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Ⅰ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 A	2 D	3 B	4 B	5 C	6 BD
7 BC	8 AC	14 CD			

1．答案：A

氢原子从 $n=3$ 能级向 $n=2$ 能级跃迁时释放的光子能量为 $\Delta E=E_3-E_2=1.89\text{eV}$，处于可见光光子能量范围，从 $n=4$ 能级向 $n=3$ 能级跃迁时释放的光子能量为 $\Delta E'=E_4-E_3=0.66\text{eV}$，不属于可见光范围，从 $n=2$ 能级向 $n=1$ 能级跃迁时释放的光子能量为 $\Delta E''=E_2-E_1=10.2\text{eV}$，不属于可见光范围，因此氢原子至少需从基态跃迁到 $n=3$ 能级才可辐射出可见光光子，则给氢原子提供的能量至少为 $\Delta E_1=E_3-E_1=12.09\text{eV}$，故 A 正确。

2．答案：D

两球各受重力、绳的拉力、水平向右的电场力和彼此间的库仑力。两绳均竖直，说明每个球所受的水平电场力与库仑力的水平分量相互平衡。若两球带同种电荷，库仑力相互排斥，与水平电场力叠加后不能同时为零，绳必偏转，故 A、B 错误。两球应带异种电荷并相互吸引：P 带负电，所受电场力向左，Q 对 P 的吸引力向右，水平方向平衡；Q 带正电，所受电场力向右，P 对 Q 的吸引力向左，水平方向平衡。故 P 带负电、Q 带正电，D 正确。

3．答案：B

【考点】理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=C$，热力学第一定律 $\Delta U=Q+W$；温度是分子平均动能的标志。

【解析】设发动机单位时间内喷射气体的质量为 Δm，对喷出的气体进行研究有 $F\Delta t=\Delta mv$，代入数据解得 $\Delta m=1.6\times10^{3}\text{kg}$，故 B 正确。

【选项研判】正确选项为 B；其余选项与上述物理判断不符，逐一排除。

【答案】B

【模型提炼】热学题按“状态参量—过程—能量”三步建模。

【易错提醒】不要把热量与内能等同；也不要忽略做功的正负号。

【动量定理推导】取 1 s 内喷出的气体为研究对象，气体原来随火箭运动、后来以相对火箭 $v=3\text{ km/s}$ 的速度向后喷出。设喷气质量为 Δm，由动量定理 $F\Delta t=\Delta m\,v$，得 $\Delta m/\Delta t=F/v=4.8\times10^{6}/3\times10^{3}=1.6\times10^{3}\text{ kg/s}$。这里 F 是气体对火箭的推力，反作用力使火箭获得向上加速度。

【易错提醒】本题不能用 $F=ma$ 直接求喷气质量，因为喷出气体的质量随时间变化；应使用动量定理或变质量系统的推力公式 $F=(\Delta m/\Delta t)v$。

4．答案：B

考点：并联载流导线框在匀强磁场中的安培力。

A 项 2F：该值相当于把三根棒电流都按 I_{MN} 计算，忽略了 LM、NL 支路电流只有 MN 支路的一半，错误。

B 项 1.5F：三根相同导体棒电阻均为 R。M、N 接电源后，MN 棒（电阻 R）与 $LM+NL$ 支路（电阻 $2R$）并联，故 $I_{LM}=I_{NL}=\frac{I_{MN}}{2}$。$MN$ 棒受安培力 $F=BI_{MN}L$。弯曲导线（或折线）在匀强磁场中的安培力等效于两端点连线的直导线受力，故 LM 与 NL 两段合起来等效于一条从 M 到 N、电流为 $\frac{I_{MN}}{2}$ 的直导线，受力 $\frac{F}{2}$，方向与 MN 棒受力相同（两支路电流在 M、N 间同向，平行电流受力方向一致）。故线框总安培力 $F_{合}=F+\frac{F}{2}=1.5F$，B 正确。

C 项 0.5F：这是只算折线支路 $LM+NL$ 受力而漏掉 MN 棒的结果，错误。

D 项 0：两支路电流方向在 M、N 之间一致（都从同一端流向另一端），两支路受力方向相同，不可能抵消为零，错误。

答案：B

说明：弯曲导线在匀强磁场中的安培力等效于两端点连线（等效直导线）受力；并联分流按电阻反比。

5．答案：C

考点：竖直上抛运动的逆运动（类自由落体）与时间比例。

A 项 $1<\frac{t_2}{t_1}<2$：上升是匀减速，可倒过来看成自最高点自由下落。最后（第四个）$\frac{H}{4}$ 即下落的第一个 $\frac{H}{4}$，用时 $t_2=\sqrt{\frac{H}{2g}}$；第一个 $\frac{H}{4}$ 的上升即下落的最后一段 $\frac{H}{4}$，用时 $t_1=\sqrt{\frac{2H}{g}}-\sqrt{\frac{3H}{2g}}=(\sqrt{2}-\sqrt{1.5})\sqrt{\frac{H}{g}}$。比值 $\frac{t_2}{t_1}=\frac{0.7071}{0.1895}\approx 3.73$，不在 $1\sim2$ 内，A 错。

B 项 $2<\frac{t_2}{t_1}<3$：由 A 项计算 $\frac{t_2}{t_1}\approx 3.73$，不在 $2\sim3$ 内，B 错。

C 项 $3<\frac{t_2}{t_1}<4$：$\frac{t_2}{t_1}\approx 3.73$，满足 $3<\frac{t_2}{t_1}<4$，C 正确。

D 项 $4<\frac{t_2}{t_1}<5$：$3.73<4$，不满足 $4<\frac{t_2}{t_1}<5$ 的区间，D 错误。同时该值与 C 项区间 $3\sim4$ 吻合，进一步印证 C 正确。

答案：C

说明：末段（速度小）走同样的高度用时长，故 t_2/t_1 必大于 1；把上升倒放成下落是最快解法。

6．答案：BD

考点：连接体缓慢移动中的受力动态分析。

A 项（水平拉力可能保持不变）：对 N：绳与竖直方向成 θ 角时，$T_N\cos\theta = m_N g$，$F = T_N\sin\theta = m_N g\tan\theta$。$\theta$ 从 0 增到 $45°$，$\tan\theta$ 一直增大，水平拉力 F 一定一直增大，不可能不变，A 错。

B 项（M 所受细绳拉力一定一直增加）：绳中张力处处相等，$T = T_N = \frac{m_N g}{\cos\theta}$，$\theta$ 增大时 $\cos\theta$ 减小，T 一直增加，B 对。

C 项（M 所受斜面摩擦力一定一直增加）：M 始终静止，沿斜面方向 $f = |T - m_M g\sin\alpha|$（$\alpha$ 为斜面倾角）。若初始时 $T < m_M g\sin\alpha$，摩擦力先随 T 增大而减小到零、再反向增大；只有初始 $T > m_M g\sin\alpha$ 时才一直增加。故“一定一直增加”不成立，C 错。

D 项（M 所受斜面摩擦力可能先减小后增加）：如 C 项分析，当初始绳拉力小于 $m_M g\sin\alpha$ 时，摩擦力（静摩擦）大小先减小、过零后反向增大，D 对。

答案：BD

说明：缓慢拉动 = 每一时刻都平衡；对 N 用 $\tan\theta$ 表达水平拉力，对 M 摩擦力方向未定要分初态讨论。

7．答案：BC

$0 \sim t_0$ 内，穿过圆环向里的磁通量减小，由楞次定律，感应电流为顺时针方向，左半环在磁场中受到的安培力先向右、后向左，方向改变，A 错误。t_0 后磁场反向向外且增大，感应电流仍为顺时针方向，B 正确。圆环只有一半面积在磁场中，有效面积 $S_{\text{eff}} = \frac{1}{2}\pi r^2$，感应电动势 $E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B_0}{t_0}\cdot\frac{\pi r^2}{2} = \frac{B_0\pi r^2}{2t_0}$。圆环电阻 $R = \rho\frac{2\pi r}{S}$，故 $I = \frac{E}{R} = \frac{B_0 rS}{4t_0\rho}$，C 正确、D 错误。

8．答案：AC

物体刚放到轻弹簧上时的加速度为星球表面的重力加速度，则 M 星球表面的重力加速度 $g_1 = 3a_0$，N 星球表面的重力加速度 $g_2 = a_0$，在星球表面有 $G\frac{Mm}{R^2} = mg$，星球的质量为 $M = \rho\times\frac{4}{3}\pi R^3$，得 $\rho = \frac{3g}{4\pi GR}$。设 M 星球的密度为 ρ_1，N 星球的密度为 ρ_2，则有 $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{g_1}{g_2}\times\frac{R_2}{R_1} = 1$，故 A 正确；设 P 物体的质量为 m_1，Q 物体的质量为 m_2，弹簧的劲度系数为 k，物体在弹簧上下落至加速度为零时，对 P 物体有 $kx_0 = m_1 g_1$，对 Q 物体有 $2kx_0 = m_2 g_2$，则 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{6}$，故 B 错误；将 $a - x$ 图像的纵坐标分别乘两物体的质量，则纵坐标转换为 ma，即物体受到的合力，图像转换为 $F_{\text{net}} - x$ 图像，图像与 x 轴所围面积大小表示合力做的功的大小，由动能定理得 $W_{\text{net}} = \Delta E_k$。当加速度为零时，物体速度最大，动能最大，有 $E_{\text{km1}} = \frac{1}{2}\times 3m_1 a_0\times x_0$，$E_{\text{km2}} = \frac{1}{2}\times m_2 a_0\times 2x_0$，则 $\frac{E_{\text{km1}}}{E_{\text{km2}}} = \frac{3m_1}{2m_2} = \frac{1}{4}$，故 C 正确；将两图线继续延伸，当物体速度为零时合力做功为零，即 $a - x$ 图像与 x 轴所围面积代数和为零，故物块 P 下降的最大距离为 $2x_0$，物块 Q 下降的最大距离为 $4x_0$，两物体下降的最大距离之比为 1:2，弹簧的最大压缩量之比为 1:2，故 D 错误。

9．答案：（1）

A

（2）

0.233

（3）

0.75

【考点】国际单位制以长度、质量、时间为基本量，基本单位分别是 m、kg、s；其他力学单位都可由定义式导出。判断某单位对应的物理量，应先写出定义式，再做量纲替换。

【审题】某小组利用打点计时器对物块沿倾斜的长木板加速下滑时的运动进行研究。物块拖动纸带下滑，打出的纸带一部分已知打点计时器所用交流电的频率为 50Hz，纸带上标出的每两个相邻点之间还有 4 个打出的点未画出……。解题时先找定义式，再代入基本单位，最后比较指数。

【解析】物块沿长木板加速下滑，相等时间内的位移逐渐增大，故打点计时器最先打的是 A 点。打 C 点时物块的速度 $v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = 0.233$m/s。设物块运动的加速度大小为 a，则有 $x_{CE} - x_{AC} = a(2T)^2$，解得 $a = 0.75$m/s^2。

【作答要求】写出关键公式与代入过程，注意单位统一、正方向一致和有效数字。

【答案】（1）

A

（2）

0.233

（3）

0.75

【模型提炼】单位判定按“物理量—定义式—基本单位”三步走，遇到倍数单位先还原成基本单位。

【易错提醒】不要只看单位名称的字面；Hz 是频率单位，J 是能量单位，W 是功率单位。

10．答案：（1）

（2）C

（3）AC

（4）$\frac{99}{79}$

考点：微安表改装电流表的检测、误差分析与量程修正。

第（1）问：实物连线：改装表（虚线框内为微安表 G 与电阻箱 R 并联）与标准毫安表串联后，再串联电源 E、开关组成单一回路：电源正极→开关→改装表（R 与微安表并联的组合）→标准毫安表（mA 量程接线柱）→电源负极。标准毫安表必须串联在干路中以读出总电流，改装表与 R 必须并联。

第（2）空：C（25 mA）：改装的预期量程 $I = 20$ mA，需并联电阻 $R = \frac{I_g R_g}{I - I_g} = \frac{0.25 \times 1200}{19.75}\ \Omega \approx 15.2\ \Omega$。检测时总电流 16.0 mA，若量程确为 25 mA，微安表应示 $\frac{16.0}{25} \times 250\ \mu\text{A} = 160\ \mu\text{A}$，与图(c)指针位置（约 150～160 μA）相符；若量程为 18/21/28 mA，指针应示 222/190/143 μA，均与图不符。故改装表实际量程 $\frac{16.0\ \text{mA}}{160\ \mu\text{A}} \times 250\ \mu\text{A} = 25$ mA，选 C。

第（3）空：AC：实际量程（约 25 mA）大于预期（20 mA）。由 I=I_g\left(1+\dfrac{R_g^{真}}{$R_{¤}$}\right)，量程偏大的原因可能是：微安表实际内阻大于测量值 1200 Ω（A 对），或 R 值计算错误导致接入的电阻偏小（C 对）；B、D 都会使量程偏小，错误。

第（4）问：k = 99/79 ≈ 1.25：由检测数据：总电流 16.0 mA 时微安表读 $160\ \mu$A，流过并联电阻的电流为 15.84 mA，故 \dfrac{R_g^{ 真 }}{R}=$\frac{15.84}{0.16}$=99。把 R 换成 kR 后要使量程恰为 20 mA：I=I_g\left(1+\dfrac{R_g^{真}}{kR}\right)=0.25\left(1+$\frac{99}{k}$\right)\ \mathrm{mA}=20\ \mathrm{mA}，解得 $1 + \frac{99}{k} = 80$，$k = \frac{99}{79} \approx 1.25$。此法只用检测到的比值 R_g^{真}/R，与内阻测量是否准确无关。

答案：（1）见解析；（2）C；（3）AC；（4）k=99/79≈1.25

说明：改装表量程 $I = I_g(1 + \frac{R_g}{R})$；误差分析时把“量程偏大/偏小”翻译成“R_g^{真} 偏大/偏小、R 偏小/偏大”即可。

11．答案： （1）$\frac{4U}{d^2B^2}$

（2）$(\frac{\pi}{2}+\frac{\sqrt{3}}{3})\frac{d^2B}{4U}$ 或 $(\frac{\pi}{8}+\frac{\sqrt{3}}{12})\frac{d^2B}{U}$

考点：带电粒子在三角形磁场中的圆周运动与比荷。

第（1）问：带电粒子的比荷：粒子经电压 U 加速：$qU=\frac{1}{2}mv^2$，$v=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$。粒子沿平行于 x 轴方向（$+x$）从 y 轴上的入射点进入磁场（B 垂直纸面向外），由左手定则洛伦兹力指向 $-y$，粒子做 $\frac{1}{4}$ 圆弧后速度竖直向下（垂直于 x 轴），从 OP 边射出。速度偏转 $90°$，入射点与出射点的连线（弦长）$d=\sqrt{2}R$，故轨道半径 $R=\frac{d}{\sqrt{2}}$。又 $R=\frac{mv}{qB}$，联立：$R^2=\frac{2mU}{qB^2}$，即 $\frac{m}{q}=\frac{R^2B^2}{2U}=\frac{B^2d^2}{4U}$，所以 $\frac{q}{m}=\frac{4U}{B^2d^2}$.

第（2）问：从射入磁场到运动至 x 轴的时间：设入射点为 $A(0,y_0)$，圆心在 A 正下方 R 处，即 $(0,y_0-R)$。出射点 C 在 OP 上且 $x_C=R$：OP 与 x 轴成 $30°$，$y_C=x_C\tan 30°=\frac{R}{\sqrt{3}}$，即 $y_0-R=\frac{R}{\sqrt{3}}$。出射后粒子以速度 v 竖直向下匀速运动，到 x 轴还需下落 $\frac{R}{\sqrt{3}}$。磁场中运动时间 $t_1=\frac{1}{4}\cdot\frac{2\pi m}{qB}=\frac{\pi Bd^2}{8U}$（其中 $\frac{m}{qB}=\frac{Bd^2}{4U}$）。出磁场后 $t_2=\frac{R/\sqrt{3}}{v}$，而 $v=\sqrt{2\frac{q}{m}U}=\frac{2\sqrt{2}U}{Bd}$，$t_2=\frac{d}{\sqrt{6}}\cdot\frac{Bd}{2\sqrt{2}U}=\frac{Bd^2}{4\sqrt{3}U}$。总时间 $t=t_1+t_2=\frac{Bd^2}{8U}(\pi+\frac{2}{\sqrt{3}})$. 回代检验：$\pi\approx 3.14$，$\frac{2}{\sqrt{3}}\approx 1.15$，$t\approx 0.537\frac{Bd^2}{U}$，量纲为 s，合理。

答案：（1）$\frac{q}{m}=\frac{4U}{B^2d^2}$；（2）$t=\frac{Bd^2}{8U}(\pi+\frac{2}{\sqrt{3}})$

说明：速度偏转角 = 圆心角；入射、出射点连线是弦，$d=2R\sin(\theta/2)$，本题 $\theta=90°$。

12．答案： （1）

$3m$

（2）

$\frac{2}{15}mgH$

（3）

$\frac{11}{9}$

（1）根据图（b），v_1 为物块 A 在碰撞前瞬间的速度大小，$\frac{v_1}{2}$ 为其碰撞后瞬间的速度大小。设物块 B 的质量为 m'，碰撞后的速度大小为 v'，由动量守恒和机械能守恒得 $mv_1=m(-\frac{v_1}{2})+m'v'$ ①、$\frac{1}{2}mv_1^2=\frac{1}{2}m(-\frac{v_1}{2})^2+\frac{1}{2}m'v'^2$ ②，联立①②式得 $m'=3m$ ③。

（2）在图（b）所描述的运动中，设物块 A 与轨道间的滑动摩擦力大小为 f，下滑过程中所走过的路程为 s_1，返回过程中所走过的路程为 s_2，P 点的高度为 h，整个过程中克服摩擦力所做的功为 W，由动能定理得 $mgH-fs_1=\frac{1}{2}mv_1^2-0$ ④、$-(fs_2+mgh)=0-\frac{1}{2}m(-\frac{v_1}{2})^2$ ⑤，由图（b）所给的 $v-t$ 图线可知 $s_1=\frac{1}{2}v_1t_1$ ⑥、$s_2=\frac{1}{2}\times\frac{v_1}{2}\times(1.4t_1-t_1)$ ⑦，由几何关系可知 $\frac{s_2}{s_1}=\frac{h}{H}$ ⑧，物块 A 在整个过程中克服摩擦力所做的功为 $W=fs_1+fs_2$ ⑨，联立④⑤⑥⑦⑧⑨式可得 $W=\frac{2}{15}mgH$ ⑩。

（3）设倾斜轨道的倾角为 θ，物块与轨道间的动摩擦因数在改变前为 μ，则有 $W=\mu mg\cos\theta\times\frac{H+h}{\sin\theta}$ ⑪；设物块 B 在水平轨道上能够滑行的距离为 s'，由动能定理得 $-\mu'm'gs'=0-\frac{1}{2}m'v'^2$ ⑫；设改变后的动摩擦因数为 μ'，由动能定理得 $mgh-\mu'mg\cos\theta\cdot\frac{h}{\sin\theta}-\mu'mgs'=0$ ⑬。联立以上各式可得 $\frac{\mu'}{\mu}=\frac{11}{9}$ ⑭。

13．答案：（1）

低于，大于

（2）

$3.2\times10^{7}\text{Pa}$，$1.6\times10^{8}\text{Pa}$

（1）容器绝热，活塞移动后气体压强变小，则气体的体积增大，气体对外做功，内能减小，温度降低。取与容器中质量相等的外界空气，和容器内变化后的空气相比较，二者压强相同，容器内空气的温度低于外界温度，由理想气体状态方程可知，容器内空气的体积偏小，则密度大于外界空气的密度。

（2）（i）设初始时每瓶气体的体积为 V_0，压强为 p_0；使用后气瓶中剩余气体的压强为 p_1。假设体积为 V_0、压强为 p_0 的气体压强变为 p_1 时，其体积膨胀为 V_1，由玻意耳定律得 $p_0V_0=p_1V_1$①；被压进炉腔的气体在室温和 p_1 条件下的体积为 $V_1'=V_1-V_0$②；设 10 瓶气体压入完成后炉腔中气体的压强为 p_2，体积为 V_2，由玻意耳定律得 $p_2V_2=10p_1V_1'$③。联立①②③式代入题给数据得 $p_2=3.2\times10^{7}\text{Pa}$④。

（ii）设加热前炉腔的温度为 T_0，加热后炉腔温度为 T_1，气体压强为 p_3。由查理定律得 $\frac{p_3}{T_1}=\frac{p_2}{T_0}$⑤，联立④⑤式并代入题给数据得 $p_3=1.6\times10^{8}\text{Pa}$。

14．答案：CDE

（1）由于简谐横波沿 x 轴正向传播，结合图（a）以及同侧法可知，$t=\frac{T}{2}$ 时刻 Q 质点沿 y 轴正向振动，由图（b）振动图像可知，$t=\frac{T}{2}$ 时刻该质点沿 y 轴负向振动，故 A 错误；由图（a）可知在 $t=\frac{T}{2}$ 时 P 在波峰位置，结合波的传播方向可知在 $t=0$ 时刻质点 P 位于波谷，此时偏离平衡位置的位移仍然最大，速率为零，加速度最大，质点 Q 仍位于平衡位置，偏离平衡位置位移为零，其振动方向与当前振动方向相反，即沿 y 轴负向振动，速率最大，加速度为零，故 B 错误 CE 正确；由图（a）可知，$t=\frac{T}{2}$ 时刻平衡位置在坐标原点的质点沿 y 轴负向振动，与图（b）振动情况相同，故 D 正确。

（2）（i）设光束从水面射出的点到桅杆的水平距离为 x_1，到 P 点的水平距离为 x_2；桅杆高度为 h_1，P 点处水深为 h_2；激光束在水中与竖直方向的夹角为 θ，由几何关系得 $\frac{x_1}{h_1}=\tan53^\circ$①、$\frac{x_2}{h_2}=\tan\theta$②，由折射定律得 $\sin53^\circ=n\sin\theta$③；设桅杆到 P 点的水平距离为 x，则 $x=x_1+x_2$④，联立①②③④式并代入题给数据得 $x=7\text{m}$⑤。

（ii）设激光束在水中与竖直方向的夹角为 45° 时，从水面出射的方向与竖直方向的夹角为 i'，由折射定律得 $\sin i'=n\sin45^\circ$⑥；设船向左行驶的距离为 x'，此时光束从水面射出的点到桅杆的水平距离为 x_1'，到 P 点的水平距离为 x_2'，则 $x_1'+x_2'=x'+x$⑦、$\frac{x_1'}{h_1}=\tan i'$⑧、$\frac{x_2'}{h_2}=\tan45^\circ$⑨，由⑤⑥⑦⑧⑨式代入题给数据得 $x'=(6\sqrt{2}-3)\text{m}\approx5.5\text{m}$⑩。