

# 2020 届 TOP300 高三尖子生联考

## 全国 I 卷 物理 参考答案

本试卷防伪处为：

在半球面顶端固定一轻质细杆

两槽最低点相接触且均与水平面相切

1. C 【解析】由图象可知,该质点在第 1 s 内做初速度为零的匀加速直线运动,在第 2 s 内做匀减速直线运动,在  $t=2$  s 时刻的速度为零,在第 3 s 内反向做匀加速直线运动,在  $t=3$  s 时刻的位移为  $x=\frac{1}{2}at^2=1$  m。选项 C 正确。

2. D 【解析】在小球 A 沿半球面缓慢上升过程中,小球 A 受重力  $G=mg$ ,球面对小球 A 的支持力  $F_A$ 、细线对 A 的拉力 F 三个力共同作用而处于动态平衡状态,设  $\triangle AOC$  各边长度分别为  $AO=R$ ,  $OC=H$ ,  $AC=L$ , 由相似三角形性质可知  $\frac{mg}{H}=\frac{F_A}{R}=\frac{F}{L}$ , 在小球 A 上升过程中,  $H$ 、 $R$  不变, 而 L 逐渐减小, 可见,  $F_A$  不变, 拉力 F 减小, 选项 A、B 错误; 将 A、B 看做整体, 由此可知, 水平面对 B 的支持力  $F_B$  不变, 水平面对 B 的摩擦力  $f_B=F$  逐渐减小, 选项 C 错误, 选项 D 正确。

3. B 【解析】小球先做变加速直线运动,当弹力等于小球重力时,小球加速度为零,速度最大,此后小球做变减速直线运动,当小球离开弹簧之后,小球做匀减速直线运动直到最高点,速度减为零,选项 A、C 错误; 小球在弹簧原长时离开弹簧,此时小球受弹簧弹力为零,选项 B 正确; 在整个过程中,小球在开始运动时加速度最大,且  $a>g$ , 选项 D 错误。

4. D 【解析】小球在最高点的位置,由牛顿第二定律  $F_A+mg=\frac{mv_A^2}{L}$ , 解得  $v_A=\sqrt{2gL}$ , 选项 A 错误; 小球从 A 运动到 B 的过程中,小球做变速圆周运动,合外力方向一般不指向圆心,选项 B 错误; 小球在最低点 B 位置时  $F_B-mg=\frac{mv_B^2}{L}$ , 解得  $v_B=\sqrt{5gL}$ , 小球从 A 运动到 B 过程中,由动能定理得  $2mgL-W_f=\frac{1}{2}mv_B^2-\frac{1}{2}mv_A^2$ , 解得  $W_f=\frac{1}{2}mgL$ ,

所以此过程中,小球克服空气阻力做功为  $\frac{1}{2}mgL$ ,

小球的机械能减小  $\frac{1}{2}mgL$ , 选项 C 错误, 选项 D 正确。

5. A 【解析】过 A 点作 BC 的垂线交 BC 于 D 点, 由几何关系可知  $DB=\frac{1}{4}CB$ , 在匀强电场中, 由  $U=Ed$  知,  $\frac{U_{DB}}{U_{CB}}=\frac{DB}{CB}=\frac{1}{4}$ ,  $U_{DB}=\frac{1}{4}U_{CB}=\frac{1}{4}(\varphi_C-\varphi_B)=2$  V, 又知  $U_{DB}=\varphi_D-\varphi_B$ , 所以  $\varphi_D=U_{DB}+\varphi_B=4$  V, 即 AD 为等势线, 电场的方向由 C 指向 B, 则  $E=\frac{U_{CB}}{CB}=\frac{\varphi_C-\varphi_B}{\frac{AB}{\sin 30^\circ}}=80$  V/m, 选项 A 正确。

6. C 【解析】由安培力公式  $F=BIL$  和题目条件知, 导体棒 ab 和 bc 串联, 通过电流 I 相等, 且长度 L 和所处的磁感应强度 B 也相同, 所以两根导体棒所受安培力大小相等, 即  $F_{bc}=F_{ab}=F$ , 由左手定则和力的平行四边形定则可知, 两导体棒 ab 和 cd 所受安培力的合力大小为  $F_{ac}=1.5F$ , 方向沿框平面垂直 ac 而指向 d。由电路对称性原理可知, 两导体棒 ad 和 dc 所受安培力的合力与两导体棒 ab 和 bc 所受安培力的合力的大小和方向都相同, 所以菱形线框 abcd 所受安培力的大小为  $3F$ 。选项 C 正确。

7. D 【解析】对金属棒 MN, 由牛顿第二定律得  $F-\frac{B^2L^2v}{r+R}=ma$ , 代入数据解得  $a=1+\frac{k-0.05}{2}v$ , 当  $k=0.05$  时,  $a_1=1$  m/s<sup>2</sup>, 金属棒将做匀加速直线运动; 当  $k>0.05$  时, a 随速度 v 线性增大; 当  $k<0.05$  时, a 随 v 线性减小, 当 a 减小为零时, 金属棒 MN 最终将会做匀速直线运动。选项 A、B 错误; 由能量守恒定律可知, 外力 F 所做的总功等于电阻 R 和金属棒上产生热能与金属棒的动能总和, 选项 C 错误; 电阻 R 的热功率  $P=(\frac{BLv}{R+r})^2R$ , 选项 D 正确。

8. C 【解析】当  $x=0$  时, 表示 P 点位于圆环的圆心处, 由对称性原理可知, 圆心 O 处的场强应为零, 选项 A、B、D 错误; 只有 C 项符合要求, 所以正确答案为 C。(注: 本题也可用“微元法”并结合场强叠加

原理直接求出答案。)

9. BC 【解析】由滑动摩擦力公式可知, A、B 间的滑动摩擦力  $f_A = \mu mg = 1$  N, B 与地面间的滑动摩擦力  $f_B = \mu(M+m)g = 5$  N, A、B 间发生相对滑动后,A 的加速度将保持不变,其大小为  $a_A = \frac{f_A}{m} = 1$  m/s<sup>2</sup>。若 A、B 间刚好发生相对滑动时的外力为  $F_1$ ,由牛顿第二定律得  $F_1 - \mu(M+m)g = (M+m)a_A$ ,  $F_1 = 10$  N,所以  $t=0$  时刻 A 的加速度  $a_A = 1$  m/s<sup>2</sup>,选项 A 错误,选项 C 正确;在  $t=5$  s 时,  $F = 20$  N,对长木板 B 由牛顿第二定律得  $F - f_A - f_B = Ma_B$ ,得  $a_B = 3.5$  m/s<sup>2</sup>,选项 B 正确;只要 F 始终作用在长木板 B 上,B 的加速度始终大于 A 的加速度,无论长木板 B 多长,A、B 都不会共速,选项 D 错误。

10. AC 【解析】北斗导航第 47 颗卫星属于地球卫星,其发射速度应大于 7.9 km/s 而小于 11.2 km/s,选项 A 正确;设该卫星环绕地球做匀速圆周运动的速度为 v,周期为 T,由万有引力定律得  $\frac{GMm}{R^2} = mg$ ,  $\frac{GMm}{(R+H)^2} = \frac{mv^2}{R+H}$ ,  $\frac{GMm}{(R+H)^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2(R+H)$ ,  $a = \frac{GM}{(R+H)^2}$ ,联立解得  $v = 4$  km/s,  $T = 11$  h,  $a = 0.6125$  m/s<sup>2</sup>,选项 C 正确,选项 D 错误;该卫星每天绕地球大约运行圈数为  $n = \frac{24}{11} \approx 2.2$  圈,选项 B 错误。

11. AC 【解析】由左手定则可知,海水中正、负离子受洛伦兹力作用分别向 M 板和 N 板累积,M 板带正电,N 板带负电,发电机对航标灯提供电流方向是 M→L→N,选项 A 正确;在 M、N 两板间形成稳定的电场后,其中的正、负离子受电场力和洛伦兹力作用而平衡,在两板间形成稳定电压,则  $\frac{qU}{d} = Bqv$ ,解得  $U = Bd^2$ ,选项 B 错误;由欧姆定律得通过航标灯的电流为  $I = \frac{U}{R+r} = \frac{Bvabd}{abR+\rho d}$ ,选项 C 正确;“海流发电机”发电的总功率为  $P = IU = \frac{B^2 v^2 d^2 ab}{abR+\rho d}$ ,选项 D 错误。

12. ACD 【解析】由动量守恒定律可得,人对地以速度 v 跳离 A 车,  $(m+m_A)v_0 = mv + m_Av_A$ ,人跳上 B 车后共同速度为  $v_B$ ,  $mv = (m+m_B)v_B$ ;人跳离 B 车后 B 车对地速度为  $v_B'$ ,  $(m+m_B)v_B = m_Bv_B' - mv$ ;人再跳回 A 车后,人和 A 车的共同速度为  $v_A'$ ,  $m_Av_A - mv = (m+m_A)v_A'$ ;两车不相撞满足

$v_A' = v_B'$ ;联立解得  $v = 10$  m/s,  $v_A = \frac{35}{4}$  m/s,  $v_B = 2$  m/s,  $v_A' = v_B' = 5$  m/s,选项 A、D 正确;由动量定理可知,该同学第一次跳离 A 车过程中,对 A 车冲量大小为  $I = |m_Av_A - m_Av_0| = 25$  kg·m/s,选项 B 错误;由动能定理可知该同学跳离 B 车过程中对 B 所做的功为  $W = \frac{1}{2}m_Bv_B'^2 - \frac{1}{2}m_Bv_B^2 = 1050$  J,选项 C 正确。(注:本题也可对全过程列方程而简化解题过程)

13. (6 分)【答案】(1) 天平(1 分) (2)  $\frac{d}{\Delta t}$  (2 分)

$$\frac{d^2}{2s\Delta t^2} (2 \text{ 分}) \quad (3) \text{ 系统误差}(1 \text{ 分})$$

【解析】(1) 实验中需要测出小车及砝码质量 M 和沙桶与沙的总质量 m,因此需要用天平。

(2) 小车通过光电门的速度  $v = \frac{d}{\Delta t}$ ,由  $v^2 = 2as$ ,得小车运动的加速度为  $a = \frac{d^2}{2s\Delta t^2}$ 。

(3) 这种误差是由实验方法引起的误差,属于系统误差,即用沙及沙桶的重力当做细线对小车的拉力而产生的误差。

14. (9 分)【答案】(1) B(1 分) 左(1 分) (2) 3.06 (1 分) 297(1 分) (3) B(1 分) (4) 59.0 mA (1 分) 11.0 Ω(1 分) 17.7 V(2 分)

【解析】(1) 红色表笔表示表头正极,为电流流入方向,由电池的正负极可知,红色表笔应插入 B 插孔。多用电表在使用之前应先观察表头指针是否停在左端零刻度处。

(2) 多用电表作为电流表使用时,扩大量程的倍数  $n_1 = \frac{I_A}{I_g} = 50$ ,与表头并联电阻  $R_1 = \frac{R_g}{n_1-1} = 3.06$  Ω,此时电流表总内阻  $R_A = 3$  Ω;多用电表作为电压表使用时,扩大量程的倍数  $n_2 = \frac{U}{U_g} = 100$ ,串联电阻  $R_2 = (n_2-1)R_A = 297$  Ω。

(3) 多用电表作为欧姆表使用时,  $R_3$  为调零电阻,当外接电阻为零时,即红黑表笔短接,  $R_3 + R_A = \frac{E}{I_A} = 15$  Ω,  $R_3 = 12$  Ω,为了实现欧姆表有效调零,电阻  $R_3$  选取 20 Ω 电阻。如果  $R_3$  选择 1000 Ω 或 10 kΩ,由于电阻值太大,不利于实验操作与有效调零。

(4) 选择开关接“1”时为电流表,每小格电流  $I_0 = \frac{I_A}{50} = 2$  mA,指针所示的读数为  $I = kI_0 = 29.5 \times 2$  mA = 59.0 mA;选择开关接“2”时为欧姆表,其

读数为  $R=1 \times 11.0 \Omega = 11.0 \Omega$ ; 选择开关接“3”时为电压表, 每格电压  $U_0 = \frac{U}{50} = 0.6 \text{ V}$ , 指针所示的示数为  $U=kU_0=29.5 \times 0.6 \text{ V}=17.7 \text{ V}$ 。

15. (8分)【答案】(1)0.75 (2)4.8 s

【解析】(1) 当物体恰好能静止在斜面上时, 由共点力平衡条件得  $\mu mg \cos \theta - mg \sin \theta = 0$  (1分)  
解得  $\mu = \tan \theta = 0.75$  (1分)

(2) 物体在  $t$  时间内在  $F$  作用下沿斜面向上做加速度为  $a_1$  的匀加速直线运动, 由牛顿第二定律得  $F \cos \theta - mg \sin \theta - \mu F_N = ma_1$  (1分)

$$F \sin \theta + F_N - mg \cos \theta = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\begin{aligned} \text{解得 } a_1 &= \frac{F(\cos \theta + \mu \sin \theta) - mg(\sin \theta + \mu \cos \theta)}{m} \\ &= 0.5 \text{ m/s}^2 \quad (1 \text{ 分}) \end{aligned}$$

$$\text{在 } t \text{ 时间内物体通过的位移 } x_1 = \frac{1}{2} a_1 t^2$$

撤出力  $F$  后, 物体向上做匀减速直线运动, 加速度为  $a_2$ , 到达  $B$  点速度恰好为零, 由牛顿第二定律得  $-mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta = ma_2$  (1分)

$$\text{解得 } a_2 = -g(\sin \theta + \mu \cos \theta) = -12 \text{ m/s}^2$$

在此过程中, 物体通过的位移  $x_2$ ,

$$0 - (a_1 t)^2 = 2 a_2 x_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{又知 } L = x_1 + x_2$$

$$\text{联立各式解得 } t = 4.8 \text{ s} \quad (1 \text{ 分})$$

16. (10分)【答案】(1)  $\frac{\sqrt{3}mg}{3q}$  (2)  $\frac{4\sqrt{3}mg}{3}$   $\frac{\sqrt{3}mgL}{2q}$

【解析】(1) 在小球由  $A$  位置释放到向右摆到最大偏角  $\theta$  的过程中, 由动能定理得  
 $qEL \sin \theta - mgL(1 - \cos \theta) = 0$  (1分)

$$\text{解得 } E = \frac{\sqrt{3}mg}{3q} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 由于  $\frac{qE}{mg} = \frac{\sqrt{3}}{3} = \tan 30^\circ$ , 则小球所受电场力与重力的合力  $F$  的方向与  $OA$  方向成  $30^\circ$ , 此位置细绳所受的拉力最大为  $T$ , 由动能定理和牛顿第二定律得

$$mgL \cos 30^\circ - qEL(1 - \sin 30^\circ) = \frac{1}{2} mv^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$T - \sqrt{(qE)^2 + (mg)^2} = \frac{mv^2}{L} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } T = \frac{4\sqrt{3}mg}{3} \quad (1 \text{ 分})$$

要使小球向左运动到达位置与  $B$  位置电势差最大, 则小球向左运动的位置  $C$  距  $B$  的水平距离最

大, 设  $OC$  与  $OA$  夹角为  $\alpha$ , 由动能定理得

$$mgL \cos \alpha - qEL(1 + \sin \alpha) = 0 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{整理得 } \frac{\cos \alpha}{1 + \sin \alpha} = \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{由三角公式知 } \frac{\cos \alpha}{1 + \sin \alpha} = \frac{\sin(90^\circ - \alpha)}{1 + \cos(90^\circ - \alpha)} = \tan \frac{90^\circ - \alpha}{2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{得 } \frac{90^\circ - \alpha}{2} = 30^\circ, \text{ 即 } \alpha = 30^\circ \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{所求电势差的最大值为 } U_{CB} = EL(1 + \sin \alpha) = \frac{\sqrt{3}mgL}{2q} \quad (1 \text{ 分})$$

(注意: 利用等效场和对称性原理也可分析求出角度。)

17. (15分)【答案】(1)  $\frac{mv^2}{2qL}$  (2)  $\frac{L}{v} + \frac{2\pi m}{3qB}$

$$(3) \frac{\sqrt{3}m^2 v^2}{2B^2 q^2} \quad (0, -\frac{3mv}{2qB})$$

【解析】(1) 设电场强度为  $E$ , 带电粒子进入电场时, 初速度为  $v_0$ , 带电粒子在电场中运动时间为  $t_1$ , 由牛顿第二定律和平抛运动规律得

$$L \cos 30^\circ = v_0 t_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$v \sin 30^\circ = at_1 \quad (1 \text{ 分})$$

$$v_0 = v \cos 30^\circ \quad (1 \text{ 分})$$

$$qE = ma \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立各式解得 } t_1 = \frac{L}{v}, E = \frac{mv^2}{2qL} \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 设带电粒子在磁场中的运动时间为  $t_2$ , 周期为  $T$ , 半径为  $R$ , 由几何关系知, 带电粒子在磁场中运动速度偏转角  $\theta = 120^\circ$ , 则  $qvB = \frac{mv^2}{R}$  (1分)

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad (1 \text{ 分})$$

$$t_2 = \frac{\theta}{2\pi} T \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立各式解得 } R = \frac{mv}{qB}$$

$$t_2 = \frac{2\pi m}{3qB} \quad (1 \text{ 分})$$

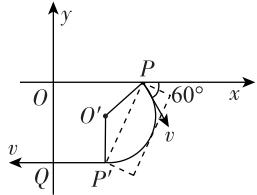
所以带电粒子在电场和磁场中运动的总时间为

$$t = t_1 + t_2 = \frac{L}{v} + \frac{2\pi m}{3qB} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 由图知, 带电粒子从  $P$  点射入磁场, 由  $P'$  点射出磁场。包含圆弧  $PP'$  的最小矩形磁场区域为图中虚线所示, 则

$$\text{矩形区域长为 } a = PP' = 2R \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}mv}{qB} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{矩形区域宽为 } b = R(1 - \sin 30^\circ) = \frac{mv}{2qB} \text{ (1 分)}$$



所以该磁场区域的最小面积为

$$S = ab = \frac{\sqrt{3}m^2v^2}{2B^2q^2} \text{ (1 分)}$$

$$Q \text{ 点纵坐标为 } y_Q = -a \sin 60^\circ = -\frac{3mv}{2qB} \text{ (1 分)}$$

$$\text{所以 } Q \text{ 点位置坐标为 } (0, -\frac{3mv}{2qB}) \text{ (1 分)}$$

18. (14 分)【答案】(1) 4 m/s (2) 0.48 m

$$(3) 15.36 \text{ J} \quad (4) \frac{m}{M} \geq \frac{1}{3}$$

【解析】(1) 设小球 C 从最高点运动到 A 槽最低点时速度为  $v_0$ , 由机械能守恒定律得

$$mg(h+R) = \frac{1}{2}mv_0^2 \text{ (1 分)}$$

$$\text{解得 } v_0 = \sqrt{2g(h+R)} = 4 \text{ m/s (1 分)}$$

(2) 小球 C 第一次滑过 B 槽后上升到最高点时, 距水平面的最大高度为  $H$ , B、C 具有共同的水平速度  $v$ , 由动量守恒定律和能量守恒定律得

$$mv_0 = (M+m)v \text{ (1 分)}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(M+m)v^2 + mgH \text{ (1 分)}$$

$$\text{联立解得 } H = 0.48 \text{ m (1 分)}$$

(3) 小球 C 在最低点滑离 B 槽时, 设 B、C 对地速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ , 由动量守恒定律和能量守恒定律得  $mv_0 = Mv_1 + mv_2$  (1 分)

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2 \text{ (1 分)}$$

$$\text{解得 } v_1 = 3.2 \text{ m/s}, v_2 = -0.8 \text{ m/s (1 分)}$$

由于  $v_1 = 3.2 \text{ m/s} > |v_2| = 0.8 \text{ m/s}$ , 所以小球 C 滑离 B 槽后不会再返回追上 B 槽, 故在整个运动过程中, B 槽获得的最大动能为  $E_{kB} = \frac{1}{2}Mv_1^2 = 15.36 \text{ J (1 分)}$

(4) 设小球 C 第二次滑离 B 槽时, B、C 对地速度的大小分别为  $v_3$  和  $v_4$ , 由动量守恒定律和能量守恒定律得  $mv_0 = Mv_3 - mv_4$  (1 分)

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}Mv_3^2 + \frac{1}{2}mv_4^2 \text{ (1 分)}$$

要使小球 C 第二次滑离 B 槽后不再滑上 B 槽需满足  $v_4 \leq v_3$  (1 分)

$$\text{联立解得 } \frac{m}{M} \geq \frac{1}{3}$$

所以要使小球 C 只有一次从最低点滑上 B 槽, 质量关系应满足的条件为  $\frac{m}{M} \geq \frac{1}{3}$  或  $m \geq \frac{1}{3}M$  (2 分)