

## 2014 年高考四川卷理科综合（物理部分）

理科综合考试时间共 150 分钟，满分 300 分。其中，物理 110 分，化学 100 分，生物 90 分。

### 第 I 卷（选择题 共 42 分）

第 I 卷共 7 题，每题 6 分。每题给出的四个选项中，有的只有一个选项、有的有多个选项符合题目要求，全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错和不选的得 0 分。

1. 如图所示，甲是远距离的输电示意图，乙是发电机输出电压随时间变化的图象，则（ ）



- A. 用户用电器上交流电的频率是 100Hz
- B. 发电机输出交流电的电压有效值是 500V
- C. 输电线的电流只由降压变压器原副线圈的匝数比决定
- D. 当用户用电器的总电阻增大时，输电线上损失功率减小

【答案】D

【解析】

试题分析：由题图乙知交变电流的周期为  $T = 0.02 \text{ s}$ ，设频率为  $f = \frac{1}{T} = 50 \text{ Hz}$ ，A 选项错误；发电机输出的最大电压为 500V，故 B 选项错误；输电线的电流由负载决定，故 C 选项错误；当用户的用电器的总电阻增大时，输出的电流减小，故输电线上损耗的功率  $\Delta P = I^2 R$  减小，故 D 选项正确。

【学科网考点定位】变压器 远距离输电 峰值和有效值 输电电流 损耗功率

2. 电磁波已广泛运用于很多领域，下列关于电磁波的说法符合实际的是（ ）

- A. 电磁波不能产生衍射现象
- B. 常用的遥控器通过发出紫外线脉冲信号来遥控电视机
- C. 根据多普勒效应可以判断遥远天体相对于地球的运动速度
- D. 光在真空中运动的速度在不同惯性系中测得的数值可能不同

【答案】C

【解析】

试题分析：任何波都能发生衍射现象，故 A 选项错误；常用的遥控器是通过发出红外线脉冲信号来遥控的，故 B 选项错误；根据多普勒效应可以判断遥远天体相对地球的运动速度，故 C 选项正确；由相对论知光在真空中的传播在不同的惯性参考系中数值不变，D 选项错误。

**【学科网考点定位】** 波的衍射 红外线和紫外线的用途 多普勒效应 相对论

3. 如图所示，口径较大、充满水的薄壁圆柱形玻璃缸底有一发光小球，则（ ）



- A. 小球必须位于缸底中心才能从侧面看到小球
- B. 小球所发的光能从水面任何区域射出
- C. 小球所发的光从水中进入空气后频率变大
- D. 小球所发的光从水中进入空气后传播速度变大

**【答案】** D

**【解析】**

试题分析：只要发光小球在缸底的光线能从侧面折射出光线，就可以从侧面看到发光小球，故 A 选项错误；发光小球由水中射向水面的光线，存在一个全反射临界角，当入射角大于全反射临界角时，不能从水面射出，故 B 选项错误；折射光不改变光的频率，故 C 选项错误；学科网由  $n = \frac{c}{v}$ ，得  $v = \frac{c}{n}$ ，而  $n > 1$ ，故  $c > v$ ，所以 D 选项正确。

**【学科网考点定位】** 光的折射 全反射 光的频率

4. 有一条两岸平直、河水均匀流动、流速恒为  $v$  的大河。小明驾着小船渡河，去程时船头指向始终与河岸垂直，回程时行驶路线与河岸垂直。去程与回程所用时间的比值为  $k$ ，船在静水中的速度大小相同，则小船在静水中的速度大小为（ ）

- A.  $\frac{kv}{\sqrt{k^2-1}}$
- B.  $\frac{v}{\sqrt{1-k^2}}$
- C.  $\frac{kv}{\sqrt{1-k^2}}$
- D.  $\frac{v}{\sqrt{k^2-1}}$

**【答案】** B

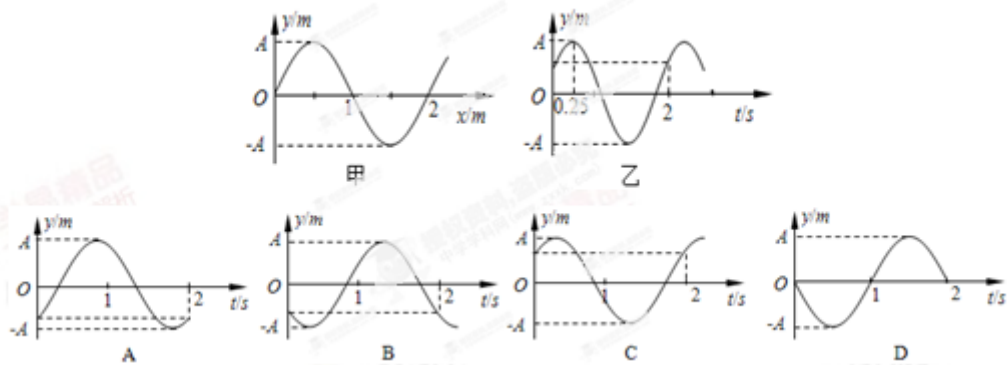
**【解析】**

试题分析：设小船相对静水的速度为  $v_c$ ，去程时过河的时间为  $t_1 = \frac{d}{v_c}$ ，回程的时间  $t_2 = \frac{d}{\sqrt{v_c^2 - v^2}}$ ，由题

意知  $\frac{t_1}{t_2} = k$ ，解得  $v_c = \frac{v}{\sqrt{1-k^2}}$ ，故选项 B 正确。

**【学科网考点定位】** 小船过河 运动的分解和合成

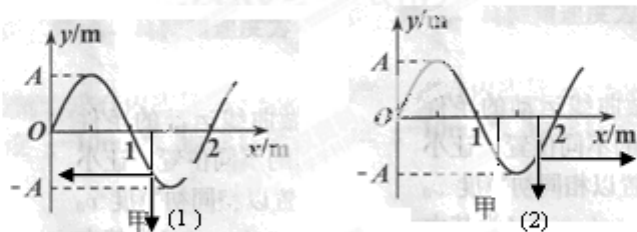
5. 如图所示，甲为  $t = 1s$  时某横波的波形图象，乙为该波传播方向上某一质点的振动图象，距该质点  $\Delta x = 0.5m$  处质点的振动图象可能是（ ）



【答案】A

【解析】

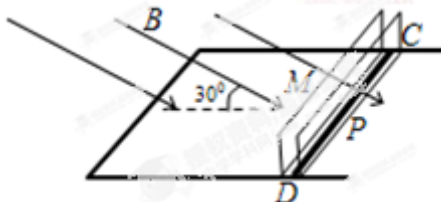
试题分析：由题意知  $\lambda = 2\text{ m}$ ， $T = 2\text{ s}$ ，由乙图知  $t = 1\text{ s}$  时在  $y$  轴负向且向下运动，满足该条件的点有两个，如图所示，



无论向左传  $\Delta x = 0.5\text{ m}$  的图 (1)，还是向右传  $\Delta x = 0.5\text{ m}$  的图 (2)，都可确定在  $t = 1\text{ s}$  时沿波的传播方向上据质点该  $\Delta x = 0.5\text{ m}$  处，质点都在  $y$  轴正向且向下运动，满足题意的选项只有 A 选项正确。

【学科网考点定位】波的图象 振动图象 波的周期性

6. 如图所示，不计电阻的光滑 U 形金属框水平放置，光滑、竖直玻璃挡板  $H$ 、 $P$  固定在框上， $H$ 、 $P$  的间距很小。质量为  $0.2\text{ kg}$  的细金属杆  $CD$  恰好无挤压地放在两挡板之间，与金属框接触良好并围成边长为  $1\text{ m}$  的正方形，其有效电阻为  $0.1\Omega$ 。此时在整个空间加方向与水平面成  $30^\circ$  角且与金属杆垂直的匀强磁场，磁感应强度随时间变化规律是  $B = (0.4 - 0.2t)\text{ T}$ ，图示磁场方向为正方向。框、挡板和杆不计形变。则：



- A.  $t = 1\text{ s}$  时，金属杆中感应电流方向从  $C$  至  $D$
- B.  $t = 3\text{ s}$  时，金属杆中感应电流方向从  $D$  至  $C$
- C.  $t = 1\text{ s}$  时，金属杆对挡板  $P$  的压力大小为  $0.1\text{ N}$
- D.  $t = 3\text{ s}$  时，金属杆对挡板  $H$  的压力大小为  $1.2\text{ N}$

【答案】AC

【解析】

试题分析：由楞次定律的“增反减同”的原理，可判断出 $t = 1\text{s}$ 时金属杆中的电流方向是从 $C$ 到 $D$ ，A选项正确， $t = 3\text{s}$ 时磁场反向增强，金属杆中的电流方向仍是从 $C$ 到 $D$ ，B选项错误；由法拉第电磁感应定律

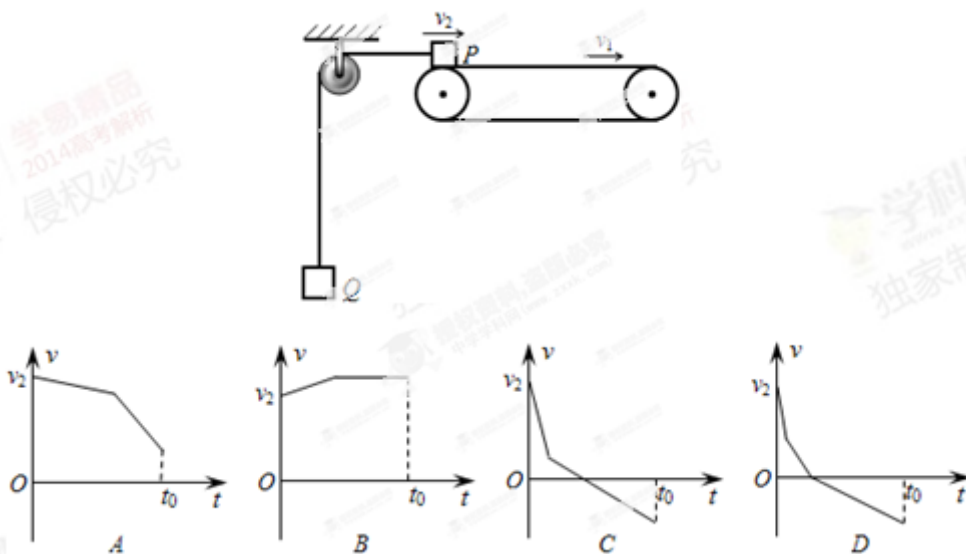
$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B L^2 \sin 30^\circ}{\Delta t} = 0.1\text{V}, \text{ 感应电流为 } I = \frac{E}{R} = 1\text{A}, \text{ 当 } t = 1\text{s} \text{ 时, } B_1 = 0.2\text{T}, \text{ 安培力 } F_1 = ILB_1 \text{ 方向斜}$$

向右上方的，则金属杆受到 $P$ 的弹力 $N_1 = ILB_1 \sin 30^\circ = 0.1\text{N}$ ，学科网故C选项正确；当 $t = 3\text{s}$ 时， $B_2 = -0.2\text{T}$ ，

安培力 $F_2 = ILB_2$ 方向斜向右下方的，则金属杆受到 $H$ 的弹力 $N_2 = ILB_2 \sin 30^\circ = 0.1\text{N}$ ，故D选项错误。

【学科网考点定位】 法拉第电磁感应定律 欧姆定律 物体平衡 安培力

7. 如图所示，水平传送带以速度 $v_1$ 匀速运动，小物体 $P$ 、 $Q$ 由通过定滑轮且不可伸长的轻绳相连， $t = 0$ 时刻 $P$ 在传送带左端具有速度 $v_2$ ， $P$ 与定滑轮间的绳水平， $t = t_0$ 时刻 $P$ 离开传送带。不计定滑轮质量和摩擦，绳足够长。正确描述小物体 $P$ 速度随时间变化的图象可能是（ ）



【答案】BC

【解析】

试题分析：若 $v_1 = v_2$ ，小物体 $P$ 可能受到的静摩擦力等于绳的拉力，一直相对传送带静止匀速向右运动若最大静摩擦力小于绳的拉力，则小物体 $P$ 先向右匀减速运动，减速到零后反向匀加速直到离开传送带，由牛顿第二定律知 $m_Q g - \mu m_P g = (m_Q + m_P)a$ ，加速度不变；若 $v_1 > v_2$ ，小物体 $P$ 先向右匀加速直线运动，由牛顿第二定律知 $\mu m_P g - m_Q g = (m_Q + m_P)a$ ，到小物体 $P$ 加速到与传送带速度 $v_1$ 相等后匀速，故B选项

可能；若  $v_1 < v_2$ ，小物体  $P$  先向右匀减速直线运动，由牛顿第二定律知  $m_D g - \mu m_P g = (m_D + m_P) a_1$ ，到小物体  $P$  减速到与传送带速度  $v_1$  相等后继续向右加速但滑动摩擦力方向改向，此时匀减速运动的加速度为  $m_D g + \mu m_P g = (m_D + m_P) a_2$ ，到加速为零后，又反向以  $a_2$  加速度匀加速运动，而  $a_2 > a_1$ ，故 C 选项，A、D 选项错误。

**【学科网考点定位】** 牛顿第二定律  $v-t$  图象

**第 II 卷**（非选择题 共 68 分）

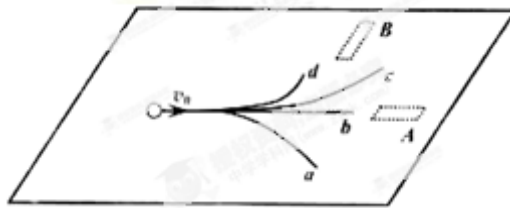
注意事项：

必须使用 0.5 毫米黑色墨迹签字笔在答题卡上题目所指示的答题区域内作答。作图题可先用铅笔绘出，确认后再用 0.5 毫米黑色墨迹签字笔描清楚。答在试题卷上、草稿纸上无效。

第 II 卷共 4 题。

8. (17 分)

(I) (6 分) 小文同学在探究物体做曲线运动的条件时，将一条形磁铁放在桌面的不同位置，让小钢珠在水平桌面上从同一位置以相同初速度  $v_0$  运动，得到不同轨迹。图中  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  为其中四条运动轨迹，磁铁放在位置  $A$  时，小钢珠的运动轨迹是\_\_\_\_\_（填轨迹字母代号），磁铁放在位置  $B$  时，小钢珠的运动轨迹是\_\_\_\_\_（填轨迹字母代号）。实验表明，当物体所受合外力的方向跟它的速度方向\_\_\_\_\_（选填“在”或“不在”）同一直线上时，物体做曲线运动。



**【答案】**  $b$   $c$  不在

**【解析】**

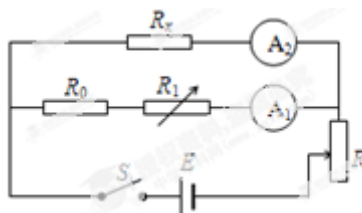
试题分析：由于  $A$  处磁力与直线  $b$  在同一条直线上，故小钢珠做直线运动，运动轨迹为  $b$ ，由于  $B$  处磁力斜向上，故选择轨迹  $c$ 、 $d$  轨迹不合理，学科网从而验证了物体做曲线运动的条件是物体所受合外力的方向跟它的速度方向不在同一条直线上。

**【学科网考点定位】** 物体做曲线运动的条件

(2) (11 分)

如图是测量阻值约几十欧的未知电阻  $R_x$  的原理图，图中  $R_0$  是保护电阻（ $10\Omega$ ）， $R_1$  是电阻箱（ $0\sim 99.9\Omega$ ）， $R$  是滑动变阻器， $A_1$  和  $A_2$  是电流表， $E$  是电源（电动势  $10V$ ，内阻很小）。

在保证安全和满足要求的情况下，使测量范围尽可能大。实验具体步骤如下：



- (i) 连接好电路，将滑动变阻器  $R$  调到最大；
- (ii) 闭合  $S$ ，从最大值开始调节电阻箱  $R_1$ ，先调  $R_1$  为适当值，再调滑动变阻器  $R$ ，使  $A_1$  示数  $I_1 = 0.15A$ ，记下此时电阻箱的阻值  $R_1$  和  $A_2$  示数  $I_2$ 。
- (iii) 重复步骤 (ii)，再侧量 6 组  $R_1$  和  $I_2$ ；
- (iv) 将实验测得的 7 组数据在坐标纸上描点。

根据实验回答以下问题：

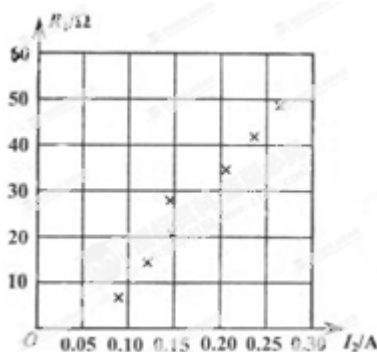
① 现有四只供选用的电流表：

- A. 电流表（ $0\sim 3mA$ ，内阻为  $2.0\Omega$ ）
- B. 电流表（ $0\sim 3mA$ ，内阻未知）
- C. 电流表（ $0\sim 0.3A$ ，内阻为  $5.0\Omega$ ）
- D. 电流表（ $0\sim 0.3A$ ，内阻未知）

$A_1$  应选用 \_\_\_\_\_， $A_2$  应选用 \_\_\_\_\_。

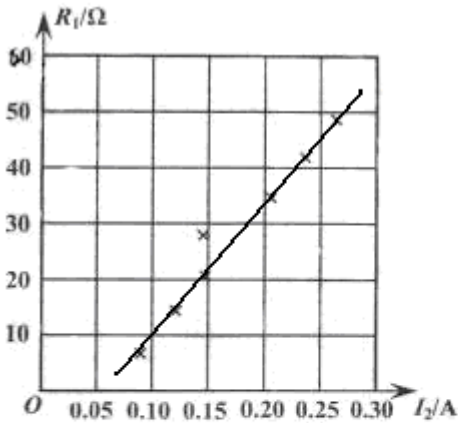
② 测得一组  $R_1$  和  $I_2$  值后，调整电阻箱  $R_1$ ，使其阻值变小，要使  $A_1$  示数  $I_1 = 0.15A$ ，应让滑动变阻器  $R$  接入电路的阻值 \_\_\_\_\_（选填“不变”、“变大”或“变小”）。

③ 在坐标纸上画出  $R_1$  与  $I_2$  的关系图。



④ 根据以上实验得出  $R_x =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

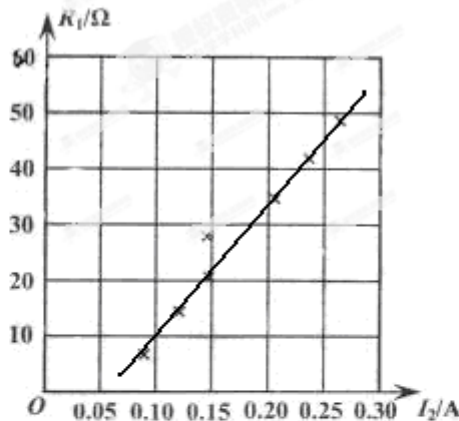
**【答案】** ①D C ②变大 ③关系图象如图所示 ④31



【解析】试题分析：①由于  $R_x$  的电阻为几十欧姆， $R_0=10\Omega$ ， $R_1$  是  $(0-99.9\Omega)$  故通过  $A_1$ 、 $A_2$  的电流相差不多，而与  $R_x$  串联的电流表阻值需要已知，故  $A_2$  选择电流表 C， $A_1$  选择电流表 D；

②电阻箱  $R_1$  减小，则外电路总电阻减小，总电流变大，故滑动变阻器处分压升高，测电阻部分电压减小，为使  $I_1$  不变需要增大  $R_1$  电阻；

③关系图象如图



④由欧姆定律  $I_1(R_0 + R_1 + R_{A1}) = I_2(R_x + R_{A2})$ ，解得  $R_1 = \frac{(R_x + R_{A2})}{I_1} I_2 - (R_0 + R_{A1})$ ，由图象的斜率可求，

即  $k = \frac{(R_x + R_{A2})}{I_1}$  带入数据  $\frac{36-10}{(0.25-0.10)} = \frac{R_x + R_{A2}}{I_1}$  解得  $R_x=31\Omega$  ( $R_x=30\Omega \sim 32\Omega$  均合理)

【学科网考点定位】欧姆定律 测电阻的实验

9. (15 分) 石墨烯是近些年发现的一种新材料，其超高强度及超强导电、导热等非凡的物理化学性质有望使 21 世纪的世界发生革命性的变化，其发现者由此获得 2010 年诺贝尔物理学奖。用石墨烯制作超级缆绳，人类搭建“太空电梯”的梦想有望在本世纪实现。科学家们设想，通过地球同步轨道站向地面垂下一条缆绳至赤道基站，电梯仓沿着这条缆绳运行，实现外太空和地球之间便捷的物资交换。



(1) 若“太空电梯”将货物从赤道基站运到距地面高度为  $h_1$  的同步轨道站，求轨道站内质量为  $m_1$  的货物相对地心运动的动能。设地球自转角速度为  $\omega$ ，地球半径为  $R$ 。

(2) 当电梯仓停在距地面高度  $h_2 = 4R$  的站点时，求仓内质量  $m_2 = 50\text{kg}$  的人对水平地板的压力大小。取地面附近重力加速度  $g = 10\text{m/s}^2$ ，地球自转角速度  $\omega = 7.3 \times 10^{-5}\text{rad/s}$ ，地球半径  $R = 6.4 \times 10^3\text{km}$ 。

**【答案】** (1)  $\frac{1}{2}m_1(R+h_1)^2\omega^2$  (2) 11.5N

**【解析】**

试题分析：(1) 设货物相对地心的距离为  $r_1$ ，线速度为  $v_1$

由  $r_1 = R + h_1$  ①，

$v_1 = r_1\omega$  得距离地面高为  $h_1$  的同步轨道站相对地形的线速度为  $v_1 = (R + h_1)\omega$  ②

则货物相对地心的动能为  $E_k = \frac{1}{2}m_1v_1^2$  ③

联立①②③得  $E_k = \frac{1}{2}m_1(R + h_1)^2\omega^2$  ④

说明：①②③④四式各 1 分

(2) 设地球的质量为  $M$ ，人相对地心的距离为  $r_2$ ，向心加速度为  $a_2$ ，轨道所在处的重力加速度为  $g_2$

$r_2 = R + h_2$  ⑤

$a_2 = r_2\omega^2$  ⑥

则在地球表面有  $G\frac{Mm}{R^2} = mg$  ⑦

设距离地心  $h_2 = 4R$  处的向心加速度为  $g_2$ ， $G\frac{Mm}{(R+h_2)^2} = mg_2$  ⑧

解得  $g_2 = \frac{g}{25}$

相对太空舱静止的人受到太空舱地板的支持力为  $N$

$$mg_2 - N = ma_2 \text{ ⑨}$$

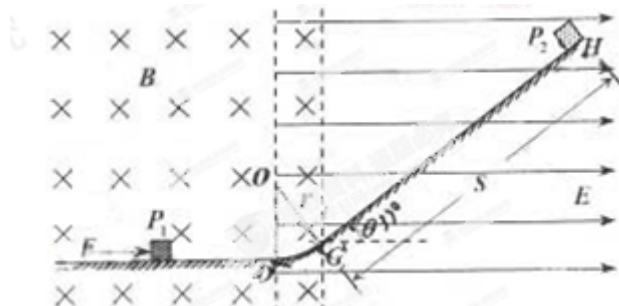
联立⑤~ ⑩ 解得  $N=11.5\text{N}$ ⑩

在由牛顿第三定律知  $N = N'$ ，对水平地板的压力为  $N' = 11.5\text{N}$  ⑪

说明⑥⑦⑧⑨式各式 2 分，⑤⑩ ⑪ 各式 1 分

【学科网考点定位】牛顿运动定律 万有引力定律 动能

10. (17 分) 在如图所示的竖直平面内。水平轨道  $CD$  和倾斜轨道  $GH$  与半径  $r = \frac{9}{44}\text{m}$  的光滑圆弧轨道分别相切于  $D$  点和  $G$  点， $GH$  与水平面的夹角  $\theta = 37^\circ$ 。过  $G$  点、垂直于纸面的竖直平面左侧有匀强磁场，磁场方向垂直于纸面向里，磁感应强度  $B = 1.25\text{T}$ ；过  $D$  点、垂直于纸面的竖直平面右侧有匀强电场，电场方向水平向右，电场强度  $E = 1 \times 10^4\text{N/C}$ 。小物体  $P_1$  质量  $m = 2 \times 10^{-3}\text{kg}$ 、电荷量  $q = +8 \times 10^{-6}\text{C}$ ，受到水平向右的推力  $F = 9.98 \times 10^{-3}\text{N}$  的作用，沿  $CD$  向右做匀速直线运动，到达  $D$  点后撤去推力。当  $P_1$  到达倾斜轨道底端  $G$  点时，不带电的小物体  $P_2$  在  $GH$  顶端静止释放，经过时间  $t = 0.1\text{s}$  与  $P_1$  相遇。 $P_1$  和  $P_2$  与轨道  $CD$ 、 $GH$  间的动摩擦因数均为  $\mu = 0.5$ ，取  $g = 10\text{m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ，物体电荷量保持不变，不计空气阻力。求：



(1) 小物体  $P_1$  在水平轨道  $CD$  上运动速度  $v$  的大小；

(2) 倾斜轨道  $GH$  的长度  $s$ 。

【答案】(1)  $4\text{m/s}$ (2)  $0.56\text{m}$

【解析】试题分析：(1) 设小物体  $P_1$  在匀强磁场中运动的速度为  $v$ ，受到水平外力  $F$ ，重力  $mg$ ，支持力  $N$ ，竖直向上的洛伦兹力  $F_1$ ，滑动摩擦力  $f$

$$\text{则 } F_1 = qvB \text{ ①}$$

$$N = mg - qvB, \quad f = \mu N \text{ ②}$$

匀速直线运动，物体处于平衡状态；  $F - f = 0$  ③

解得  $v = 4 \text{ m/s}$ ④

说明：①③各 1 分，②④各 2 分

(2) 设物体  $P_1$  在  $G$  点的速度为  $v_1$ ，由于洛伦兹力不做功

$$\text{由动能定理知 } qEr \sin 37^\circ - mgr(1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv^2 \text{ ⑤}$$

解得速度  $v_1 = 5 \text{ m/s}$

小物体  $P_1$  在  $GH$  上运动受到水平向右的电场力  $qE$ ，重力  $mg$ ，垂直斜面支持力  $N_1$ ，沿斜面向下的滑动摩擦力  $f_1$  设加速度为  $a_1$

$$\text{由牛顿第二定律有 } N_1 = mg \cos 37^\circ + qE \cos 37^\circ, f_1 = \mu N_1$$

$$qE - mg \sin 37^\circ - f_1 = ma_1, \text{ ⑥}$$

解得  $a_1 = 10 \text{ m/s}^2$

$$\text{小物体 } P_1 \text{ 在 } GH \text{ 上匀加速向上运动 } s_1 = v_1 t + \frac{1}{2}a_1 t^2 = 0.55 \text{ m} \text{ ⑦}$$

小物体  $P_2$  在  $GH$  上运动受到重力  $m_2 g$ ，垂直斜面支持力  $N_2$ ，沿斜面向上的滑动摩擦力  $f_2$ ，加速度为  $a_2$

$$\text{则 } m_2 g \sin 37^\circ - \mu m_2 g \cos 37^\circ = m_2 a_2 \text{ ⑧}$$

解得  $a_2 = 2 \text{ m/s}^2$

$$\text{小物体 } P_2 \text{ 在 } GH \text{ 上匀加速向下运动 } s_2 = \frac{1}{2}a_2 t^2 = 0.01 \text{ m} \text{ ⑨}$$

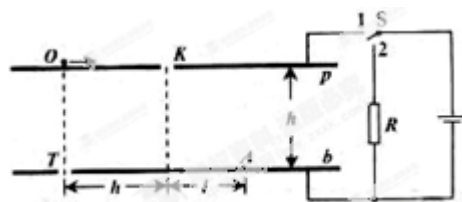
故轨道长  $s = s_1 + s_2$  ⑩

所以  $s = 0.56 \text{ m}$  ⑪

说明：⑦⑧⑨⑩各 1 分，⑪⑬各 2 分，⑫式 3 分

【学科网考点定位】物体平衡 动能定理 牛顿第二定律 匀变速直线运动规律

11. (11 分) 如图所示，水平放置的不带电的平行金属板  $p$  和  $b$  相距  $h$ ，与图示电路相连，金属板厚度不计，忽略边缘效应。 $p$  板上表面光滑，涂有绝缘层，其上  $O$  点右侧相距  $h$  处有小孔  $K$ ； $b$  板上有小孔  $T$ ，且  $O$ 、 $T$  在同一条竖直线上，图示平面为竖直平面。质量为  $m$ 、电荷量为  $-q$  ( $q > 0$ ) 的静止粒子被发射装置 (图中未画出) 从  $O$  点发射，沿  $P$  板上表面运动时间  $t$  后到达  $K$  孔，不与板碰撞地进入两板之间。粒子视为质点，在图示平面内运动，电荷量保持不变，不计空气阻力，重力加速度大小为  $g$ 。



- (1) 求发射装置对粒子做的功；
- (2) 电路中的直流电源内阻为  $r$ ，开关  $S$  接“1”位置时，进入板间的粒子落在  $b$  板上的  $A$  点， $A$  点与过  $K$  孔竖直线的距离为  $l$ 。此后将开关  $S$  接“2”位置，求阻值为  $R$  的电阻中的电流强度；
- (3) 若选用恰当直流电源，电路中开关  $S$  接“1”位置，使进入板间的粒子受力平衡，此时在板间某区域加上方向垂直于图面的、磁感应强度大小合适的匀强磁场（磁感应强度  $B$  只能在  $0 \sim B_m = \frac{(\sqrt{21}+5)m}{(\sqrt{21}-2)qt}$  范围内选取），使粒子恰好从  $b$  板的  $T$  孔飞出，求粒子飞出时速度方向与  $b$  板板面夹角的所有可能值（可用反三角函数表示）。

【答案】(1)  $\frac{mh^2}{2t^2}$  (2)  $\frac{mh}{q(R+r)}(g - \frac{2h^3}{l^2t^2})$  (3)  $0 < \theta \leq \arcsin \frac{2}{5}$

【解析】试题分析：(1) 设粒子在  $P$  板上匀速运动的速度为  $v_0$ ，由于粒子在  $P$  板匀速直线运动，故  $v_0 = \frac{h}{t}$  ①

所以，由动能定理知，发射装置对粒子做的功  $W = \frac{1}{2}mv^2$  ②

解得  $W = \frac{mh^2}{2t^2}$  ③

说明：①②各 2 分，③式 1 分

(2) 设电源的电动势  $E_0$  和板间的电压为  $U$ ，有  $E_0 = U$  ④

板间产生匀强电场为  $E$ ，粒子进入板间时有水平方向的初速度  $v_0$ ，学科网在板间受到竖直方向的重力和电场力作用而做类平抛运动，设运动时间为  $t_1$ ，加速度为  $a$ ，有  $U = Eh$  ⑤

当开关  $S$  接“1”时，粒子在电场中做匀变速曲线运动，其加速度为  $mg - \frac{qU}{h} = ma$  ⑥

再由  $h = \frac{1}{2}at_1^2$ ，⑦

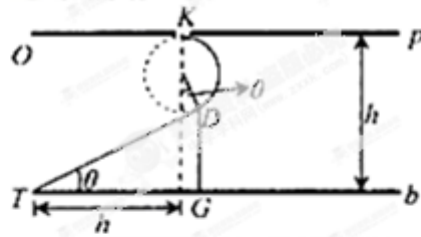
$l = vt_1$  ⑧

当开关  $S$  接“2”时，由闭合电路欧姆定律知  $I = \frac{E_0}{R+r} = \frac{U}{R+r}$  ⑨

联立①④⑤⑥⑦⑧⑨解得， $I = \frac{mh}{q(R+r)} \left( g - \frac{2h^3}{l^2 l^2} \right)$  ⑩

说明：④⑤⑥⑦⑧⑨⑩各 1 分

(3) 由题意分析知，此时在板间运动的粒子重力和电场力平衡。当粒子从  $k$  进入两板间后，立即进入磁场物体在电磁场中做匀速圆周运动，离开磁场后做匀速直线运动，故分析带电粒子的磁场如图所示，运动轨迹如图所示，粒子出磁场区域后沿  $DT$  做匀速直线运动， $DT$  与  $b$  板上表面的夹角为  $\theta$ ，



$Df$  与  $b$  板上表面即为题中所求  $\theta$ ，设粒子与板间的夹角最大，设为  $\theta$ ，磁场的磁感应强度  $B$  取最大值时的夹角为  $\theta$ ，当磁场最强时， $R$  最小，最大设为  $\theta_m$

由  $qvB = m \frac{v^2}{R}$ ，⑩知  $R = \frac{mv}{qB}$ ，

当  $B$  减小时，粒子离开磁场做匀速圆周运动的半径也要增大，学科网  $D$  点向  $b$  板靠近。 $Df$  与  $b$  板上表面的夹角越变越小，当后在板间几乎沿着  $b$  板上表面运动，

当  $B_m$  则有图中可知  $\overline{DG} = h - R(1 - \cos \theta)$ ，⑫

$\overline{TG} = h + R \sin \theta$  ⑬，

$\tan \theta = \frac{\overline{DG}}{\overline{TG}}$  ⑭

联立⑫⑬⑭，将  $B=B_m$  带入

解得  $\arcsin \theta_m = \frac{2}{5}$  ⑮

当  $B$  逐渐减小是，粒子做匀速圆周运动的半径  $R$ ， $D$  点无线接近向  $b$  板上表面时，当粒子离开磁场后在板间几乎沿着  $b$  板上表面运动而从  $T$  孔飞出板间区域，此时  $B_m > B > 0$  满足题目要求，夹角  $\theta$  趋近  $\theta_0$ ，既

$\theta_0 = 0$  ⑯

故粒子飞出时与  $b$  板夹角的范围是  $0 < \theta \leq \arcsin \frac{2}{5}$  (17)

说明：⑫⑬⑭⑮⑯ (17) 各 1 分

动能定理 牛顿第二定律 闭合电路欧姆定律