

物理(B卷)

(考试范围:必修一、必修二、必修三第九章~第十二章、选必一第一章~第二章)

时量:75分钟 满分:100分

得分:_____

第I卷(选择题共43分)

一、单项选择题(本大题共7小题,每题4分,共28分。每小题给出的四个选项中,只有一个选项符合题目要求)

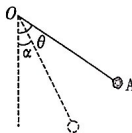
1. 下列有关电场的说法中正确的是

- A. 电场中电势沿某一方向逐渐降低,则该方向一定为电场强度方向
 B. 负电荷在电势越高处电势能越小
 C. 带电粒子在电场中运动时其电势能一定减小
 D. 电场中某点电势为零,则该点处电场强度也一定为零

2. 一物体在 $t=0$ 时刻由静止开始沿斜面向下做匀加速直线运动, $t=2\text{ s}$ 时到达斜面底端,平滑进入水平地面做匀减速直线运动, $t=6\text{ s}$ 时停止。则物体在斜面上和水平地面上的位移大小之比为

- A. 1:2 B. 1:3 C. 1:4 D. 1:5

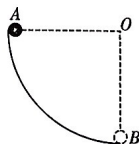
3. 如图,空间存在水平方向的匀强电场,某同学用绝缘细线将质量为 m 、带电荷量为 q 的金属球 A 悬于 O 点,稳定后,细线与竖直方向的夹角 $\theta=45^\circ$ 。现用 n 个与 A 材料、体积相同的不带电金属球同时与 A 球接触后移开, A 球再次稳定



后,细线与竖直方向的夹角变为 α ,且 $\tan \alpha = \frac{1}{2}$, 则 n 的值为

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

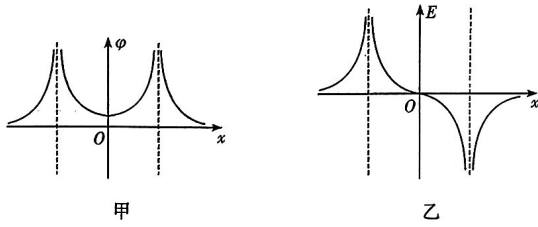
4. 如图所示, AB 为固定的四分之一光滑圆弧轨道, O 为圆心, AO 水平, BO 竖直, 轨道半径为 R , 将质量为 m 的小球(可视为质点)从 A 点由静止释放, 小球从 A 点运动到 B 点, 不计空气阻力, 则



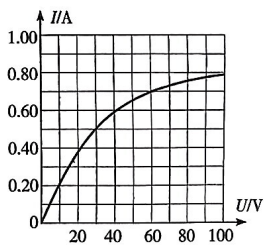
学号
姓名
班级
学校

题
答
不
内
线
封
密

- A. 小球所受的合力方向始终指向圆心 O
 - B. 全过程中小球所受合力的冲量大小为 $2m\sqrt{gR}$
 - C. 全过程中小球所受支持力的冲量水平向右
 - D. 全过程中小球所受支持力的冲量向右上方
5. 在 x 轴上分布着两个点电荷, 以无穷远处为电势零点, 电场强度正方向与 x 轴正方向一致。则下列说法正确的是

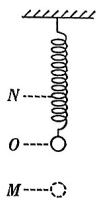


- A. 若 x 轴上电势分布如图甲所示, 则从两点电荷连线中点沿中垂线向外, 电势先升高后降低
 - B. 若 x 轴上电势分布如图甲所示, 则两点电荷间的连线上各点电场强度均不为零
 - C. 若两个点电荷为等量异种电荷, 则 x 轴上的电场强度分布如乙图所示
 - D. 若两个点电荷电荷量不相同, 则 x 轴上一定存在电场强度为零的点
6. 白炽灯泡 L 的伏安特性曲线如图所示, 其额定电压为 30 V 。现将其接到电动势 $E=50\text{ V}$, 内阻 $r=200\ \Omega$ 的电源两端。则下列说法正确的是

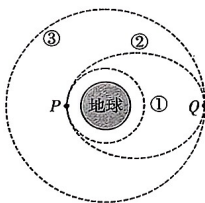


- A. 此时白炽灯泡的功率为 8 W
- B. 此时电源的电源效率为 80%
- C. 若将其接到电动势 $E=50\text{ V}$, 内阻 $r=40\ \Omega$ 的电源两端, 灯泡能保持额定功率工作
- D. 若将其接到电动势 $E=50\text{ V}$, 内阻 $r=100\ \Omega$ 的电源两端, 灯泡能保持额定功率工作

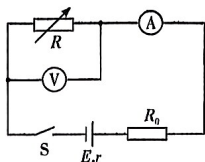
7. 如图所示, 将一弹簧振子竖直悬挂, 小球静止在 O 点, 将小球拉到 M 点由静止释放, 最高运动到 N 点, 此时的弹簧刚好处于原长。已知小球的质量为 m , 弹簧的劲度系数为 k , 重力加速度为 g , 弹簧振子的周期公式为 $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, 忽略空气阻力, 下列说法中正确的是



- A. 小球从 M 运动到 N 的过程中加速度一直减小
 B. 小球从 M 运动到 O 的时间小于从 O 运动到 N 的时间
 C. M 、 N 两点间的距离为 $\frac{mg}{k}$
 D. 若将该小球拉到 M 点下方静止释放, 则弹簧振子的周期不变
- 二、多项选择题(本大题共 3 小题, 每题 5 分, 共 15 分。每小题给出的四个选项中, 有多个选项符合题目要求。全部选对的得 5 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错的得 0 分)
8. 2025 年 4 月 1 日, 我国成功将一颗“卫星互联网技术”试验卫星发射升空, 该卫星主要用于开展手机宽带直连卫星、天地网络融合等技术试验验证。如图所示, 假设该卫星先在环地圆轨道①运行, 从近地点 P 变轨进入环地椭圆轨道②运行, 最后从远地点 Q 变轨进入环地圆轨道③运行, 则下列说法正确的是

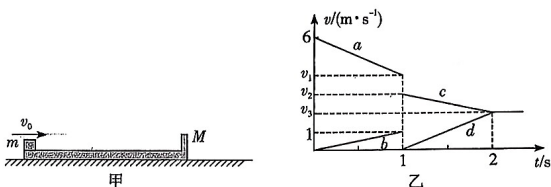


- A. 卫星在轨道③的运行速度小于在轨道①的运行速度
 B. 卫星从轨道②的 Q 点要减速方能进入轨道③
 C. 卫星在轨道②上的周期大于在轨道①上的周期
 D. 卫星在轨道①上 P 点的加速度小于在轨道②上 P 点的加速度
9. 交警使用的某型号酒精测试仪工作原理如图所示, 传感器电阻 R 的电阻值随酒精气体浓度的增大而减小, 电源的电动势为 E , 内阻为 r , 定值电阻 $R_0=r$, 电路中的电表均为理想电表。当饮酒驾驶后对着测试仪吹气时, 下列说法正确的是



- A. 电压表的示数变大, 电流表的示数变小
- B. 饮酒量越多, 电源的效率越低
- C. 饮酒量越多, 电源的输出功率一定越小
- D. 电压表示数变化量与电流表示数变化量的绝对值之比为 $2r$

10. 如图甲所示, 一右端固定有竖直挡板的质量为 $M=2\text{ kg}$ 的木板静置于光滑的水平面上, 另一质量 $m=1\text{ kg}$ 的物块以 $v_0=6\text{ m/s}$ 的水平初速度从木板的最左端冲上木板, 最终物块与木板保持相对静止, 物块和木板的运动速度随时间变化的关系图像如图乙所示, 物块可视为质点, $g=10\text{ m/s}^2$, 则下列判断正确的是



- A. 物块与木板之间的动摩擦因数为 0.1
- B. $v_3=2\text{ m/s}$
- C. 物块与木板的碰撞为非弹性碰撞
- D. 最终物块距木板左端的距离为 3 m

第 I 卷 选择题答题卡

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	得分
答案											

第 II 卷 (非选择题共 57 分)

三、非选择题 (共 57 分)

11. (7 分) 某同学对“用单摆测量重力加速度”的经典实验装置进行了改良, 改良后的装置如图 1 所示 (智能手机中的磁传感器可以探测磁场磁感应强度的强弱)。并进行了下列操作:

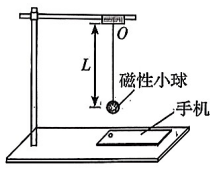


图1

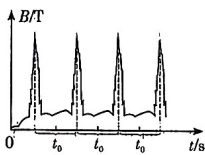


图2

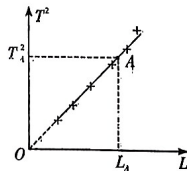


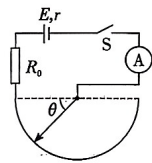
图3

(1)测量摆长时,先用毫米刻度尺测得摆球悬挂后的摆线长 l (从悬点到摆球的最上端),再用游标卡尺测得摆球的直径为 d 。则摆长 $L =$ _____。

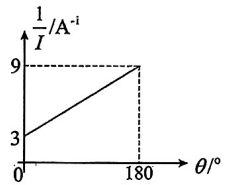
(2)将智能手机磁传感器置于磁性小球平衡位置正下方,打开智能手机的磁传感器,准备测量磁感应强度。将磁性小球由平衡位置拉开一个小角度,由静止释放,手机软件记录磁感应强度的变化曲线如图 2 所示。由图 2 可知,单摆的周期为_____。

(3)经测量得到 6 组不同的摆长 L 和对应的周期 T ,画出 $T^2 - L$ 图线,然后在图线上选取 A 点,坐标如图 3 所示。则当地重力加速度的表达式 $g =$ _____。

12. (10 分)在“测量电源的电动势与内阻”实验中,某同学设计了如甲图所示的实验电路,所用的实验器材有:



甲



乙

- A. 待测电源(电动势约为 2 V,内阻约为几欧)
- B. 半圆形变阻器(总阻值为 12 Ω ,阻值均匀,带有可指示滑片转过角度 θ 的刻度盘)
- C. 理想电流表(量程为 0.6 A,内阻不计)
- D. 定值电阻 R_0
- E. 开关、导线若干。

(1)实验时定值电阻 R_0 有下列几种阻值,应选用_____最合适。

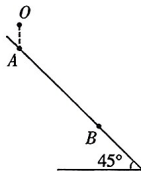
- A. 4 Ω
- B. 20 Ω
- C. 40 Ω

(2)选择了 R_0 最合适阻值后进行实验,转动半圆形变阻器滑片,改变角度 θ 的值,测得对应的电流 I ,根据测得的多组数据,以 $\frac{1}{I}$ 为纵坐标, θ 为横坐标,作出的 $\frac{1}{I} - \theta$ 图线(拟合后为一条直线)如乙图所示。

(3)由图可得电源的电动势 $E =$ _____ V,内阻 $r =$ _____ Ω (结果均保留 2 位有效数字)。

(4)实际情况中电流表并非理想电表。若考虑电流表内阻,则以上实验得到的测量值与真实值相比,误差结论是: $E_{\text{测}}$ _____ $E_{\text{真}}$; $r_{\text{测}}$ _____ $r_{\text{真}}$ (均选填“<”“>”或“=”)。

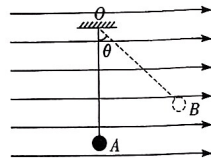
13. (10分) 如图所示, 一小球从倾角为 45° 的斜面上方 O 点由静止开始释放, 小球在 A 点与斜面发生碰撞, 且碰撞后瞬间沿斜面的分速度大小减半、方向不变, 垂直斜面的分速度大小减半、方向反向, 小球反弹后再落到斜面上的 B 点, 已知 $h_{OA} = 0.8 \text{ m}$, 重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求:
- (1) 小球在 A 点与斜面碰撞后瞬间的速度大小和方向;
 - (2) 斜面上 AB 两点之间的距离。



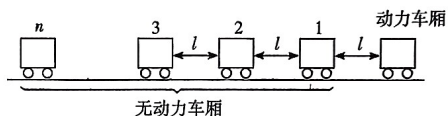
14. (14分) 如图所示, 在一水平向右的匀强电场中, 用长为 L 的绝缘轻绳拴一个质量为 m 、电荷量为 $+q$ 的小球, 轻绳的上端固定于 O 点。从最低点 A 静止释放小球, 小球向右摆到最高位置 B 时轻绳与竖直方向成 θ 角。重力加速度为 g 。

(1) 求该匀强电场的场强 E ;

(2) 求小球从 A 运动到 B 的过程中, 细线的最大拉力 F 。



15. (16分) 科创小组在实验室制作了一列火车模型。整列火车由1节动力车厢和 n 节(n 足够大)无动力车厢组成。动力车厢质量为 $M=4\text{ kg}$,每节无动力车厢质量均为 $m=1\text{ kg}$ 。为了研究多节车厢之间的挂靠连接过程,小组建立了如图甲所示的模型;所有车厢均可视为质点,各节车厢之间初始间隔距离均为 $l=1\text{ m}$,车厢间碰撞后通过特制“粘性挂钩”紧紧连接在一起,再一起去撞击下一节车厢,直到所有车厢完成挂靠,不计挂钩的长度和车厢之间碰撞所需时间。

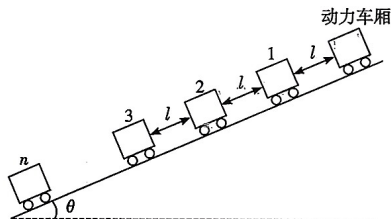


图甲

(1) 若给动力车厢一个水平向左的初速度 $v_0=10\text{ m/s}$, 且整列火车放置在阻力可忽略不计的轨道上。

- ① 求第1节无动力车厢被带动后的速度大小 v_1 和损失的机械能;
- ② 求从动力车厢开始运动到第8节无动力车厢与第9节无动力车厢相碰时的总时间;

(2) 如图乙所示, 若轨道置于倾角为 $\theta=37^\circ$ 的足够长的斜面上, 第一节无动力车厢位置往上轨道光滑, 往下轨道粗糙, 且所有车厢与粗糙轨道间的动摩擦因数 $\mu=\frac{13}{16}$, 各节无动力车厢都静止在轨道上, 间距 $l=1\text{ m}$, $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$, 仍使动力车厢从第一节无动力车厢往上 l 处由静止释放, 则最多带动第几节无动力车厢? ($g=10\text{ m/s}^2$)



图乙

2025年12月高二学情检测卷

物理(B卷)参考答案

一、二选择题(单项选择题1~7每小题4分。多项选择题8~10每小题5分,选对但不全得3分)

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
答案	B	A	A	D	D	C	D	AC	BD	BD

1. B 【解析】电场强度方向为电势降低最快的方向,故 A 错误;负电荷在电势越高的地方电势能越小,B 正确;带电粒子在电场中运动时其电势能可能增大、减小或不变,故 C 错误;电势为零不代表电场强度为零,故 D 错误。

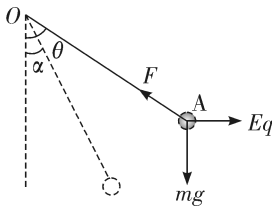
2. A 【解析】物体到达斜面底端的速度为 v ,则匀加速直线运动的位移为 $x_1 = \frac{v}{2} \cdot t_1$

匀减速直线运动的位移为 $x_2 = \frac{v}{2} \cdot t_2$

可得 $x_1 : x_2 = t_1 : t_2 = 2 : (6-2) = 1 : 2$

故选 A。

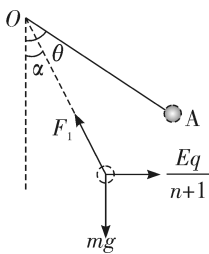
3. A 【解析】根据题意,对小球受力分析,如图所示



由平衡条件可得

$$Eq = mg \tan \theta$$

用 n 个与 A 完全相同的不带电金属球同时与 A 球接触后移开, A 球的带电量为 $\frac{q}{n+1}$, 对小球受力分析, 如图所示



由平衡条件可得 $\frac{Eq}{n+1} = mg \tan \alpha$

联立解得 $n=1$, 故选 A。

4. D 【解析】AB. 小球从 A 点运动到 B 点的过程中, 根据动能定理有 $mgR = \frac{1}{2}mv_B^2 - 0$,

$$\text{解得 } v_B = \sqrt{2gR}$$

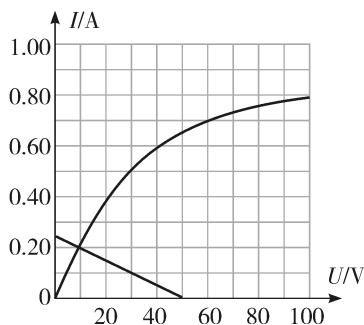
$$\text{根据动量定理 } I_{\text{合}} = mv_B - 0 = m\sqrt{2gR}$$

所以合力的冲量方向水平向右, 大小为 $m\sqrt{2gR}$, 故 AB 错;

CD. 小球受重力和支持力的作用, 而合力的冲量方向水平向右, 重力的冲量方向竖直向下, 由平行四边形定则可知, 支持力的冲量方向斜向上偏右, 故 C 错误、D 正确。故选 D。

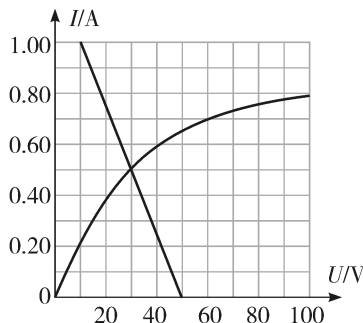
5. D 【解析】AB. 由图甲电势分布可知为两正点电荷电场, 从两点电荷连线中点沿中垂线向外, 由于电场沿中垂线分量一直向外, 所以电势一直降低, 故 A 错误; 两同种电荷连线上总存在一个场强为零的点, 故 B 错误; C. 对于等量异种电荷, 连线上场强方向始终相同, 故 C 错误; D. 若为两同种电荷, 则连线上总存在一个场强为零的点; 若为两异种电荷, 则在电荷量较小的电荷外侧会存在一个场强为零的点, 故 D 正确。

6. C 【解析】AB. 电源的 $I-U$ 图像与白炽灯泡的伏安特性曲线交点即为灯泡的实际电压、电流, 分别为 $U=10\text{ V}$, $I=0.2\text{ A}$,



则灯泡消耗的实际功率为 $P=UI=2\text{ W}$, 电源效率 $\frac{U}{E}=20\%$, 故 A, B 错误;

CD. 此时电源的 $I-U$ 图像如下图所示, 故计算得内阻 $r=40\ \Omega$ 。



7. D 【解析】小球从 M 运动到 N 的过程中加速度先减小后增大, 故 A 错误; 根据简谐运动的对称性可知, 小球从 M 运动到 O 和从 O 运动到 N 的时间是相等的, 故 B 错误; 振子静止在 O 点时, 有 $kx_0=mg$, N 点弹簧处于原长, 即振幅 $A=x_0$, 所以 M 点到 N 点的距离为 $s=2A=\frac{2mg}{k}$, 故 C 错误; 弹簧振子的振动周期与振子振幅无关, 故将该小球拉到 M 点下方静止释放, 弹簧振子的周期不变, 故 D 正确。故选 D。

8. AC 【解析】A. 根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$, 解得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ 可知, 轨道①的半径小于轨道③的半径, 则卫星在轨道①上的速度大于轨道③的速度, 故 A 正确; B. 从低轨道②进入高轨道③, 需要加速离心, 故 B 错误; C. 根据开普勒第三定律 $\frac{a^3}{T^2}=k$, 由于轨道②的半长轴大于轨道①的半径, 所以卫星在轨道②上运行的周期一定大于在轨道①运行的周期, 故 C 正确。D. 根据牛顿第二定律有 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$, 解得 $a=\frac{GM}{r^2}$ 可知, 卫星在轨道①上经过 P 点的加速度等于在轨道②上经过 P 点的加速度, 故 D 错误。

9. BD 【解析】A. 当饮酒驾驶后对着测试仪吹气时, 酒精气体浓度增大, 电阻 R 的电阻值减小, 由闭合电路欧姆定律可知, 电流表的示数变大, 定值电阻和电源内阻上的电压增大, 电压表示数变小, 故 A 错误; B. 电源的效率为 $\eta=\frac{U_{\text{外}}I}{EI}\times 100\%=\frac{U_{\text{外}}}{E}\times 100\%$, 饮酒量越多, 电阻 R 的电阻值越小, $U_{\text{外}}$ 越小, 电源的效率越低, 故 B 正确;

C. 饮酒量越多, 电阻 R 的电阻值越小, 即 $R_{\text{外}}$ 越小, 而外电阻 $R_{\text{外}}=R+R_0=R+r>r$, 当 $R_{\text{外}}$ 等于电源内阻 r 时

电源的输出功率最大,所以 $R_{\text{外}}$ 越小,电源的输出功率越大,故 C 错误;D. 电压表示数变化量与 R_0+r 的电压变化量绝对值相等,故 $\left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \left| \frac{\Delta I \cdot (R_0+r)}{\Delta I} \right| = R_0+r$, 即电压表示数变化量与电流表示数变化量的绝对值之比为 $2r$, 故 D 正确。故选 BD。

10. BD **【解析】**A. 根据图乙可知, $0 \sim 1$ s 内, 木板的加速度 $a=1 \text{ m/s}^2$, 再对木板利用牛顿第二定律 $\mu mg=Ma$, 解得 $\mu=0.2$, 故 A 错误;

B. 2 s 末物块与木板共同运动的速度大小为 v_3 , 从物块滑上木板到最终共同匀速运动的过程, 根据系统动量守恒有 $mv_0=(m+M)v_3$, 解得 $v_3=2 \text{ m/s}$, 故 B 正确;

C. 根据题意可知, 题图乙中图线 a 表示碰撞前物块的减速运动过程, 图线 b 表示碰撞前木板的加速过程, 图线 c 表示碰撞后木板的减速过程, 图线 d 表示碰撞后物块的加速过程, 物块与挡板碰撞前瞬间, 物块的速度大小为 v_1 , 设此时木板速度大小为 $v_{\text{木}}$, 则 $v_{\text{木}}=1 \text{ m/s}$, 从物块滑上木板到物块与木板碰撞前瞬间的过程, 根据系统动量守恒有 $mv_0=mv_1+Mv_{\text{木}}$

解得 $v_1=4 \text{ m/s}$

物块与挡板碰撞后瞬间, 物块的速度为 0, 木板速度大小为 v_2 , 从物块滑上木板到物块与木板碰撞后瞬间的过程, 根据系统动量守恒有 $mv_0=Mv_2$, 解得 $v_2=3 \text{ m/s}$

物块与木板碰撞前瞬间, 系统的动能为 $E_{k1}=\frac{1}{2}mv_1^2+\frac{1}{2}Mv_{\text{木}}^2=9 \text{ J}$

物块与木板碰撞后瞬间, 系统的动能 $E_{k2}=\frac{1}{2}Mv_2^2=9 \text{ J}$

故碰撞过程系统没有机械能损失, 是弹性碰撞, 故 C 错误;

D. 由题图乙得木板长为 $L=\frac{6+v_1}{2} \times 1 \text{ m}-\frac{1 \times 1}{2} \text{ m}=4.5 \text{ m}$

碰撞后物块与木板相对位移为 $\Delta x=\frac{v_2+v_3}{2} \times 1 \text{ m}-\frac{v_3}{2} \times 1 \text{ m}=1.5 \text{ m}$

故最终物块距木板左端的距离为 $L-\Delta x=3 \text{ m}$, 故 D 正确。故选 BD。

三、非选择题(共 5 小题, 共 57 分)

11. (7 分)(最后一空 3 分, 前两空每空 2 分)

(1) $l+\frac{1}{2}d$

(2) $2t_0$

(3) $\frac{4\pi^2 L_A}{T_A^2}$

【解析】(1) 摆长是摆线长和小球半径之和, 所以 $L=l+\frac{1}{2}d$

(2) 实验中, 磁性小球经过最低点时测得的磁感应强度 B 最大, 根据图 2 有 $t_0=\frac{1}{2}T$

解得周期为 $T=2t_0$

(3) 根据 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, 可得 $T^2=\frac{4\pi^2}{g}L$

结合 T^2-L 图像, 可得 $\frac{4\pi^2}{g}=k=\frac{T_A^2}{L_A}$

解得 $g=\frac{4\pi^2 L_A}{T_A^2}$

12. (10分)(每空2分)

- (1) A
- (3) 2.0 2.0
- (4) = >

【解析】(1)当电流表达到最大值时,此时电路最小总电阻约为 $R = \frac{E}{I_{\max}} = \frac{2}{0.6} \Omega = 3.3 \Omega$

所以定值电阻选 A。

(3)滑片转过角度 θ 时变阻器接入电路的阻值

$$R = R_{\text{总}} \times \frac{\theta}{180^\circ} = \frac{\theta}{15} \Omega$$

由电路图,根据闭合电路的欧姆定律得 $E = I(r + R_0 + R)$

$$\text{整理得 } \frac{1}{I} = \frac{\theta}{15E} + \frac{R_0 + r}{E}$$

根据 $\frac{1}{I} - \theta$ 图像可知,图像斜率的绝对值 $k = \frac{9-3}{180} = \frac{1}{15E}$

解得 $E = 2.0 \text{ V}$

$$\text{截距 } \frac{R_0 + r}{E} = 3$$

解得 $r = 2.0 \Omega$

(4)安阻法类似于内接法,故 $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}, r_{\text{测}} > r_{\text{真}}$ 。

13. (10分)

(1) 2 m/s 水平向右

(2) $\frac{4}{5}\sqrt{2} \text{ m}$

【解析】(1)从 O 到 A 过程, $v_A^2 = 2gh_{OA}$ 2分

解得: $v_A = 4 \text{ m/s}$ 1分

碰撞前后由速度的分解与合成可知, $v_{A1} = \frac{1}{2}v_A = 2 \text{ m/s}$ 1分

方向:水平向右 1分

(2)由题意可知小球在 A 点碰后做平抛运动,则 $l_{AB} \sin 45^\circ = v_{A1}t$ 2分

$l_{AB} \cos 45^\circ = \frac{1}{2}gt^2$ 2分

联立解得: $l_{AB} = \frac{4}{5}\sqrt{2} \text{ m}$ 1分

14. (14分)

(1) $\frac{mg \tan \frac{\theta}{2}}{q}$

(2) $mg \left[\frac{3}{\cos \frac{\theta}{2}} - 2 \right]$

【解析】(1)方法一:

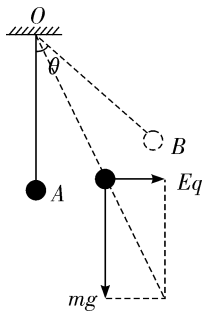
从 A 到 B 过程,由动能定理可得

$$-mgL(1 - \cos \theta) + EqL \sin \theta = 0 \text{ 4分}$$

$$\text{可得: } E = \frac{mg(1 - \cos \theta)}{q \sin \theta} = \frac{mg \tan \frac{\theta}{2}}{q} \text{ 2分}$$

方法二:等效重力模型

重力与电场力合力沿 $\angle AOB$ 角平分线上,如图所示



可得 $\tan \frac{\theta}{2} = \frac{Eq}{mg}$ 4分

$$E = \frac{mg \tan \frac{\theta}{2}}{q} \dots\dots\dots 2分$$

(2)由等效重力模型可知,小球运动到弧AB中点的时候拉力最大。令弧AB中点为C。

方法一:从A运动到弧AB中点的过程,根据动能定理有

$$-mgL\left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) + EqL \sin \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2}mv_C^2 \dots\dots\dots 3分$$

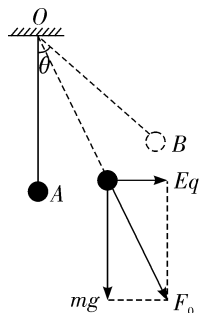
在C点,有

$$F - mg \cos \frac{\theta}{2} - Eq \sin \frac{\theta}{2} = \frac{mv_C^2}{L} \dots\dots\dots 3分$$

可得:

$$F = mg \left[\frac{3}{\cos \frac{\theta}{2}} - 2 \right] \dots\dots\dots 2分$$

方法二:令重力和电场力的合力为 F_0



$$则有 F_0 = \frac{mg}{\cos \frac{\theta}{2}}$$

从A运动到弧AB中点的过程,根据动能定理有

$$F_0 L \left(1 - \cos \frac{\theta}{2}\right) = \frac{1}{2}mv_C^2 \dots\dots\dots 3分$$

在C点,有

$$F - F_0 = \frac{mv_C^2}{L} \dots\dots\dots 3分$$

可得:

$$F = mg \left[\frac{3}{\cos \frac{\theta}{2}} - 2 \right] \dots\dots\dots 2分$$

15. (16分)

(1)①8 m/s 40 J ②1.8 s

(2)5 节

【解析】(1)①由动量守恒定律得 $Mv_0 = (M+m)v_1$ 2分

得 $v_1 = \frac{M}{M+m}v_0 = 8 \text{ m/s}$ 1分

损失的机械能 $\Delta E = \frac{1}{2}Mv_0^2 - \frac{1}{2}(M+m)v_1^2 = 40 \text{ J}$ 2分

②动力车厢运动到第1节无动力车厢时所需时间 $t_0 = \frac{l}{v_0}$ 1分

与第k节无动力车厢碰后速度为 v_k , 由动量守恒定律知 $Mv_0 = (M+km)v_k$ 1分

得 $v_k = \frac{M}{M+km}v_0$

从k节到k+1节运动的时间 $t_k = \frac{l}{v_k} = \frac{(M+km)l}{Mv_0}$ 1分

则从开始运动到第8节无动力车厢与第9节无动力车厢相碰时的总时间为 $t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_8 = 1.8 \text{ s}$ 1分

(2)动力车厢撞击第一节无动力车厢之前, 根据动能定理有

$Mgl\sin\theta = \frac{1}{2}Mv_1^2$ 1分

解得 $v_1 = \sqrt{2gl\sin\theta}$

进入粗糙段之后, 每两次碰撞之间, 对已连接的整体 $m_{\text{总}}$:

$m_{\text{总}}g\sin\theta - \mu m_{\text{总}}g\cos\theta = m_{\text{总}}a$ 1分

解得 $a = -0.5 \text{ m/s}^2$

设碰第k个无动力车厢前的速度为 v_k , 碰第k个无动力车厢后的速度为 v_k' ,

则两次碰撞间有: $v_{k+1}^2 - v_k'^2 = 2al$ 1分

第k次碰撞前后: $[M+(k-1)m]v_k = (M+km)v_k'$ 1分

联立得: $v_{k+1}^2 = \left(\frac{k+3}{k+4}\right)^2 v_k^2 - 1$ 1分

迭代计算: $v_2^2 = \frac{16}{25} \times 12 - 1 = \frac{167}{25} > 0$

$v_3^2 = \frac{25}{36} \times \frac{167}{25} - 1 = \frac{131}{36} > 0$

$v_4^2 = \frac{36}{49} \times \frac{131}{36} - 1 = \frac{82}{49} > 0$

$v_5^2 = \frac{49}{64} \times \frac{82}{49} - 1 = \frac{18}{64} > 0$

$v_6^2 = \frac{64}{81} \times \frac{18}{64} - 1 = -\frac{63}{81} < 0$

因此, 能带动第5节无动力车厢 2分