参考答案与详解

2019年06月全国普通高等学校招生全国统一考试（全国Ⅱ卷）理科综合物理 · 物理

本站自编 | 共 14 题

本题答案与解析由逐光知理物理教研组依据原卷独立编撰，选择题给出答案键，非选择题给出关键公式与演算过程，供校核使用。公式与物理量按 *Times New Roman* 斜体排版。

1 D	2 C	3 A	4 B	5 AD	6 BD
7 AC	8 AD	14 A			

1．答案：D

【考点】近表面卫星的轨道半径近似等于天体半径；由 $GM = gR^2$ 可把天体质量、密度、第一宇宙速度联系起来。

【审题】2019年1月，我国嫦娥四号探测器成功在月球背面软着陆，在探测器“奔向”月球的过程中，用 h 表示探测器与地球表面的距离，F 表示它所受的地球引力，能够描 F 随 h 变化关系的图像是。解题时先写万有引力等于向心力的方程，再代入半径、周期或速度，最后讨论比例关系。

【解析】探测器与地心距离为 $R+h$，地球引力 $F = G\frac{Mm}{(R+h)^2}$。随 h 增大，F 单调减小；且 $\frac{d^2F}{dh^2} > 0$，图线为向下凹的曲线，趋近于零但不为零。只有 D 符合。故选 D。

【选项研判】正确选项为 D；其余选项与上述物理判断不符，逐一排除。

【答案】D

【模型提炼】天体运动题围绕“一个方程、两个半径、三个参量”展开。

【易错提醒】不要混淆天体半径与轨道半径；也不要把第一宇宙速度与发射速度混为一谈。

2．答案：C

【考点】核反应遵守质量数守恒和电荷数守恒；半衰期由核本身决定，与温度、压强无关。

【解析】该核反应过程的质量亏损约为 $\Delta m = 4m_{\mathrm{p}} - m_{\alpha} = 0.0286\mathrm{u}$，得该反应释放的能量约为 $\Delta E = 0.0286 \times 931\mathrm{MeV} = 26.63\mathrm{MeV}$，故 C 正确。

【选项研判】正确选项为 C；其余选项与上述物理判断不符，逐一排除。

【答案】C

【模型提炼】近代物理题按“守恒—能级—能量”分析。

【易错提醒】不要认为半衰期随温度变化；也不要漏掉核反应中的光子或中微子。

【能量分配】质子-质子循环的总反应为 $4{}_1^1\mathrm{H} \rightarrow {}_2^4\mathrm{He} + 2{}_1^0\mathrm{e} + 2\nu$，一次循环释放约 $26.63\,\mathrm{MeV}$。平均到 4 个质子，每个质子约释放 $6.66\,\mathrm{MeV}$；太阳每秒消耗大量质子，正是靠这种聚变维持辐射。

【方法提炼】由质量亏损求释放能量时，先算 Δm（以 u 为单位），再用 $1\,\mathrm{u} \mathit{rightarrow} 931\,\mathrm{MeV}$ 换算；若题目给出的是 kg，则用 $\Delta E = \Delta m c^2$。

3．答案：A

【考点】共点力平衡与滑动摩擦力。

【解析】物块沿斜面向上匀速运动，沿斜面方向受力平衡：

$T = mg\sin\theta + \mu mg\cos\theta$。

代入 $\theta = 30^\circ$、$\mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$：

$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$，$\mu\cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2}$，

因此 $T = mg(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}) = mg$。

轻绳最大张力 $T_{\max} = 1500$ N，故 $mg \le 1500$ N，$m \le 150$ kg，最大质量为 150 kg。

【选项研判】A 项 150 kg 正确；B、C、D 项数值与上式不符。

故选 A。

4．答案：B

考点：带电粒子在圆形/方形有界磁场中的圆周运动。

A项不正确：从 a 点射出对应的轨道半径确为 $\frac{l}{4}$（见B项推导），但到达 d 点的半径不是 $\frac{\sqrt{5}}{4}l$：以 O 为原点、ab 沿 x 轴，圆心必在过 O 且垂直于初速度的直线上，即 $(-r, 0)$ 处；d 点坐标为 $(-\frac{l}{2}, l)$，代入 $(r - \frac{l}{2})^2 + l^2 = r^2$ 解得 $r = \frac{5l}{4}$ 而非 $\frac{\sqrt{5}}{4}l$，排除A。

B项正确：电子带负电，初速度竖直向上，磁场垂直纸面向外，由左手定则（或 $F = q\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}$，$q = -e$）知电子向左偏转，圆心位于过 O 点垂直于 ab 边向左的直线上，即圆心在 $(-r, 0)$。从 $a(-\frac{l}{2}, 0)$ 射出时：$|\frac{l}{2} - r| = r \Rightarrow r_a = \frac{l}{4}$，$v_a = kBr_a = \frac{1}{4}kBl$。从 $d(-\frac{l}{2}, l)$ 射出时：$(r - \frac{l}{2})^2 + l^2 = r^2 \Rightarrow rl = \frac{5l^2}{4} \Rightarrow r_d = \frac{5l}{4}$，$v_d = kBr_d = \frac{5}{4}kBl$。回代验证 r_d：圆心 $(-1.25l, 0)$ 到 $d(-0.5l, l)$ 的距离 $= \sqrt{0.75^2 + 1^2}\, l = 1.25l = \frac{5l}{4}$，成立。

C项不正确：$\frac{1}{2}kBl$ 对应 $r = \frac{l}{2}$，此时以 O 为起点、圆心 $(-\frac{l}{2}, 0)$ 的圆恰好过 a 点但轨道在 a 处与 ab 边相切而非交出射点条件下的最简解；且 $\frac{\sqrt{5}}{4}l$ 的半径对应的圆不经过 d 点（代入 $(\frac{\sqrt{5}}{4}l - \frac{l}{2})^2 + l^2 \ne (\frac{\sqrt{5}}{4}l)^2$），排除C。

D项不正确：从 a 射出时半径应为 $\frac{l}{4}$ 而非 $\frac{l}{2}$：$r = \frac{l}{2}$ 时圆心 $(-\frac{l}{2}, 0)$ 恰在 a 点正上方，圆与 ab 边相切于 a，电子沿边界掠过并不满足“从 a 点射出”的圆弧条件；虽然 $\frac{5}{4}kBl$ 正确，但第一空错误，排除D。

答案：B

说明：圆心必在入射点处垂直于速度的直线上；负电荷用左手定则时四指指运动反方向。

5．答案：AD

考点：功能关系：机械能、重力势能与动能的图像分析。

A项正确：由图，$h=4\,\text{m}$ 处 $E_p=80\,\text{J}$。由 $E_p=mgh$ 得 $m=\frac{80}{10\times4}\,\text{kg}=2\,\text{kg}$。回代：$h=2\,\text{m}$ 时 $E_p=2\times10\times2=40\,\text{J}$，与图中 E_p 直线过 $(2,40)$ 一致，成立。

B项不正确：$h=0$ 时 $E_p=0$，$E_{总}=100\,\text{J}$ 全为动能，$\frac{1}{2}mv_0^2=100\Rightarrow v_0=\sqrt{\frac{2\times100}{2}}\,\text{m/s}=10\,\text{m/s}$，不是 $20\,\text{m/s}$，排除B。

C项不正确：E_总 随 h 线性减小：$h=4\,\text{m}$ 时 $E_{总}=80\,\text{J}$，即每上升 $1\,\text{m}$ 机械能损失 $5\,\text{J}$（阻力 $f=5\,\text{N}$）。$h=2\,\text{m}$ 时 $E_{总}=90\,\text{J}$，$E_p=40\,\text{J}$，故 $E_k=90-40=50\,\text{J}\neq40\,\text{J}$，排除C。

D项正确：$h=0$ 时 $E_k=100\,\text{J}$；$h=4\,\text{m}$ 时 $E_{总}=80\,\text{J}$、$E_p=80\,\text{J}$，故 $E_k=0$，动能减少 $100\,\text{J}-0=100\,\text{J}$。从地面到 $h=4\,\text{m}$ 恰好到达最高点，与 E_k 减少量自洽，D正确。

答案：AD

说明：E_总 图线的斜率给出空气阻力 $f=5\,\text{N}$；最高点 $E_k=0$ 可作自检。

6．答案：BD

考点：运动学图像（v－t图）与牛顿第二定律的综合分析。

A项不正确：竖直方向位移等于 v_y-t 图线与时间轴围成的面积。第二次在空中经历的时间更长（$t_2>t_1$），且其图线始终不低于第一次对应时刻的高度并最终同样达到 v_1，图线下的面积更大，故第二次竖直方向位移比第一次的大，A错误。

B项正确：水平方向上运动员可视为以基本不变的水平速度滑翔（空气阻力主要影响竖直方向姿态），第二次滞空时间 t_2 更长，由 $x=v_xt$ 知第二次水平位移比第一次的大，B正确。

C项不正确：竖直方向平均加速度 $\bar{a}=\frac{v_1}{t}$。第二次达到 v_1 所用时间更长（$t_2>t_1$），故 $\bar{a}_2=\frac{v_1}{t_2}<\frac{v_1}{t_1}=\bar{a}_1$，第二次竖直方向平均加速度更小，C错误。

D项正确：由图（b），第二次滑翔的 v_y 图线更陡、更早进入 v_1 的平缓段：当竖直速度大小为 v_1 时，第二次图线的斜率已明显小于第一次在同一速度值处（仍在爬升段）的斜率。取竖直向下为正，由 $mg-f=m\frac{dv_y}{dt}$ 知斜率越小阻力 f 越大，故该时刻第二次受到的竖直方向阻力比第一次的大，D正确。

答案：BD

说明：v_y-t 图线的斜率对应 $g-\frac{f}{m}$，比较同一速度处的斜率即可比较阻力。

7．答案：AC

【考点】电场线的疏密表示场强大小，切线方向表示场强方向；顺着电场线电势降低，电场力做功 $W=qU$ 决定电势能变化。

【审题】静电场中，一带电粒子仅在电场力的作用下自 M 点由静止开始运动，N 为粒子运动轨迹上的另外一点，则。解题时先判断电场方向与疏密，再比较电势高低，最后结合电荷正负判断电势能。

【解析】A项正确：粒子仅在电场力作用下自静止开始运动。若电场是非匀强电场，粒子先沿起始点场强方向加速；当轨迹弯曲线（如粒子飞过某点后进入场强方向变化显著的区域）使电场力对速度做负功时，速率可以减小。因此速率“先增大后减小”是可能的，A正确。

B项不正确：只有当电场线为直线且初速度方向沿电场线时轨迹才与电场线重合。本题中 M、N 间电场线一般不是直线，且粒子自静止出发后的弯曲轨迹通常不与任何一条电场线重合，B错误。

C项正确：全过程中只有电场力做功，动能与电势能之和守恒。粒子在 M 点由静止出发，$E_{kM}=0$；运动到 N 时 $E_{kN}\geq 0$，故 $E_{pM}=E_{kN}+E_{pN}\geq E_{pN}$，即 M 点的电势能不低于 N 点的电势能，C正确。

D项不正确：只有轨迹为直线且力始终沿轨迹时，电场力才与切线平行。一般曲线运动中电场力可分解为切向与法向分量，在 N 点电场力方向不必与轨迹切线平行，D错误。

【选项研判】正确选项为 AC；多选题须逐项独立核验，选对但不全得部分分。

【答案】AC

【模型提炼】静电场题按“场强—电势—电势能—做功”顺序分析。

【易错提醒】负电荷在电势高处电势能反而小；电场线弯曲时，粒子轨迹一般不与电场线重合。

8．答案：AD

考点：双导体棒在梯度磁场区域中的电磁感应与图像判断。

A项（对应图A）可能正确：两棒自同一位置由静止释放，滑到磁场边界 ab 时经历相同的加速过程，进入磁场的速度都恰好使 $mg\sin\theta = BIl$，加速度为零。若 MN 释放较晚、在 PQ 离开磁场之后才进入：PQ 在磁场中匀速滑行，流过 PQ 的电流恒为 I_1；PQ 出磁场后与 MN 进磁场前回路无感应电流（$I=0$）；MN 进入后以收尾速度匀速滑行，感应电流方向相反、大小仍为 I_1，直到 MN 离开磁场电流降为零。电流—时间图线为 $+I_1$ 平台、零段、$-I_1$ 平台，与图A一致，A可能正确。

B项不正确：B图中 $-I_1$ 段末端出现向上弯的曲线（电流大小向 0 弯折），这要求 MN 在磁场中减速至低于收尾速度，但 MN 以收尾速度进入磁场后合力为零、保持匀速，电流应恒为 I_1（反向）直至离开磁场，不会出现末段弯折，B不可能。

C项不正确：C图中 PQ 的电流平台结束后无零电流段直接跳到 $-I_1$，这要求 MN 在 PQ 离开磁场的瞬间立即进入磁场。但两棒先后释放且 MN 进入磁场边界时速度恒为收尾速度 v_0，而 PQ 在磁场中以 v_0 匀速通过磁场区需要时间，MN 追赶时间差必然存在（MN 释放后需先加速滑完进入前的距离），零电流段不可能完全消失；即使 MN 在 PQ 未出磁场时进入，两棒同速、回路电动势抵消、电流为零，同样存在零段，C不可能。

D项（对应图D）可能正确：若 MN 在 PQ 尚未离开磁场时进入：进入瞬间两棒速度均为 v_0，两棒电动势方向相反、大小相等，回路电流为零；随后两棒均只受重力分力而以 $g\sin\theta$ 加速，PQ 先出磁场，出磁场时刻 MN 的速度已大于 v_0，MN 单独在磁场中受安培力减速，电流（反向）从大于 I_1 的值逐渐衰减并趋于 I_1，直到 MN 减速到收尾速度后恒为 I_1、离开磁场时降为零。图线呈 $+I_1$ 平台、零段、反向电流曲线衰减至 $-I_1$ 的形状，与图D一致，D可能正确。

答案：AD

说明：关键在“两棒进入磁场的速度都等于收尾速度”与“先后释放的时间差”两种情形的讨论。

9．答案：（1）

$\frac{g\sin\theta - a}{g\cos\theta}$

（2）

0.35

（1）对铁块受力分析，铁块受重力、支持力和摩擦力，铁块沿木板向下运动，根据牛顿第二定律有 $mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma$，解得 $\mu = \frac{g\sin\theta - a}{g\cos\theta}$。

（2）由纸带中的数据，舍弃中央段数据，根据逐差法可求得铁块的加速度大小为 $a = \frac{[(76.39 - 31.83) - 20.90] \times 10^{-2}}{3 \times 4 \times 0.01}\text{m/s}^2 = 1.97\text{m/s}^2$，解得 $\mu = \frac{g\sin\theta - a}{g\cos\theta} = 0.35$。

10．答案：（1）5.00，变小，增大，B

（2）2.8

考点：硅二极管正向电压—温度特性与测温灵敏度。

第（1）空第一空：U_1 的值：二极管与 R_0、R 串联，恒定电流 $I=50.0\,\mu\text{A}$ 全部流过 $R_0=100\,\Omega$。电压表 V_1 测 R_0 两端电压，$U_1=IR_0=50.0\times10^{-6}\times100\,\text{V}=5.0\times10^{-3}\,\text{V}=5.0\,\text{mV}$。回代：$5.0\,\text{mV}/100\,\Omega=50\,\mu\text{A}$，成立。

第（1）空第二空：正向电阻的变化：由图（b），温度升高时二极管正向电压 U 减小（约从 30°C 的 0.45 V 降到 80°C 的 0.30 V），而电流恒为 $50.0\,\mu\text{A}$，由 $r=\frac{U}{I}$ 知正向电阻变小。

第（1）空第三空：V_1 示数变化：温度升高使二极管正向电压减小，回路总电压中二极管分压减小，若滑片不动则回路电流增大，V_1 示数 IR_0 增大。

第（1）空第四空：滑片移动方向：要使 V_1 示数回到 $U_1=5.0\,\text{mV}$（即电流回到 $50.0\,\mu\text{A}$），必须增大回路电阻以抵消电流的增大，故应将 R 的滑片向接入阻值增大的一端（按图（a）接线为 B 端）移动。

第（2）空：测温灵敏度：由图（b），U 与 t 成线性关系：$t=30^\circ\text{C}$ 时 $U\approx0.45\,\text{V}$，$t=80^\circ\text{C}$ 时 $U\approx0.30\,\text{V}$。测温灵敏度 $\left|\frac{\Delta U}{\Delta t}\right|=\frac{0.45-0.30}{80-30}\,\text{V}/^\circ\text{C}=\frac{0.15}{50}\,\text{V}/^\circ\text{C}=3.0\times10^{-3}\,\text{V}/^\circ\text{C}$，保留2位有效数字为 $3.0\times10^{-3}\,\text{V}/^\circ\text{C}$。

答案：（1）5.0；变小；增大；B　（2）3.0

说明：V_1 监视的是定值电阻 R_0 的电压，它把“恒流”转化为“恒压”来监控。

11．答案：（1）

$E_k=\frac{1}{2}mv_0^2+\frac{2\varphi}{d}qh$，$l=v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\varphi}}$

（2）

$L=2v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\varphi}}$

（1）PG、QG 间场强大小相等，均为 E。粒子在 PG 间所受电场力 F 的方向竖直向下，设粒子的加速度大小为 a，则有 $E=\frac{2\varphi}{d}$①，$F=qE=ma$②。设粒子第一次到达 G 时动能为 E_k，由动能定理得 $qEh=E_k-\frac{1}{2}mv_0^2$③。设粒子第一次到达 G 时所用的时间为 t，粒子在水平方向的位移大小为 l，则有 $h=\frac{1}{2}at^2$④，$l=v_0t$⑤。联立①②③④⑤式解得 $E_k=\frac{1}{2}mv_0^2+\frac{2\varphi}{d}qh$⑥，$l=v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\varphi}}$⑦。

（2）若粒子穿过 G 一次就从电场的右侧飞出，则金属板的长度最短。由对称性知，此时金属板的长度为 $L=2l=2v_0\sqrt{\frac{mdh}{q\varphi}}$⑧。

12．答案：（1）

见解析

（2）

$a = 8\text{m/s}^2$，$v_2 = 28\text{m/s}$

（3）

$v_1 = 30\text{m/s}$；$1.16 \times 10^5\text{J}$；87.5m

（1）$v - t$ 图像如图所示。

（2）设刹车前汽车匀速行驶时的速度大小为 v_1，则 t_1 时刻的速度也为 v_1；t_2 时刻的速度为 v_2。在 t_2 时刻后汽车做匀减速运动，设其加速度大小为 a，取 $\Delta t = 1\text{s}$，设汽车在 $t_2 + (n-1)\Delta t \sim t_2 + n\Delta t$ 内的位移为 $s_n (n = 1, 2, 3, \ldots)$。若汽车在 $t_2 + 3\Delta t \sim t_2 + 4\Delta t$ 时间内未停止，设它在 $t_2 + 3\Delta t$ 时刻的速度为 v_3，在 $t_2 + 4\Delta t$ 时刻的速度为 v_4，由运动学公式有 $s_1 - s_4 = 3a(\Delta t)^2$①，$s_1 = v_2\Delta t - \frac{1}{2}a(\Delta t)^2$②，$v_4 = v_2 - 4a\Delta t$③。联立①②③式，代入已知数据解得 $v_4 = -\frac{17}{6}\text{m/s}$④。这说明在 $t_2 + 4\Delta t$ 时刻前，汽车已经停止。因此，①式不成立。

由于在 $t_2 + 3\Delta t \sim t_2 + 4\Delta t$ 内汽车停止，由运动学公式得 $v_3 = v_2 - 3a\Delta t$⑤，$2as_4 = v_3^2$⑥。联立②⑤⑥式，代入已知数据解得 $a = 8\text{m/s}^2$，$v_2 = 28\text{m/s}$⑦，或 $a = \frac{288}{25}\text{m/s}^2$，$v_2 = 29.76\text{m/s}$⑧。但⑧式情形下，$v_3 < 0$，不合题意，舍去。

（3）设汽车的刹车系统稳定工作时，汽车所受阻力的大小为 f_1，由牛顿第二定律得 $f_1 = ma$⑨。在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，阻力对汽车冲量的大小为 $I = \frac{1}{2}f_1(t_2 - t_1)$⑩。由动量定理得 $I = mv_1 - mv_2$(11)。由动能定理，在 $t_1 \sim t_2$ 时间内，汽车克服阻力做的功为 $W = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2$(12)。联立⑦⑨⑩(11)(12)式，代入已知数据解得 $v_1 = 30\text{m/s}$(13)，$W = 1.16 \times 10^5\text{J}$(14)。从司机发现警示牌到汽车停止，汽车行驶的距离 s 约为 $s = v_1t_1 + \frac{1}{2}(v_1 + v_2)(t_2 - t_1) + \frac{v_2^2}{2a}$(15)。联立⑦(13)(15)式，代入已知数据解得 $s = 87.5\text{m}$(16)。

13．答案：（1）

大于，等于，大于

（2）

$\frac{1}{2}(p_0 + p)$，$\frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{4}p$，$\frac{4(p_0 + p)V_0}{2p_0 + p}$

（1）根据理想气体状态方程，对于同一系统有 $\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2} = \frac{p_3V_3}{T_3}$，所以 $T_1 : T_2 : T_3 = p_1V_1 : p_2V_2 : p_3V_3 = 2 : 1 : 2$，所以 $T_1 = T_3 > T_2$。状态 1 和状态 2 气体的体积相等，由于 $T_1 > T_2$，所以 $N_1 > N_2$；状态 2 和状态 3 气体的压强相同，由于 $T_3 > T_2$，所以 $N_2 > N_3$。

（2）（i）设抽气前氢气的压强为 p_{10}，由力的平衡条件得 $(p_{10} - p) \cdot 2S = (p_0 - p) \cdot S$①，解得 $p_{10} = \frac{1}{2}(p_0 + p)$②。

（ii）设抽气后氢气的压强和体积分别为 p_1 和 V_1，氮气的压强和体积分别为 p_2 和 V_2。由力的平衡条件得 $p_2 \cdot S = p_1 \cdot 2S$③，由玻意耳定律得 $p_1V_1 = p_{10} \cdot 2V_0$④，$p_2V_2 = p_0V_0$⑤。由于两活塞用刚性杆连接，故 $V_1 - 2V_0 = 2(V_0 - V_2)$⑥。联立②③④⑤⑥式解得 $p_1 = \frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{4}p$⑦，$V_1 = \frac{4(p_0 + p)V_0}{2p_0 + p}$⑧。

14．答案：A

小球在O点正下方 $\frac{3}{4}l$ 处被铁钉挡住后，摆长由 l 变为 $\frac{1}{4}l$。

以向右为正，小球从右侧最大位移释放，先向左运动。第一阶段摆长 l，四分之一周期 $T_1/4=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l}{g}}$；到达最低点后，摆长变为 $\frac{1}{4}l$，再向左摆到最大位移，时间 $T_2/4=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{l/4}{g}}=\frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{l}{g}}$。返回时同理。因此 x－t 图像左右不对称，正向最大位移处用时较长、负向最大位移处用时较短，对应图像A。