参考答案与详解

2018年06月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 B	**2** A	**3** D	**4** B	**5** C	**6** AD
7 BC	**8** AB	**13** BD			

1．答案：B

考点：初速度为零的匀加速直线运动中动能与各量的比例关系。

A（与时间成正比）——错误：列车初速度为零，$v=at$，动能 $E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}ma^2t^2$，与 t^2 成正比而不是与 t 成正比，故 A 错。

B（与位移成正比）——正确：位移 $x=\frac{1}{2}at^2$，代入动能表达式得 $E_k=\frac{1}{2}ma^2t^2=ma\cdot\frac{1}{2}at^2=max$，动能与位移 x 严格成正比，故 B 正确。

C（与速度成正比）——错误：$E_k=\frac{1}{2}mv^2$，动能与速度的平方成正比，与速度不成正比，故 C 错。

D（与动量成正比）——错误：动量 $p=mv=mat$，动能 $E_k=\frac{p^2}{2m}$，与动量的平方成正比，与动量不成正比，故 D 错。

答案：B

说明：比例关系的判断要写出函数表达式，不能凭直觉；$E_k\propto x^1$、$E_k\propto t^2$、$E_k\propto v^2$、$E_k\propto p^2$。

2．答案：A

考点：牛顿第二定律与弹簧弹力线性变化的动态分析（F－x 图像）。

A（斜率为正、纵轴截距为正的直线）——正确：静止时弹簧被压缩 x_0，有 $kx_0 = mg$。物块 P 上升位移为 x（$x < x_0$，弹簧仍压缩）时，弹力 $k(x_0 - x)$，由牛顿第二定律 $F + k(x_0 - x) - mg = ma$，代入 $kx_0 = mg$ 得 $F = ma + kx$。F 与 x 成线性关系，斜率 $k > 0$，且 $x = 0$ 时 $F = ma > 0$，即图线在纵轴上的截距为正，A 图符合。

B（水平直线）——错误：B 图表示 F 不随 x 变化。由 $F = ma + kx$ 知随 x 增大弹力减小、所需拉力增大，F 不可能恒定，故 B 错。

C（过原点的直线）——错误：C 图表示 $x = 0$ 时 $F = 0$，即刚启动瞬间不需拉力。但启动瞬间 $a > 0$ 而弹力仍为 mg，需 $F = ma > 0$，截距不应为零，故 C 错。

D（先线性增大后折返）——错误：D 图出现折点，对应弹簧恢复原长后 F 表达式改变的情形；但题干限定“在弹簧恢复原长前”，此范围内 $F = ma + kx$ 始终成立、图线为一条连续直线，不应出现折点，故 D 错。

答案：A

说明：关键是用静止状态 $kx_0 = mg$ 消去重力项，得到 $F = ma + kx$；截距 ma 对应启动瞬间的合外力需求。

3．答案：D

考点：库仑定律的矢量合成与力的方向约束。

几何关系：$ab = 5\,\text{cm}$，$bc = 3\,\text{cm}$，$ca = 4\,\text{cm}$，满足 $3^2 + 4^2 = 5^2$，$\triangle abc$ 为直角三角形且直角在 c 点，即 $ca \perp cb$。以 a 为原点、ab 沿 x 轴，可解得 c 的坐标满足：c 到 ab 连线的垂足在 ab 之间，ca 方向单位矢量与 cb 方向单位矢量沿垂直于 ab 方向的分量之比为 $4:3$（即 $\sin\angle(c \to a \text{ 与 } ab \text{ 夹角}) : \sin\angle(c \to b \text{ 与 } ab \text{ 夹角}) = 0.6 : 0.8$）。

电荷符号的判断：c 受 a、b 的库仑力分别沿 ca、cb 连线。若 q_a、q_b 同号，则两个力相对 q_c 同为排斥或同为吸引，两力在垂直于 ab 方向的分量同号，合力的垂直分量不可能为零，合力不可能平行于 ab；故 q_a、q_b 必为异号，使一个力为斥力、另一个为引力，垂直分量才能抵消。据此排除 A、C（同号选项）。

B（异号，$k = 16/9$）——错误：异号时垂直方向平衡要求 $0.6F_a = 0.8F_b$，即 $F_a/F_b = 4/3$。由库仑定律 $F_a/F_b = \frac{|q_a|/ca^2}{|q_b|/bc^2} = \frac{9|q_a|}{16|q_b|} = \frac{4}{3}$，解得 $k = \frac{|q_a|}{|q_b|} = \frac{64}{27} \neq \frac{16}{9}$，故 B 错。

D（异号，$k = 64/27$）——正确：由上式 $\frac{9k}{16} = \frac{4}{3}$，得 $k = \frac{64}{27}$，且电荷异号，与 D 选项完全一致。回代检验：$F_a/F_b = (64/27 \times 9/16) = 4/3$，垂直分量 $0.6 \times \frac{4}{3} = 0.8$，恰好与 b 对 c 作用力的垂直分量平衡，合力平行于 ab，成立。

答案：D

说明：先由 3-4-5 判定直角位置，再用“合力平行于 ab”提出垂直方向分量相等的条件；同号电荷无论怎么配比值都无法使垂直分量抵消。

4．答案：B

考点：电磁感应中电荷量 q=ΔΦ/R 与磁通量变化的计算。

过程Ⅰ的电荷量：OM 从 OQ 位置逆时针匀速转到 OS，扫过四分之一圆面积 $\frac{\pi R^2}{4}$（PQS 为半圆，Q 为中点，OQ 到 OS 恰为四分之一圆）。此过程磁感应强度不变，$q_1=\frac{\Delta\Phi_1}{r}=\frac{B\pi R^2/4}{r}$，其中 r 为回路总电阻。

过程Ⅱ的电荷量：OM 固定在 OS 位置，回路面积为半圆 $\frac{\pi R^2}{2}$，磁感应强度由 B 增至 B'，$q_2=\frac{(B'-B)\pi R^2/2}{r}$。此过程电荷量与变化率无关，只由磁通变化量决定。

B（$B'/B=3/2$）——正确：由 $q_1=q_2$：$\frac{B}{4}=\frac{B'-B}{2}$，解得 $B'-B=\frac{B}{2}$，即 $B'=\frac{3}{2}B$，$\frac{B'}{B}=\frac{3}{2}$，故 B 正确。

A、C、D——错误：A 的 $5/4$、C 的 $7/4$、D 的 2 均来自对扫过面积（四分之一圆）与回路面积（半圆）的比值关系处理错误；只要抓住 $q=\Delta\Phi/r$ 与两个面积之比 $1:2$，唯一解为 $3/2$，故 A、C、D 都错。

答案：B

说明：电荷量 $q=n\Delta\Phi/R$ 与过程快慢无关；两个过程磁通变化对应的面积分别是四分之一圆和半圆。

5．答案：C

考点：功能关系：除重力外其他力做的功等于机械能增量。

求到达 c 点时的速度：ab 段长 $2R$、bc 为半径 R 的四分之一圆弧，水平外力 $F=mg$ 全程做正功。从 a 到 c：$W_F=mg(2R+R)=3mgR$，重力做功 $W_G=-mgR$。由动能定理 $\frac{1}{2}mv_c^2=3mgR-mgR=2mgR$，得 $v_c=2\sqrt{gR}$。c 点处圆弧切线竖直，故速度竖直向上。

离开轨道后的运动：过 c 后小球脱离轨道，只受重力与水平恒力 $F=mg$：竖直方向做竖直上抛，到最高点需 $t=\frac{v_c}{g}=2\sqrt{R/g}$；水平方向从零开始以加速度 g 匀加速，水平位移 $x_3=\frac{1}{2}gt^2=\frac{1}{2}g\cdot\frac{4R}{g}=2R$。

C（$5mgR$）——正确：机械能增量等于除重力外其他力做的功，即水平力 F 做的功：$\Delta E=W_F=mg\cdot\Delta x_{\text{tot}}$。水平总位移 $\Delta x=2R$（ab段）$+R$（圆弧水平跨度）$+2R$（脱离后）$=5R$，故 $\Delta E=5mgR$，C 正确。

A、B、D——错误：A 的 $2mgR$ 只计了 ab 段水平位移对应的功；B 的 $4mgR$ 漏算了脱离轨道后的 $2R$；D 的 $6mgR$ 多算了一段。逐段核算水平位移 $2R+R+2R=5R$，只有 C 正确。

答案：C

说明：机械能增量只看 $W_F=mg\times$（水平总位移）；容易漏掉小球过 c 点后仍在水平力作用下有 $2R$ 的水平位移。

6．答案：AD

开关闭合的瞬间，左侧的线圈中磁通量变化，产生感应电动势和感应电流，由楞次定律可判断出直导线中电流方向为由南向北，由安培定则可判断出小磁针处的磁场方向垂直纸面向里，小磁针的 N 极朝垂直纸面向里的方向转动，选项 A 正确；

开关闭合并保持一段时间后，左侧线圈中磁通量不变，线圈中感应电动势和感应电流为零，直导线中电流为零，小磁针恢复到原来状态，选项 BC 错误；

开关闭合并保持一段时间后再断开后的瞬间，左侧的线圈中磁通量变化，产生感应电动势和感应电流，由楞次定律可判断出直导线中电流方向为由北向南，由安培定则可判断出小磁针处的磁场方向垂直纸面向外，小磁针的 N 极朝垂直纸面向外的方向转动，选项 D 正确。

7．答案：BC

考点：双中子星系统的万有引力与圆周运动（可估测量判断）。

A（质量之积）——错误：双星绕连线上某点转动，角速度 $\omega = 12 \times 2\pi\,\text{rad/s}$，间距 $L = 400\,\text{km}$。对各自有 $G\frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1\omega^2 r_1 = m_2\omega^2 r_2$，可得 $Gm_2 = \omega^2 L r_1$、$Gm_1 = \omega^2 L r_2$。由于 r_1、r_2 各自未知（只知 $r_1 + r_2 = L$），$m_1 m_2 = \frac{\omega^4 L^2 r_1 r_2}{G^2}$ 中 $r_1 r_2$ 无法确定，质量之积不可估求，A 错。

B（质量之和）——正确：两式相加：$G\frac{m_1 m_2}{L^2} + G\frac{m_1 m_2}{L^2} = m_1\omega^2 r_1 + m_2\omega^2 r_2$ 不便直接用；改由 $m_2\omega^2 r_2$ 与 $m_1\omega^2 r_1$ 相加并利用 $r_1 + r_2 = L$：$G(m_1 + m_2) = \omega^2 L^3$，即 $m_1 + m_2 = \frac{\omega^2 L^3}{G}$，右边各量均已知，质量之和可估求，B 正确。

C（速率之和）——正确：$v_1 = \omega r_1$，$v_2 = \omega r_2$，$v_1 + v_2 = \omega(r_1 + r_2) = \omega L$，与质量分布无关，可估求，C 正确。

D（各自的自转角速度）——错误：题目给出的是两星绕公共质心公转的角速度；中子星自转角速度与其质量分布、自转状态有关，题给数据无法确定，D 错。

答案：BC

说明：双星问题中“质量和”与“速率和”只依赖 ω 与 L；而单个质量、质量积还需要知道 r_1 或 r_2。

8．答案：AB

【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】图中虚线 a、b、c、d、f 代表匀强电场内间距相等的一组等势面，已知平面 b 上的电势为 2 V。一电子经过 a 时的动能为 10 eV，从 a 到 d 的过程中克服电场力所做的功为 6 eV。下列说法正确的是。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】根据题述，匀强电场中等势面间距相等，相邻等势面之间的电势差相等。设相邻等势面之间的电势差为 U，根据电子从 a 到 d 的过程中克服电场力所做功为 $W_{ad}=6$ eV，电场方向水平向右。由 $W_{ab}=2$ eV，联立解得：U = 2 V。已知b的电势为 2 V，则平面 c 上的电势为零，选项 A 正确；

由于 af 之间的电势差为 4U = 8 V，一电子经过 a 时的动能为 10 eV，由于题述没有指出电子速度方向，若该电子速度方向指向左或指向上或下，则该电子就到达不了平面 f，选项 B 正确；

由于题述没有指出电子速度方向，选项 CD 错误。

【选项研判】正确选项为 AB；多选题须逐项独立核验，选对但不全得部分分。

【答案】AB

【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。

9．答案：（1）3.775

（2）53.7

第 1 空：图(b)为 20 分度游标，精度 0.05 mm。游标零线落在主尺 37 mm 与 38 mm 之间，游标第 15 条线与主尺刻线对齐，故读数为 $37\ \text{mm}+15\times0.05\ \text{mm}=37.75\ \text{mm}=3.775\ \text{cm}$。

第 2 空：弹簧伸长量 $\Delta x=3.775\ \text{cm}-1.950\ \text{cm}=1.825\ \text{cm}=0.01825\ \text{m}$。砝码重 $G=mg=0.100\times9.80=0.980\ \text{N}$。由胡克定律

$$k=\frac{mg}{\Delta x}=\frac{0.980}{0.01825}\approx53.7\,\mathrm{N/m}.$$

答案：3.775 cm；53.7 N/m（原卷参考答案给 53.2 N/m，系读数取整差异，按图中读数计算为 53.7 N/m）

说明：20 分度游标卡尺不估读；伸长量必须用两次读数之差，且统一单位后再代入。

10．答案：（1）

b

（2）

如图所示

（3）

450

（4）

620.0，33.0

（1）滑动变阻器采用限流式接法，在闭合开关前，从保护电路的角度考虑，滑动变阻器接入电路的阻值应调到最大值，故 R_1 的滑片应移动到 b 端。

（2）先描点，之后在坐标纸上用平滑的曲线连接各点，如图所示。

（3）由图（b）可知，当 $t=44.0^\circ\mathrm{C}$ 时，$R_T=R_2=450\Omega$。

（4）由图（c）可知，电阻箱示数为 $R_T=6\times100\Omega+2\times10\Omega+0\times1\Omega+0\times0.1\Omega=620.0\Omega$，由图（b）可得当 $R_T=R_2=620.0\Omega$ 时，手心的温度 $t=33.0^\circ\mathrm{C}$。

11．答案：（1）$t=\frac{l}{g}\sqrt{\frac{2E}{m}}$；（2）爆炸后向上运动部分距地面的最大高度为 $\frac{2E}{mg}$。

第（1）问：从地面升空到爆炸所经时间：烟花弹获得动能 E 从地面竖直升空，只受重力，做匀减速直线运动。设刚升空时速度为 v，由 $E=\frac{1}{2}mv^2$ 得 $v=\sqrt{\frac{2E}{m}}$。上升到速度为零所经时间 $t=\frac{v}{g}=\frac{l}{g}\sqrt{\frac{2E}{m}}$。

第（2）问：爆炸后向上部分的最大高度：爆炸前瞬间烟花弹速度为零，爆炸时间极短、内力远大于外力，动量守恒。设向上部分速度为 v_1（向上）、向下部分速度为 v_2（向下），两部分质量均为 $m/2$：$\frac{m}{2}v_1-\frac{m}{2}v_2=0\Rightarrow v_1=v_2$。两部分动能之和为 E：$\frac{1}{2}\cdot\frac{m}{2}v_1^2+\frac{1}{2}\cdot\frac{m}{2}v_2^2=\frac{m}{4}(v_1^2+v_2^2)=\frac{m}{2}v_1^2=E$，得 $v_1=\sqrt{\frac{2E}{m}}$。爆炸点高度 $h_1=\frac{v^2}{2g}=\frac{E}{mg}$；爆炸后向上部分做竖直上抛，再上升 $h_2=\frac{v_1^2}{2g}=\frac{E}{mg}$。故距地面最大高度 $H=h_1+h_2=\frac{2E}{mg}$。

【提示】爆炸动量守恒时系统总动量为零，两部分速率必相等；每部分分得的动能恰为 $E/2$。

12．答案：（1）s1 = $\frac{2\sqrt{3}}{3}$h

（2）B = $\sqrt{\frac{6mE}{qh}}$

（3）s2′ − s2 = $\frac{2\sqrt{3}}{3}$($\sqrt{2}$-1)h

考点：类平抛运动与带电粒子在匀强磁场中的圆周运动。

第（1）问：第一次进入磁场的位置到原点 O 的距离：氘核以动能 E_k 从 $y=h$ 处沿 $+x$ 方向射出，在 $y>0$ 区域受沿 $-y$ 方向的电场力 qE，做类平抛运动，加速度 $a=\frac{qE}{m}$。设穿过 x 轴（进入磁场）时竖直分速度为 v_y，速度与 $+x$ 方向夹角 60°，则 $\tan 60^\circ=\frac{v_y}{v_0}=\sqrt{3}$，即 $v_y=\sqrt{3}v_0$，其中 $v_0=\sqrt{\frac{2E_k}{m}}$。由 $v_y^2=2ah$ 得 $h=\frac{3v_0^2}{2a}$；运动时间 $t=\frac{v_y}{a}$，水平位移 $x_1=v_0t=\frac{\sqrt{3}v_0^2}{a}$。于是 $\frac{x_1}{h}=\frac{\sqrt{3}v_0^2/a}{3v_0^2/2a}=\frac{2\sqrt{3}}{3}$，即 $x_1=\frac{2\sqrt{3}h}{3}$（亦可写成 $x_1=\frac{2\sqrt{3}E_k}{qE}$）。

第（2）问：磁感应强度大小：进入磁场时速度 $v=\frac{v_0}{\cos 60^\circ}=2v_0$，方向与 x 轴成 60° 指向 x 轴下方。氘核在磁场中做匀速圆周运动，第一次从 O 点射出磁场，说明其圆轨迹的弦恰好从入射点 $P(x_1,0)$ 指向 O，弦长 x_1。速度与弦（沿 $-x$ 方向）的夹角为 60°，由几何关系 $x_1=2r_1\sin 60^\circ$，得 $r_1=\frac{x_1}{\sqrt{3}}=\frac{2h}{3}$。由 $r_1=\frac{mv}{qB}$ 得 $B=\frac{2mv_0}{qr_1}=\frac{3mv_0}{qh}$，代入 $v_0=\sqrt{\frac{2E_k}{m}}$ 即 $B=\frac{3}{qh}\sqrt{2mE_k}$。

第（3）问：氘核第一次离开磁场的位置到原点 O 的距离：氘核质量 $2m$、电荷量 q、动能相同，$v_0'=\sqrt{\frac{2E_k}{2m}}=\frac{v_0}{\sqrt{2}}$，加速度 $a'=\frac{qE}{2m}$。同理 $\tan\theta'=\frac{v_y'}{v_0'}=\sqrt{\frac{2a'h}{v_0'^2}}=\sqrt{\frac{qEh/m}{E_k/m}}=\sqrt{3}$，仍以 60° 从同一位置 $x_1=\frac{2\sqrt{3}h}{3}$ 处进入磁场（水平位移 $x'=\frac{\sqrt{3}v_0'^2}{a'}=\frac{2\sqrt{3}E_k}{qE}=x_1$）。进入时速率 $v'=\frac{v_0'}{\cos 60^\circ}=\sqrt{2}v_0$，轨道半径 $r_2=\frac{2mv'}{qB}=\sqrt{2}\,r_1=\frac{2\sqrt{2}h}{3}$。氘核圆轨迹与入射点、速度方向均与氘核相同，仅半径不同：圆心 $C_2=(x_1-\frac{\sqrt{3}r_2}{2},-\frac{r_2}{2})$。轨迹与 x 轴（磁场边界）的交点满足 $(x-C_{2x})^2=\frac{3r_2^2}{4}$，即 $x=x_1$（入射点）或 $x=x_1-\sqrt{3}r_2=\frac{2\sqrt{3}h}{3}-\frac{2\sqrt{6}h}{3}=\frac{2(\sqrt{3}-\sqrt{6})h}{3}$。故第一次离开磁场的位置在原点左侧，到原点的距离为 $\left|\frac{2(\sqrt{3}-\sqrt{6})h}{3}\right|=\frac{2(\sqrt{6}-\sqrt{3})h}{3}\approx 0.48h$。（检验氘核：$x_1-\sqrt{3}r_1=\frac{2\sqrt{3}h}{3}-\frac{2\sqrt{3}h}{3}=0$，恰从 O 点射出，与题设自洽。）

答案：（1）$\frac{2\sqrt{3}h}{3}$；（2）$B=\frac{3mv_0}{qh}=\frac{3}{qh}\sqrt{2mE_k}$；（3）$\frac{2(\sqrt{6}-\sqrt{3})h}{3}$。

说明：第（3）问的关键是氘核与氕核入射点、入射方向完全相同，仅半径变为 $\sqrt{2}$ 倍；用“弦长 $=2r\sin\theta$”和圆与 x 轴相交的对称性即可求出射点。

13．答案：BDE

（1）过程①气体发生等容变化，温度升高，由 $\frac{pV}{T}=C$ 可知气体压强增大，故 A 错误；过程②气体体积增大，气体对外做正功，故 B 正确；过程④气体发生等容变化，气体对外不做功，温度降低，内能减小，由 $\Delta U=Q+W$ 可知气体对外放热，故 C 错误；状态 c、d 的温度相同，气体内能相等，故 D 正确；由 $\frac{pV}{T}=C$ 可得 $T=\frac{p}{c}V$，在 $T-V$ 图像中，坐标点与坐标原点的连线的斜率 $k=\frac{p}{c}$，如图所示，所以状态 d 的压强比状态 b 的压强小，故 E 正确。

（2）设活塞再次平衡后，活塞上方气体的体积为 V_1，压强为 p_1；下方气体的体积为 V_2，压强为 p_2。在活塞下移的过程中，活塞上、下方气体的温度均保持不变，由玻意耳定律得

$p_0\frac{V}{2}=p_1V_1$①，

$p_0\frac{V}{2}=p_2V_2$②，

由已知条件得

$V_1=\frac{V}{2}+\frac{V}{6}-\frac{V}{8}=\frac{13}{24}V$③，

$V_2=\frac{V}{2}-\frac{V}{6}=\frac{V}{3}$④，

设活塞上方液体的质量为 m，由力的平衡条件得

$p_2S=p_1S+mg$⑤，

联立以上各式得 $m=\frac{15p_0S}{26g}$⑥。

14．答案：（1）

$v = 18\text{cm/s}$，**波沿 x 轴负方向传播**

（2）

$x_Q = 9\text{cm}$

（1）由几何知识可得红光从玻璃射入空气中的入射角为 $i = 30^\circ$，折射角为 $r = 60^\circ$，由光的折射定律可得 $n = \frac{\sin r}{\sin i} = \sqrt{3}$。若改用蓝光入射，在玻璃中入射角不变，由于蓝光的频率比红光的频率大，所以玻璃对蓝光的折射率比对红光的折射率大，由光的折射定律可得光线在 D 点射出时的折射角大于 60°。

（2）（i）由图（a）可以看出，该波的波长为

$\lambda = 36\text{cm}$①，

由图（b）可以看出，周期为

$T = 2\text{s}$②，

波速为 $v = \frac{\lambda}{T} = 18\text{cm/s}$③，

由图（b）知，当 $t = \frac{1}{3}\text{s}$ 时，Q 点向上运动，结合图（a）可得，波沿 x 轴负方向传播。

（ii）设质点 P、Q 平衡位置的 x 坐标分别为 x_P、x_Q。由图（a）知，$x = 0$ 处 $y = -\frac{A}{2} = A\sin(-30^\circ)$，因此

$x_P = \frac{30^\circ}{360^\circ}\lambda = 3\text{cm}$④，

由图（b）知，在 $t = 0$ 时 Q 点处于平衡位置，经 $\Delta t = \frac{1}{3}\text{s}$，其振动状态向 x 轴负方向传播至 P 点处，由此及③式有

$x_Q - x_P = v\Delta t = 6\text{cm}$⑤，

由④⑤式得，质点 Q 的平衡位置的 x 坐标为

$x_Q = 9\text{cm}$⑥。