

4. 一倾角为 θ 的斜面体固定在水平面上，其斜面部分光滑，现将两个质量均为 m 的物块 A 和 B 叠放在一起，给 A 、 B 整体一初速度使其共同沿斜面向上运动，如图1所示，已知 A 的上表面水平，则在向上运动过程中，下列说法正确的是()

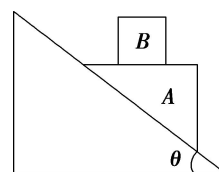


图1

- A. 物块 B 对 A 的摩擦力方向水平向右
- B. 物块 A 对 B 的作用力做正功
- C. A 对 B 的摩擦力大小为 $mg\sin\theta\cos\theta$
- D. 由于 B 减速运动，则 B 的机械能减少

4. 【答案】 C

【解析】 对整体分析，其加速度沿斜面向下，可将此加速度分解为水平方向和竖直方向，再隔离 B 分析可得，故 B 定会受到 A 给 B 水平向右的摩擦力，根据牛顿第三定律，则物块 A 受到 B 的摩擦力水平向左，故A错误；对整体分析，其加速度沿斜面向下，可将此加速度分解为水平方向和竖直方向，水平方向上的加速度 $a_1 = a\cos\theta = g\sin\theta\cos\theta$ ，竖直方向上的加速度 $a_2 = a\sin\theta = g\sin^2\theta$ 。隔离对 B 分析， A 对 B 的摩擦力 $f = ma_1 = mg\sin\theta\cos\theta$ ，故C正确；先对整体分析，有沿向下加速度为 $g\sin\theta$ 。再对 B 分析，(把 A 对 B 的摩擦力和支持力看做一个力)，重力沿斜面的分力产生的加速度为 $g\sin\theta$ ，重力的另一个分力与把 A 对 B 的作用力平衡，所以 B 对 A 的合力垂直于斜面方向，不做功，所以 B 机械能不变，故B、D错误。

5. 甲、乙两球质量分别为 m_1 、 m_2 ，从同一地点(足够高)同时静止释放。两球下落过程中所受空气阻力大小 f 仅与球的速率 v 成正比，与球的质量无关，即 $f = kv$ (k 为正的常量)，两球的 $v-t$ 图象如图2所示，落地前，经过时间 t_0 两球的速度都已达到各自

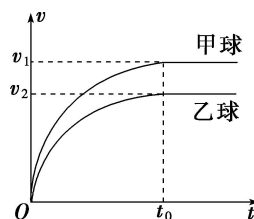


图2

的稳定值 v_1 、 v_2 ，则下落判断正确的是()

- A. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1}$
- B. 甲球质量大于乙球
- C. 释放瞬间甲球的加速度较大
- D. t_0 时间内，两球下落的高度相等

5. 【答案】 B

【解析】 两球先做加速度减小的加速运动，最后都做匀速运动，稳定时 $kv = mg$ ，因此最大

速度与其质量成正比, 即 $v_m \propto m$, $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1}{v_2}$, 由图象知 $v_1 > v_2$, 因此 $m_{甲} > m_{乙}$; 故 A 错误, B

正确; 释放瞬间 $v=0$, 空气阻力 $f=0$, 两球均只受重力, 加速度均为重力加速度 g , 故 C 错误; 图象与时间轴围成的面积表示物体通过的位移, 由图可知, t_0 时间内两球下落的高度不相等, 故 D 错误。

6. 一简谐机械横波沿 x 轴正方向传播, 波长为 λ , 周期为 T 。 $t=0$ 时刻的波形如图 1 所示, a 、 b 是波上的两个质点。 后图是波上某一质点的振动图像。 下列说法中正确的是()

- A. $t=0$ 时质点 a 的速度比质点 b 的大
- B. $t=0$ 时质点 a 的加速度比质点 b 的小
- C. 图 4 可以表示质点 a 的振动
- D. 图 4 可以表示质点 b 的振动

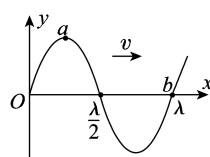


图 3

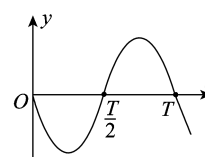


图 4

6. 【答案】D

【解析】 本题考查简谐运动的振动和波动图像。 图 1 为波动图像, 图 4 为振动图像。 $t=0$ 时刻, a 在波峰位置, 速度为零, 加速度最大, b 在平衡位置, 加速度为零, 速度最大, A、B 错误; 在波动图像中, 根据同侧法由波传播方向可以判断出质点的振动方向, 所以 $t=0$ 时刻, b 点在平衡位置且向下振动, 故图 2 可以表示质点 b 的振动, C 错误, D 正确。

7. 明代学者方以智在《阳燧倒影》中记载: “凡宝石面凸, 则光成一条, 有数棱则必有一面五色”, 表明白光通过多棱晶体折射会发生色散现象。 如图 5 所示, 一束复色光通过三棱镜后分解成两束单色光 a 、 b , 下列说法正确的是()

- A. 若增大入射角 i , 则 b 光先消失
- B. 在该三棱镜中 a 光波长小于 b 光
- C. a 光能发生偏振现象, b 光不能发生
- D. 若 a 、 b 光分别照射同一光电管都能发生光电效应, 则 a 光的遏止电压低

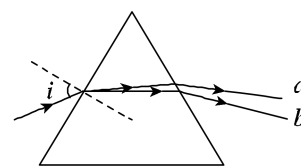


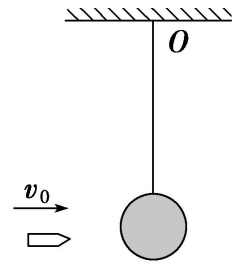
图 5

7. 【答案】D

【解析】 由图可知, 复色光通过三棱镜后分成两束, 棱镜对 b 光的折射率大于对 a 光的折射率, a 光波长大于 b 光的波长, 在三棱镜中, a 光的速度大于 b 光, a 光的频率小于 b 光, 故 a 光的波长大于 b 光, B 错误; 由几何关系可知, 光线射入三棱镜的折射角 r 与射出三棱镜的入射角 r' 之和为 60° , 只增大入射角 i , 则 r 增大, r' 减小, 故 a 、 b 光都不会消失, A 错误; 光在玻璃表面反射时, 反射光和折射光都是偏振光, C 错误; 由于 b 光的频率大于 a 光

的频率，若 a 、 b 光分别照射同一光电管都能发生光电效应，则 a 光照射时光电子的最大初动能小，则 a 光的遏止电压低，D 正确。

8. 如图 6 所示，一沙袋用无弹性轻细绳悬于 O 点，开始时沙袋处于静止状态，一弹丸以水平速度 v_0 击中沙袋后未穿出，二者共同摆动。若弹丸质量为 m ，沙袋质量为 $5m$ ，弹丸和沙袋形状大小忽略不计，弹丸击中沙袋后漏出的沙子质量忽略不计，不计空气阻力，重力加速度为 g 。



下列说法中正确的是()

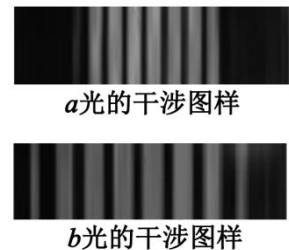
- A. 弹丸打入沙袋过程中，细绳所受拉力大小保持不变
- B. 弹丸打入沙袋过程中，弹丸对沙袋的冲量大小大于沙袋对弹丸的冲量大小
- C. 沙袋和弹丸一起摆动所达到的最大高度为 $\frac{v_0^2}{72g}$
- D. 弹丸打入沙袋过程中所产生的热量为 $\frac{mv_0^2}{72}$

图 6

8. 【答案】C

【解析】弹丸打入沙袋的过程由动量守恒定律 $mv_0 = (m + 5m)v$ ，解得 $v = \frac{1}{6}v_0$ ；弹丸打入沙袋后，总质量变大，且做圆周运动，根据 $T = 6mg + 6m \frac{v^2}{L}$ 可知，细绳所受拉力变大，选项 A 错误；根据牛顿第三定律可知，弹丸打入沙袋过程中，弹丸对沙袋的冲量大小等于沙袋对弹丸的冲量大小，选项 B 错误；由机械能守恒可得： $\frac{1}{2} \cdot 6mv^2 = 6mgh$ ，解得 $h = \frac{v_0^2}{72g}$ ，选项 C 正确；弹丸打入沙袋过程中所产生的热量为 $Q = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2} \cdot 6mv^2 = \frac{5}{12}mv_0^2$ ，选项 D 错误。

9. 如图 7 所示， a 、 b 两光分别经过同一双缝干涉装置后在屏上形成的干涉图样，则()



- A. 在同种均匀介质中， a 光的传播速度比 b 光的大
- B. 从同种介质射入真空发生全反射时 a 光临界角大
- C. 照射在同一金属板上发生光电效应时， a 光的饱和电流大
- D. 若两光均由氢原子能级跃迁产生，产生 a 光的能级能量差大

图 7

9. 【答案】D

【解析】由图可知 a 光的干涉条纹间距小于 b 光的，根据 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 可知， a 的波长小于 b 的波长， a 光的频率大于 b 光的频率， a 光的折射率大于 b 光的折射率，则根据 $n = \frac{c}{v}$ 可知，在同种介质中传播时 a 光的传播速度较小，选项 A 错误；根据 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知，从同种介质中射入真空， a 光发生全反射的临界角小，选项 B 错误；发生光电效应时饱和光电流与入射光的强度有关，故无法比较饱和光电流的大小，选项 C 错误； a 光的频率较高，若两光均由氢原子能级跃迁产生，则产生 a 光的能级差大，选项 D 正确。

10. 如图 8 所示， n 匝矩形闭合导线框 $ABCD$ 处于磁感应强度大小为 B 的水平匀强磁场中，线框面积为 S ，电阻不计。线框绕垂直于磁场的轴 OO' 以角速度 ω 匀速转动，并与理想变压器原线圈相连，变压器副线圈接入一只额定电压为 U 的灯泡，灯泡正常发光，从线框通过中性面开始计时，下列说法正确的是()

- A. 图示位置穿过线框的磁通量变化率最大
- B. 灯泡中的电流方向每秒改变 $\frac{\omega}{2\pi}$ 次
- C. 线框中产生感应电动势的表达式为 $e = nBS\omega \sin \omega t$
- D. 变压器原、副线圈匝数比值为 $\frac{nBS\omega}{U}$

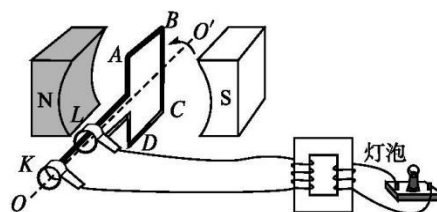
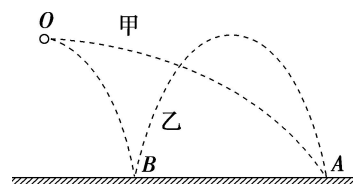


图 8

10. 【答案】C

【解析】题图图示位置穿过线框的磁通量最大，但是磁通量的变化率为零，A 错误；交变电流的周期为 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ，一个周期内电流方向改变两次，则灯泡中的电流方向每秒改变 $\frac{\omega}{\pi}$ 次，B 错误；交变电流的电动势最大值： $E_m = nBS\omega$ ，则线框中产生感应电动势的表达式为 $e = nBS\omega \sin \omega t$ ，C 正确；交变电流电压的有效值为 $U_1 = \frac{nBS\omega}{\sqrt{2}}$ ，则 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{nBS\omega}{\sqrt{2}U}$ ，D 错误。

11. 如图 9 所示，甲球从 O 点以水平速度 v_1 飞出，落在水平地面上的 A 点。乙球从 O 点以水平速度 v_2 飞出，落在水平地面上的 B 点，反弹后恰好也落在 A 点。两球质量均为 m 。若乙球落在 B 点时的速度大小为 v_3 ，与地面的夹角为 60° ，且与地面发生弹性碰撞，不计碰撞时间和空气阻力，下列说法错误的是()



- A. 乙球在 B 点受到的冲量大小为 $\sqrt{3}mv_3$

B. 抛出时甲球的机械能大于乙球的机械能

C. OA 两点的水平距离与 OB 两点的水平距离之比是 3 : 1

图 9

D. 由 O 点到 A 点, 甲、乙两球运动时间之比是 1 : 1

11. 【答案】 D

【解析】由动量定理 $I = \Delta p_y = 2mv_3 \sin 60^\circ$, A 正确; 显然甲球抛出初速度大, 动能大, 势能相同, B 正确; 乙球与地面弹性碰撞, 由对称性知 $t_{甲} : t_{乙} = 1 : 3$, 第一次落地水平位移比为 $s_{甲} : s_{乙} = 3 : 1$, C 正确. 所以选 D.

12. 一定量的理想气体从状态 a 开始, 经历三个过程 ab 、 bc 、 ca 回到原状态. 其 $p-T$ 图像如图 10 所示. 下列判断正确的是 ()

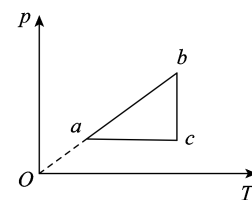


图 10

A. 过程 ab 中气体一定吸热

B. 过程 bc 中气体既不吸热也不放热

C. 过程 ca 中外界对气体所做的功等于气体所放的热

D. a 、 b 和 c 三个状态中, 状态 a 分子的平均动能最大

【答案】 A

【解析】因为 $\frac{pV}{T} = C$, 从图中可以看出, $a \rightarrow b$ 过程 $\frac{p}{T}$ 不变, 则体积 V 不变, 因此 $a \rightarrow b$ 过程外力做功 $W=0$, 气体温度升高, 则 $\Delta U > 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 可知 $Q > 0$, 即气体吸收热量, A 正确; $b \rightarrow c$ 过程气体温度不变, $\Delta U = 0$, 但气体压强减小, 由 $\frac{pV}{T} = C$ 知 V 增大, 气体对外做功, $W < 0$, 由 $\Delta U = Q + W$ 可知 $Q > 0$, 即气体吸收热量, B 错误; $c \rightarrow a$ 过程气体压强不变, 温度降低, 则 $\Delta U < 0$, 由 $\frac{pV}{T} = C$ 知 V 减小, 外界对气做功, $W > 0$, 由 $\Delta U = W + Q$ 知 $W < Q$, C 错误; 状态 a 温度最低, 而温度是分子平均动能的标志, D 错误.

13. 如图 11 甲所示, 单匝矩形线圈 $abcd$ 垂直固定在匀强磁场中. 规定垂直纸面向里为磁感应强度的正方向, 磁感应强度随时间变化的规律如图乙所示. 以逆时针方向为电流正方向, 以向右方向为安培力正方向, 下列关于 bc 段导线中的感应电流 i 和受到的安培力 F 随时间变化的图象正确的是 ()

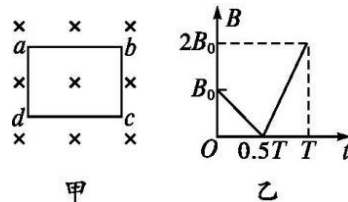
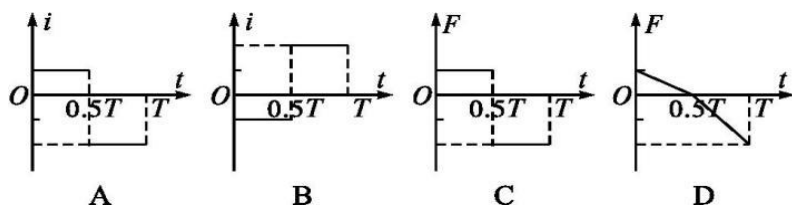


图 11



13. 【答案】 B

【解析】 $0 \sim 0.5T$ 时间内, 磁感应强度减小, 方向垂直纸面向里, 由楞次定律可知, 产生的感应电流沿顺时针方向, 为负; 同理可知, $0.5T \sim T$ 时间内, 电流为正, 由法拉第电磁感应定律可知, $0 \sim 0.5T$ 时间内通过 bc 段导线的电流是 $0.5T \sim T$ 时间内通过 bc 段导线的 $\frac{1}{2}$, A 错,

B 对; 由安培力公式 $F=BIL$, $I=\frac{E}{R}$, $E=\frac{\Delta\phi}{\Delta t}=\frac{\Delta B}{\Delta t}S$ 可知, $t=T$ 时 bc 段导线受到的安培力大小是 $t=0$ 时 bc 段导线受到的安培力大小的 4 倍, C、D 均错。

14. 如图 12 所示, 带正电的点电荷 Q 固定, 电子仅在库仑力作用下, 做以 Q 点为焦点的椭圆运动, M 、 P 、 N 为椭圆上的三点, P 点是轨道上离 Q 最近的点。 ϕ_M 、 ϕ_N 和 E_M 、 E_N 分别表示电子在 M 、 N 两点的电势和电场强度, 则电子从 M 点逆时针运动到 N 点 ()

- A. $\phi_M > \phi_N$, $E_M < E_N$
- B. $\phi_M < \phi_N$, $E_M > E_N$
- C. 电子的动能减小
- D. 电场力对电子做了正功

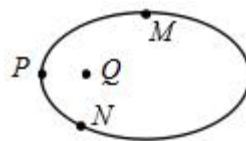


图 12

14. 【答案】 D

【解析】 在正电荷形成的电场中, 越靠近点电荷的位置场强越大, 电势越高, 所以 $E_M < E_N$, $\phi_M < \phi_N$, 故 AB 错误。当电子从 M 点向 N 点运动时, 库仑力对电子先做正功, 后做负功, 运动的速度先增加后减小, 根据功能关系可知, 电子的电势能先减小后增加, 电场力所做的总功为正, 所以总的电势能减小, 动能增大, 故 C 错误, D 正确。

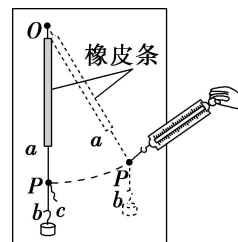
第二部分

本部分共 6 题, 共 58 分。

15. (6 分) 某同学用一弹簧测力计和一橡皮条做验证平行四边形定则的实验, 装置如图所示。

实验步骤如下:

- ① 将贴有白纸的木板竖直固定, 将橡皮条上端挂在木板上 O 点;
- ② 将三根细线 Pa 、 Pb 、 Pc 结于 P 点. a 端系在橡皮条下端, c 端暂时



空置， b 端挂一钩码，钩码静止后，记录钩码重力 G 的大小和方向；

③以 O 为圆心，以 OP 为半径，画一圆弧；

图 13

④用弹簧测力计钩住 c 端，向右上方缓慢拉，调整拉力方向，使结点 P 移到图中所示位置，记录该位置和弹簧测力计的示数；

⑤在白纸上作出各力的图示，验证平行四边形定则是否成立。

(1)第④步中还应记录的是_____；

(2)第⑤步中，若橡皮条拉力与弹簧测力计拉力的合力大小等于_____，方向_____，则可验证平行四边形定则。

15. 【答案】(1)弹簧测力计拉力(细线 Pc)的方向 (2) G 竖直向上

【解析】(1)第④步中还应记录的是弹簧测力计拉力(即细线 Pc)的方向，以便⑤中验证平行四边形定则。

(2)第⑤步中，钩码的重力、橡皮条的拉力和弹簧测力计的拉力三力平衡，则橡皮条拉力与弹簧测力计拉力的合力大小等于重力 G ，方向与重力方向相反，即竖直向上。

16. (12分)学习了“测电源电动势和内阻”后，某物理课外活动小组自制了西红柿电池组，设计了如图 14 所示的实验电路，测定了电压表的内阻，并用多种方法测量电池组的电动势与内阻，请完成下面实验。

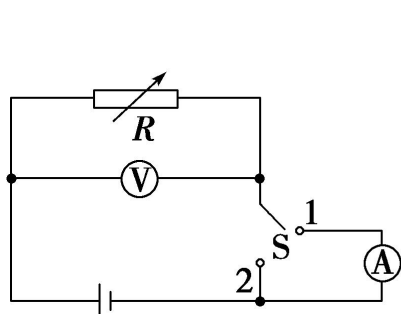


图 14

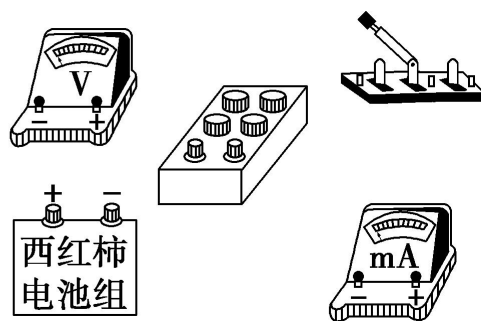


图 15

(1)用笔画线代替导线按照电路图将如图 15 所示的实物图连线。

(2)将单刀双掷开关 S 打向触头 1，调节电阻箱，记录电阻箱的示数为 R_0 ，电流表的示数为 I_0 和电压表的示数为 U_0 ，则电压表的内阻 $R_V = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3)将单刀双掷开关 S 打向触头 2，仅测多组电压表的示数 U 和电阻箱的示数 R ，然后运用数据作出 $\frac{1}{U} - \frac{1}{I}$ 图象为一条倾斜的直线，得到直线的斜率为 k ，纵轴截距为 b ，则该电池组的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ ，内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 k 、 b 、 R_V 表示)。

16. 【答案】(1)见解析 (2) $\frac{U_0 R_0}{I_0 R_0 - U_0}$ (3) $\frac{R_V}{b R_V - k}$ $\frac{k R_V}{b R_V - k}$

【解析】(1)连线如图所示。

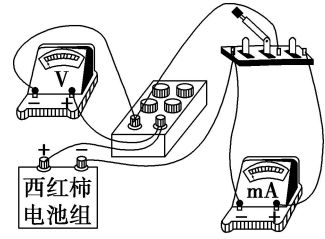
(2)单刀双掷开关接 1 时，测出电流为电压表及 R 电流之和，故

$$\frac{R_V R_0}{R_V + R_0} = \frac{U_0}{I_0}, \text{ 得: } R_V = \frac{U_0 R_0}{I_0 R_0 - U_0}.$$

(3)由 $E = U + \left(\frac{U}{R} + \frac{U}{R_V}\right)r$, 得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{E R_V} + \frac{r}{E R}$

则: $k = \frac{r}{E}, b = \frac{1}{E} + \frac{r}{E R_V}$

得: $E = \frac{R_V}{b R_V - k}, r = \frac{k R_V}{b R_V - k}.$



17. (8分)如图 16 所示，半径 $R = 2m$ 的四分之一粗糙圆弧轨道 AB 置于竖直平面内，轨道的 B 端切线水平，且距水平地面高度为 $h = 1.25m$ ，现将一质量 $m = 0.2kg$ 的小滑块从 A 点由静止释放，滑块沿圆弧轨道运动至 B 点以 $v = 5m/s$ 的速度水平飞出 (g 取 $10m/s^2$)。求：

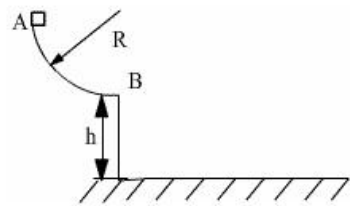


图 16

- (1) 小滑块沿圆弧轨道运动过程中所受摩擦力做的功；
- (2) 小滑块经过 B 点时对圆轨道的压力大小；
- (3) 小滑块着地时的速度大小。

17. 【答案】(1) $W_f = 1.5J$ (2) $F_N = 4.5N$ (3) $v_1 = 5\sqrt{2}m/s$

【解析】(1) 滑块在圆弧轨道受重力、支持力和摩擦力作用，由动能定理 $mgR - W_f = \frac{1}{2}mv^2$ ，

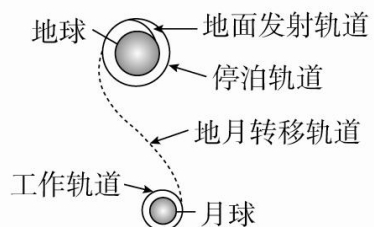
所以 $W_f = 1.5J$

(2) $F_N - mg = \frac{mv^2}{r} \quad \therefore F_N = 4.5N$

(3) 小球离开圆弧后做平抛运动 $H = \frac{1}{2}gt^2$ (1分) $\therefore t = 0.5s$

落地时竖直分速度 $v_y = gt = 5m/s$, \therefore 落地时速度大小 $v = 5\sqrt{2}m/s$

18. (8分)“嫦娥一号”探月卫星在空中的运动可简化为如图 17 所示的过程，卫星由地面发射后，经过发射轨道进入停泊轨道，在停泊轨道经过调速后进入地月转移轨道，再次调速后进入工作轨道。已知卫星在停泊轨道和工作轨道运行的半径分别为 R 和



R_1 , 地球半径为 r , 月球半径为 r_1 , 地球表面重力加速度为 g , 月球表面重力加速度为 $\frac{g}{6}$. 求:

(1) 卫星在停泊轨道上运行时的线速度大小;

(2) 卫星在工作轨道上运行的周期。

图 17

18. 【答案】 (1) $r\sqrt{\frac{g}{R}}$ (2) $\frac{2\pi R_1}{r_1} \sqrt{\frac{6R_1}{g}}$

【解析】 (1) 设卫星在停泊轨道上运行的线速度为 v , 卫星质量为 m , 卫星做圆周运动的向心力由地球对它的万有引力提供, 有 $G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$, 且在地球表面的质量为 m' 的物体有 $G\frac{Mm'}{R^2}$

$= m'g$, 由此得 $v = r\sqrt{\frac{g}{R}}$.

(2) 设卫星在工作轨道上运行的周期为 T , 则有 $G\frac{Mm}{R_1^2} = m\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_1$, 又因为对于在月球表面的

质量为 m' 的物体有 $G\frac{Mm'}{R_1^2} = m'\frac{g}{6}$, 解得 $T = \frac{2\pi R_1}{r_1} \sqrt{\frac{6R_1}{g}}$.

19.(12分)如图 18 所示, 虚线 L 右侧空间有水平向右电场强度 $E_1 = 2.5 \text{ N/C}$ 的匀强电场, 左侧空间有一竖直向上电场强度 $E_2 = 1.25 \text{ N/C}$ 的匀强电场和垂直于纸面向外的匀强磁场 B , 在 E_1 场区有四分之一的光滑绝缘圆轨道, 半径为 $R = 0.2 \text{ m}$, 圆心在虚线 O 点, 过最低点 Q 的切线水平, 现将一视为质点的带正电荷的粒子从轨道的最高点 P 由静止释放, 粒子沿轨道向底部运动, 已知粒子的质量为 $m = 1 \times 10^{-4} \text{ kg}$, 粒子所

带电荷量 $q_1 = +3 \times 10^{-4} \text{ C}$, 取 $g = 10 \text{ m/s}^2$. 求:

(1) 粒子沿轨道向下运动过程中对轨道的最大压力;

(2) 若粒子运动到 Q 点瞬间仅使其电荷量变为 $q_2 = +8 \times 10^{-4} \text{ C}$, 要使粒子再次通过虚线位置落到圆轨道内,

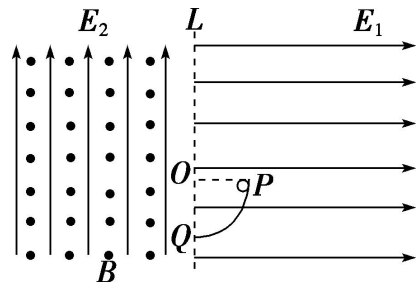


图 18

磁感应强度 B 大小应满足的条件。

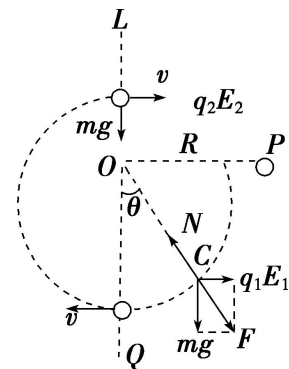
19. 【答案】 (1) $2.25 \times 10^{-3} \text{ N}$ (2) $B \geq 1 \text{ T}$

【解析】 (1) 因粒子在电场 E_1 中受电场力 $F_1 = q_1 E_1 = 0.75 \times 10^{-3} \text{ N} = \frac{3}{4} mg$,

则受重力及电场力的合力 $F = \frac{5}{4} mg$, 方向与 L 成 θ 角. $\tan \theta = \frac{\frac{3}{4} mg}{mg} = \frac{3}{4}$, $\theta = 37^\circ$.

设粒子到达 C 点对轨道压力最大, 设此时速度为 v_c , 轨道对粒子支持力为 N ,

由动能定理: $mgR \cos \theta - q_1 E_1 R (1 - \sin \theta) = \frac{1}{2} m v_c^2 - 0$



由牛顿第二定律得： $N - F = \frac{m v_c^2}{R}$ ，解得： $N = \frac{9}{4} mg = 2.25 \times 10^{-3} \text{ N}$

由牛顿第三定律可知 P 对轨道最大压力为 $2.25 \times 10^{-3} \text{ N}$ 。

(2) 粒子到达轨道底时速度设为 v ，

由动能定理得： $mgR - q_1 E_1 R = \frac{1}{2} m v^2 - 0$ ，解得： $v = 1 \text{ m/s}$

在电场 E_2 中，因电场力 $F_2 = q_2 E_2 = 10^{-3} \text{ N} = mg$

故粒子在 L 左侧复合场中受 B 作用做匀速圆周运动，再次到 L 时速度大小仍为 v ，然后在

E_1 中受力及状态如图。水平方向受力为 $q_2 E_1$ 加速运动， $a_x = \frac{q_2 E_1}{m} = 20 \text{ m/s}^2$

运动位移为 R 时，需要时间为 t ， $R = vt + \frac{1}{2} a_x t^2$ ，即 $0.2 = 1 \times t + \frac{1}{2} \times 20 t^2$

解得： $t = -0.2 \text{ s}$ (舍去) 或 $t = 0.1 \text{ s}$

竖直方向受重力以 g 加速， $t \text{ s}$ 内下落位移 $h = \frac{1}{2} g t^2 = 0.05 \text{ m}$

要使 B 落到圆轨道内，即： $2r \leq h + R$ ， $r = \frac{mv}{q_2 B}$ ，解得 $B \geq 1 \text{ T}$ 。

20. (12分) 间距为 l 的两平行金属导轨由水平部分和倾斜部分平滑连接而成，如图 19 所示，倾角为 θ 的导轨处于大小为 B_1 ，方向垂直导轨平面向上的匀强磁场区间 I 中，水平导轨上的无磁场区间静止放置一质量为 $3m$ 的“联动双杆”（由两根长为 l 的金属杆， cd 和 ef ，用长度为 L 的刚性绝缘杆连接而成），在“联动双杆”右侧存在大小为 B_2 ，方向垂直导轨平面向上的匀强磁场区间 II，其长度大于 L ，质量为 m ，长为 l 的金属杆 ab ，从倾斜导轨上端释放，达到匀速后进入水平导轨（无能量损失），杆 cd 与“联动双杆”发生碰撞后杆 ab 和 cd 合在一起形成“联动三杆”，“联动三杆”继续沿水平导轨进入磁场区间 II 并从中滑出，运动过程中，杆 ab 、 cd 和 ef 与导轨始终接触良好，且保持与导轨垂直。已知杆 ab 、 cd 和 ef 电阻均为

$R = 0.02 \Omega$ ， $m = 0.1 \text{ kg}$ ， $l = 0.5 \text{ m}$ ， $L = 0.3 \text{ m}$ ， $\theta = 30^\circ$ ， $B_1 = 0.1 \text{ T}$ ， $B_2 = 0.2 \text{ T}$ 。

不计摩擦阻力和导轨电阻，忽略磁场边界效应。求：

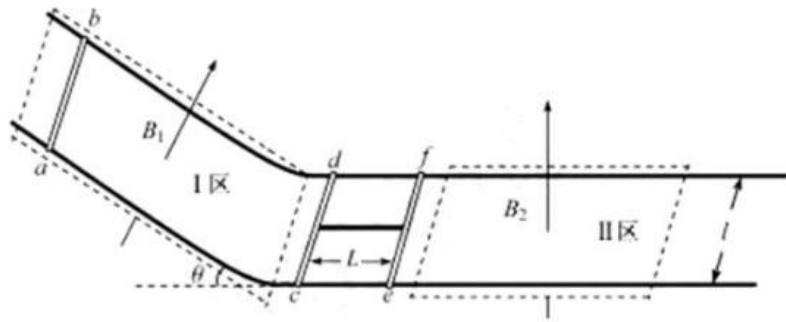


图 19

- (1) 杆ab在倾斜导轨上匀速运动时的速度大小 v_0 ;
 (2) 联动三杆进入磁场区间 II 前的速度大小 v ;
 (3) 联动三杆滑过磁场区间 II 产生的焦耳热 Q 。

20. 【答案】(1) $v_0 = 6\text{m/s}$ (2) 1.5m/s (3) 0.25J

【解析】沿着斜面正交分解，最大速度时重力分力与安培力平衡

(1) 感应电动势 $E = B_1 l v_0$ ， 电流 $I = \frac{E}{1.5R}$ ， 安培力 $F = B_1 I l$

匀速运动条件 $mg \sin \theta = \frac{B_1^2 I^2 v_0}{1.5R}$ ， 代入数据解得： $v_0 = 6\text{m/s}$

(2) 由定量守恒定律 $mv_0 = 4mv$ ， 解得： $v = 1.5\text{m/s}$

(3) 进入 B_2 磁场区域， 设速度变化大小为 Δv ， 根据动量定理有 $B_2 I l \Delta t = -4m \Delta v$ ，

$I \Delta t = q = \frac{\Delta \phi}{1.5R} = \frac{B_2 L l}{1.5R}$ ， 解得： $\Delta v = -0.25\text{m/s}$

出 B_2 磁场后“联动三杆”的速度为 $v' = v + 2\Delta v = 1.0\text{m/s}$

根据能量守恒求得： $Q = \frac{1}{2} \times 4m \times (v^2 - v'^2) = 0.25\text{J}$ 。