种场的边缘效应.求:

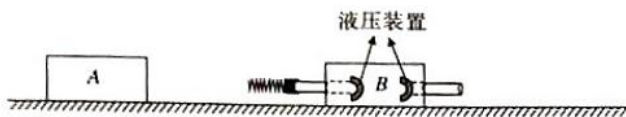
(1) A 点的坐标;

(2) 电场强度 E 与 B_1 的比值,及粒子进入区域 III 时的速度大小;

(3) 若粒子从 III 区域再次穿过 x 轴时, II 区域的电场方向变为等大反向,最终所有粒子从 I 区域与 A 等高的 B 点离开磁场,求 III 区域的磁感应强度 B_2 大小.



15.(16分)如图所示为一缓冲机构工作的原理示意图.两滑块A、B可在光滑水平面上做直线运动, $m_A=m$, $m_B=4m$,滑块B中贯穿一轻质摩擦杆,摩擦杆和滑块B之间的滑动摩擦力可以通过改变滑块B中安装的液压装置所提供的压力进行调节.摩擦杆前端固定一劲度系数为 k 的轻质弹簧,当A挤压弹簧达到一定压缩量时可以导致摩擦杆与B之间达到最大静摩擦力,并出现相对运动,某次实验时,调节B与摩擦杆之间的压力使得它们之间的最大静摩擦力大小为 $f=\sqrt{5}mg$ (g 为重力加速度的值),弹簧左端与B的左端距离为 L_0 ,B初始时静止,滑块A位于滑块B的左侧,给滑块A一向右的初始速度正对B做直线运动,当A与弹簧接触时缓冲机构开始工作.已知弹簧的弹性势能 $E_p=\frac{1}{2}kx^2$, x 为弹簧的形变量.若摩擦杆与滑块B之间的最大静摩擦力等于滑动摩擦力.求:



(1)若摩擦杆与B刚好出现相对运动时所对应A的初速度的值以及此条件下A、B分离后的速度;

(2)若A的初始速度大小为 $\frac{25}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g$,A的右端与B的左端的最小距离以及A、B分离后的速度.

2025 届高三 4 月教学质量检测 · 物理

参考答案、提示及评分细则

1.【答案】A

【解析】A. 黑体辐射中, 随着温度升高, 辐射强度的极大值向波长较短的方向移动, 故 A 正确; B. 波尔的原子结构假说认为原子中的电子的轨道是不连续的, 故 B 错误; C. 德布罗意关于物质波的假说已经被实验证实, 故 C 错误; D. 光电效应中, 遏止电压与光强无关, 故 D 错误.

2.【答案】D

【解析】若它们在 $t=t_1$ 第一次相遇, 甲车位移为 x , 则乙的位移为 $\frac{x}{4}+x_0$, 则 $\frac{x}{4}+x_0=x$, 所以 $x=\frac{4x_0}{3}$, 故 A、B 错误; 甲车停止运动的时刻为 $\frac{3t_1}{2}$, 根据图像的对称性, 可知, 若它们在 $t=\frac{t_1}{2}$ 第一次相遇, 则下次相遇时刻为 $\frac{3t_1}{2}$, 但是若它们在 $t=\frac{t_1}{4}$ 第一次相遇, 则不具有对称性, 故 C 错误, D 正确, 故选 D.

3.【答案】C

【解析】白矮星和红矮星的向心力由万有引力提供, 大小相等, 方向相反, 故 A 错误; 白矮星与红矮星可以看做角速度相等, 由于 $v=\omega r$, 则 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{r_1}{r_2}$, 根据 $\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1\omega^2r_1=m_2\omega^2r_2$, 可以得到 $m_1r_1=m_2r_2$, 因此 $\frac{v_1}{v_2}=\frac{m_2}{m_1}$, 故 B 错误; 根据 $\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_1\omega^2r_1$, $\frac{Gm_1m_2}{L^2}=m_2\omega^2r_2$, 整理可得 $\frac{Gm_2}{L^2}=\omega^2r_1$, $\frac{Gm_1}{L^2}=\omega^2r_2$, 两式相加, 则解出 $\omega=\sqrt{\frac{G(m_1+m_2)}{L^3}}$, 故 C 正确; 根据动量的公式 $p=m v$, 则 $m_1v_1=m_1\omega r_1=m_2\omega r_2=m_2v_2$, 则动量大小之比为 1:1, 故 D 错误.

4.【答案】B

【解析】“霓”颜色较淡的原因是在水泡中反射两次, 能量流失较多造成的, A 说法错误; 由甲乙两图分析可知, “霓”与“虹”顺序刚好相反, 是红色在内、紫色在外, 故 B 说法正确; 图甲表示“虹”的产生原理, 进入人眼的是靠上水滴中的虚线和靠下水滴中的实线, 又因为“虹”红色在外、紫色在内, 故虚线代表红色, CD 说法错误, 也可以根据红光和紫光的折射率进行判断, 故选 B.

5.【答案】D

【解析】带电小球, 在电场中由于受电场力, 竖直方向的加速度一定不等于重力加速度, 为落于 B 点, 抛出时的夹角一定不同, 时间不等, A 错误; 由于夹角不相等, 水平分速度不等, 在最高点时的速度不相等, B 错误; 由于不明确电场的方向和带电小球的电性, 所以加速度可能大于也可能小于重力加速度, C 错误; 电场竖直方向时, 水平方向的分运动始终是匀速运动, 电场方向改变后, 水平方向的分运动变为变速运动, 所以落点发生改变, D 正确.

6.【答案】D

【解析】A. 初始时刻静止, 绳子中拉力 $T=mg$, 对动滑轮 C 进行受力分析可得, AC 与 BC 夹角为 120° , 故 A 错误; 设 C 可以下降的最大高度为 h , 由能量守恒可得, $mgh=2mg(\sqrt{h^2+d^2}-d)$, 联立可得 $h=\frac{4}{3}d$, B 错误; P 和 Q 总动能最大时系统的总势能最小, 即总势能取极小值, 对应系统静止时的平衡位置, 即 AC 与 BC 夹角为 120° , 此时 P 下降高度 $h=\frac{\sqrt{3}}{3}d$, Q 上升高度 $h'=2\left(\frac{2\sqrt{3}}{3}-1\right)d$, 由机械能守恒定律, 此时总动能 $E_k=(2-\sqrt{3})mgd$.

7.【答案】CD

【解析】根据题意,由图2可知, M 、 N 、 Q 皆为两振源连线中垂线上的点,到两振源距离相等,均为振动加强点,则 M 、 N 、 Q 振动如图丙所示, R 到两振源距离之差介于 $0 \sim \frac{1}{2}\lambda$,当 R 到两振源距离差为 $\frac{1}{4}\lambda$ 时, R 点振动如图甲所示.故选CD.

8.【答案】BCD

【解析】变压器不能改变交流电的频率,A错误;根据图像可得 $T=0.02$ s,线圈的角速度 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 100\pi$ rad/s,线圈产生的电动势的峰值为 $E_m = nBS\omega = n\Phi_m\omega = 50\sqrt{2}$ V,则电压表的示数为 $U_1 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 50$ V,变压器的匝数比 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{5}{22}$,B、C正确;当副线圈的负载增加时,副线圈的总电阻减小,副线圈消耗的功率 $P_2 = \frac{U_2^2}{R_{\text{负}}}$,因为副线圈电压 U_2 不变,则副线圈消耗的功率增大,由于变压器不改变功率,所以当副线圈的负载增加时,发电机的输出功率增大,D正确.故选BCD.

9.【答案】AC

【解析】设子弹射穿A木块后A和子弹的速度分别为 v_A 和 v_1 ,由题意可知 $v_1 = \frac{3}{5}v_0 = 300$ m/s,子弹穿过A的过程中,由动量守恒定律可得 $m_0v_0 = m_Av_A + m_0v_1$,联立解得 $v_A = 5$ m/s,射穿A木块过程中系统损失的机械能为 $\Delta E = \frac{1}{2}m_0v_0^2 - \frac{1}{2}m_0v_1^2 - \frac{1}{2}m_Av_A^2 = 3975$ J,故A正确;设子弹射穿B木块后B和子弹的速度分别为 v_B 和 v_2 ,由动量守恒定律可得 $m_0v_1 = m_Bv_B + m_0v_2$,由题意可知 $\frac{1}{2}m_0v_0^2 - \frac{1}{2}m_0v_1^2 = 2\left(\frac{1}{2}m_0v_1^2 - \frac{1}{2}m_0v_2^2\right)$ 联立解得 $v_B = 2.5$ m/s,子弹穿过B以后,弹簧开始被压缩,A、B和弹簧所组成的系统动量守恒,当A、B达到共同速度 $v_{\text{共}}$ 时,弹簧的弹性势能最大,由动量守恒定律可得 $m_Av_A + m_Bv_B = (m_A + m_B)v_{\text{共}}$,解得 $v_{\text{共}} = \frac{10}{3}$ m/s,根据机械能守恒定律可得弹簧的最大弹性势能为 $E_{\text{pm}} = \frac{1}{2}m_Av_A^2 + \frac{1}{2}m_Bv_B^2 - \frac{1}{2}(m_A + m_B)v_{\text{共}}^2 \approx 4$ J,故B错误;弹簧再次恢复原长时A、B的速度分别为 v'_A 、 v'_B ,规定水平向右为正方向,根据动量守恒定律和机械能守恒定律有 $m_Av_A + m_Bv_B = m_Av'_A + m_Bv'_B$, $\frac{1}{2}m_Av_A^2 + \frac{1}{2}m_Bv_B^2 = \frac{1}{2}m_Av'^2_A + \frac{1}{2}m_Bv'^2_B$,联立解得 $v'_A = \frac{5}{3}$ m/s, $v'_B = \frac{25}{6}$ m/s,故C正确、D错误.

10.【答案】BD

【解析】从图像可知, $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.1$ T/s, $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta BS}{\Delta t} = 0.1 \times 0.1 \times 0.2$ V = 0.002 V,则 $I = \frac{E}{R_{\text{总}}} = \frac{0.002}{2}$ A = 0.001 A,始终为顺时针方向,故A错误,B正确;由于电路中电流恒定,在磁场最强时安培力最大, $F_A = BId = 0.2 \times 0.001 \times 0.1$ N = 2×10^{-5} N.故 $0 \sim 2.0$ s不会被拉断,电流为恒定电流,在 $0 \sim 2.0$ s内,安培力随B的变化而变化,逐渐减小,在3 s时, $B = 0.1$ T, $a = F/m = 1$ m/s²,D正确.故选BD.

11.【答案】(6分,每空2分)

(1)A (2)230.8 (3) cd 两端电压会大于 $U_0, U_x > U_0 - U_1$, 或电压表存在分流

【解析】(1)要使得 cd 两端电压 U_0 在实验中基本不变,则滑动变阻器应该选择阻值较小的 A ;

$$(2) \text{由电路可知 } R_x = \frac{U_0 - U_1}{\frac{U_1}{R_1}} = \frac{(2.5 - 1.3) \times 250}{1.3} \Omega = 230.8 \Omega;$$

(3)开关 S_2 从 a 切换到 b , 由于分压电路电阻变大,实际 cd 两端电压会大于 $U_0, U_x > U_0 - U_1$, 或电压表存在分流.

12.【答案】(10分,每空2分)

(1)0.8 (2)滑轮的质量不可忽略或绳与滑轮之间有摩擦或空气阻力 (3) $\frac{\pi g}{kd} - \frac{1}{2}$

$$(4) a = \frac{Mg}{M+2m} \quad g$$

【解析】(1)根据角速度与周期的关系有 $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{40\pi} \text{ s} = 0.05 \text{ s}$, 根据运动学公式有 $v_1 = \frac{x_{CE}}{2T} = \frac{12.50 - 4.50}{2 \times 0.05} \times 10^{-2} \text{ m/s} = 0.8 \text{ m/s}$.

(2)在 OD 段,系统动能的增加量为 $\Delta E_k = \frac{1}{2}(M+2m)v_1^2 = \frac{1}{2} \times (0.200 + 2 \times 0.140) \times 0.8^2 \text{ J} = 0.154 \text{ J}$, 重力势能的减少量为 $\Delta E_p = (M+m)gh_{OE} - mgh_{OE} = 0.200 \times 9.8 \times 8.00 \times 10^{-2} \text{ J} = 0.157 \text{ J}$, 滑轮的质量不可忽略, 滑轮转动时有动能, 或绳与滑轮之间有摩擦, 或空气阻力导致系统重力势能的减少量大于物块与钢柱的动能增加量.

(3)从初始时激光笔对准 K 上某点开始选取连续的 n 段, 根据时间关系有 $2n\pi = \frac{1}{2}kt^2$, 根据运动学公式有 $\frac{1}{2}vt = nd$, 根据机械能守恒定律有 $Mgnd = \frac{1}{2}(M+2m)v^2$, 解得 $\frac{m}{M} = \frac{\pi g}{kd} - \frac{1}{2}$.

(4)根据牛顿第二定律, $Mg = (M+2m)a$, 所以 $a = \frac{Mg}{M+2m}$, 当 M 远大于 m 时, $a \approx g$.

13.【答案】(10分)

$$(1) T_1 = \frac{L_1}{L_2} T_2 \quad (2) Q = (p_0 S + mg + \frac{kT_2}{L_2})(L_1 - L_2)$$

【解析】(1)由等压变化得 $\frac{SL_1}{T_1} = \frac{SL_2}{T_2}$ (2分)

$$\text{解得 } T_1 = \frac{L_1}{L_2} T_2 \quad (2 \text{分})$$

(2)根据公式 $U = kT$, 得初、末状态的气体的内能为 $U_1 = kT_1, U_2 = kT_2$, 内能变化量为 $\Delta U = k(T_2 - T_1)$ (1分)

活塞缓慢下降, 设气体压强为 p , 对活塞受力分析可得: $pS = p_0 S + mg$ (1分)

气体经历等压变化, 外界对气体做功为 $W = pS(L_1 - L_2) = (p_0 S + mg)(L_1 - L_2)$ (1分)

由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ (1分)

得: 气体向外界释放的热量为 $Q = (p_0 S + mg)(L_1 - L_2) + k(T_1 - T_2) = (p_0 S + mg + \frac{kT_2}{L_2})(L_1 - L_2)$ (2分)

14.【答案】(14分)

(1) A 点坐标为 $(-d, 2d)$ (2) $\frac{E}{B_1} = 2v$ $v' = \sqrt{5}v$ (3) $B_2 = \frac{mv}{qd}$

【解析】(1) 所有粒子均沿 y 轴负向垂直进入区域 II, 所以可知, 带电粒子做圆周运动的半径与磁场区域半径相同. 由 $qvB_1 = \frac{mv^2}{r}$ (1分)

可得 $r = d$ (2分)

所以 A 点坐标为 $(-d, 2d)$ (1分)

(2) 最右侧的粒子恰好经过原点 O 进入区域 III, 即 $d = \frac{1}{2} \left(\frac{qE}{m} \right) \left(\frac{d}{v} \right)^2$ (1分)

化简可得 $E = \frac{2mv^2}{qd}$ (1分)

所以 $\frac{E}{B_1} = 2v$ (1分)

设粒子进入区域 III 的速度大小为 v' , 则有 $vt = \frac{\sqrt{(v')^2 - v^2}}{2} t$ (1分)

即 $v' = \sqrt{5}v$ (1分)

(3) 所有粒子在区域 II 和区域 III 运动过程中间距始终相等, 若最右侧的粒子恰好经过原点 O 进入区域 III, 则最左侧粒子从 A 点正下方的 $x = -d$ 处进入电场, 又因为最终所有粒子从 I 区域与 A 等高的 B 点离开磁场, 根据运动的对称性可知, 最左侧粒子恰好从原点 O 返回区域 II. 其全程运动轨迹如图所示, 即所有粒子在区域 III 中运动后向右偏移 $2d$.

方法一: 对粒子沿 y 方向用动量定理有 $\sum qv_x B_2 t = mv - m(-v)$ (2分)

即 $2qB_2 d = 2mv$ (2分)

$B_2 = \frac{mv}{qd}$ (1分)

方法二: 由类平抛运动规律可知, 进入区域 III 时速度与水平夹角为 θ , $\tan\theta = 2$ (1分)

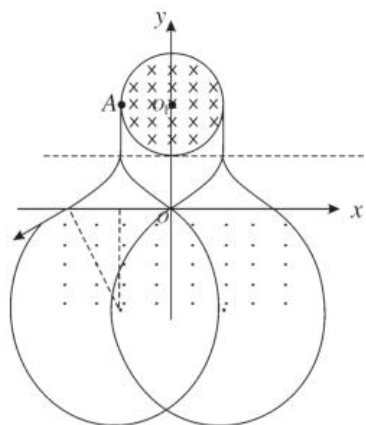
$\sin\theta = \frac{1}{\sqrt{5}}$ (1分)

所以进去区域 III 时速度大小 $v_2 = \frac{v}{\sin\theta} = \sqrt{5}v$ (1分)

$r_2 = \frac{d}{\sin\theta} = \sqrt{5}d$ (1分)

即 $qB_2 v_2 = \frac{mv_2^2}{r_2}$

所以 $B_2 = \frac{mv}{qd}$ (1分)



15.【答案】(16分)

(1) $v_0 = \frac{5}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} g$ $v_1 = -\frac{3}{2} \sqrt{\frac{m}{k}} g$ $v_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} g$

(2) $L = L_0 - \Delta x = L_0 - \frac{41\sqrt{5}mg}{32k}$ $v_1'' = -\frac{11}{8} \sqrt{\frac{m}{k}} g$ $v_2'' = \frac{9}{8} \sqrt{\frac{m}{k}} g$

【解析】(1)若摩擦杆与B刚好出现相对运动时所对应的A的初速度为 v_0 ,弹簧的最大压缩量为 x_0 .此时弹簧弹力: $kx_0=\sqrt{5}mg$,且A与B速度刚好相同.根据动量守恒定律以及机械能守恒定律可得:

$$mv_0=(m+4m)v_{\text{共}} \quad (1 \text{分})$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}(m+4m)v_{\text{共}}^2+\frac{1}{2}kx_0^2 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{联立可得: } v_0=\frac{5}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}g \quad (1 \text{分})$$

从A与B开始接触到分离的过程可以视为发生一次弹性碰撞,设分离后速度分别为 v_1 和 v_2 ,根据动量守恒定律和机械能守恒定律可得: $mv_0=mv_1+4mv_2$ (1分)

$$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}4mv_2^2 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{解得: } v_1=-\frac{3}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}g, v_2=\sqrt{\frac{m}{k}}g \quad (1 \text{分})$$

(2)若A的初始速度大小为 $\frac{25}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g$,当弹簧压缩至 x_0 时,设A、B的速度分别为 v'_1 和 v'_2 ,由动量守恒和机

$$\text{械能守恒可得: } m\frac{25}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g=mv'_1+4mv'_2 \quad (1 \text{分})$$

$$\frac{1}{2}m\left(\frac{25}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g\right)^2=\frac{1}{2}mv'^2_1+\frac{1}{2}4mv'^2_2+\frac{1}{2}kx_0^2 \quad (1 \text{分})$$

$\frac{1}{2}kx_0^2=\frac{1}{2}k\left(\frac{\sqrt{5}mg}{k}\right)^2=\frac{5m^2g^2}{2k}$,解得: $v'_1=\frac{17}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g, v'_2=\frac{1}{4}\sqrt{\frac{m}{k}}g$,此后A与B在摩擦力的作用下分别做匀减速和匀加速直线运动.

根据牛顿第二定律:对A: $\sqrt{5}mg=ma_1$,对B: $\sqrt{5}mg=4ma_2$,当速度变为相同时, $v'_1-a_1t=v'_2+a_2t$ (1分)

其相对位移: $\Delta x_1=(v'_1t-\frac{1}{2}a_1t^2)-(v'_2t+\frac{1}{2}a_2t^2)=\frac{9\sqrt{5}mg}{32k}$,从接触弹簧开始A相对于B的位移为 $\Delta x=$

$$x_0+\Delta x_1=\frac{\sqrt{5}mg}{k}+\frac{9\sqrt{5}mg}{32k}=\frac{41\sqrt{5}mg}{32k}$$
,则A与B的最近距离为 $L=L_0-\Delta x=L_0-\frac{41\sqrt{5}mg}{32k}$ (2分)

$$\text{当A与B共速时,根据动量守恒定律: } m\frac{25}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g=5mv'_{\text{共}} \quad (1 \text{分})$$

此时弹性势能仍为 $\frac{1}{2}kx_0^2=\frac{5m^2g^2}{2k}$,由此状态到A与B分离,设A、B分离的速度分别为 v''_1 和 v''_2 .由动量守

恒定律以及机械能守恒定律可得: $\frac{1}{2}5mv'^2_{\text{共}}+\frac{1}{2}kx_0^2=\frac{1}{2}mv''^2_1+\frac{1}{2}4mv''^2_2$ (1分)

$$m\frac{25}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g=mv''_1+4mv''_2 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{联立解得: } v''_1=-\frac{11}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g, v''_2=\frac{9}{8}\sqrt{\frac{m}{k}}g \quad (2 \text{分})$$