参考答案与详解

2021 年北京市普通高中学业水平选择性考试 · 物理

本站自编 | 共 20 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** C	**3** D	**4** B	**5** C	**6** D
7 C	**8** B	**9** C	**10** D	**11** D	**12** A
13 A	**14** D				

1．答案：A

中子轰击硼-10，核反应生成锂-7和α粒子，反应前后质量数守恒、电荷数守恒。选项 A 的方程满足两条守恒；B、C、D 的产物或系数不满足守恒。故选 A。

2．答案：C

【考点】光的折射定律 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，全反射临界角满足 $\sin C=\frac{1}{n}$；光在介质中的速度 $v=\frac{c}{n}$。

【审题】的平面内，光束 a 经圆心 O 射入半圆形玻璃砖，出射光为 b、c 两束单色光。下列说法正确的是。解题时先画光路、找法线，再用折射定律或全反射条件；干涉题先判断路程差。

【解析】A．光束 a 经圆心 O 射入半圆形玻璃砖，出射光为 b、c 两束单色光，这是光的色散现像，A 错误；

C．由题图可知光束 c 的折射角大于光束 b 的折射角，根据折射定律可知 $n_c<n_b$，C 正确；

B．由于光的折射率越大，其频率越大，波长越短，则 b 光在真空中的波长较短，B 错误；

D．根据 $v=\frac{c}{n}$ 知，c 光束的折射率小，则 c 光在棱镜中的传播速度大，D 错误。

故选 C。

【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】光学题按“光路—界面—临界角—条纹间距”分析。

【易错提醒】不要认为频率越高折射率越小；也不要混淆干涉与衍射的成因。

3．答案：D

【考点】波的图象与振动图象要分清：波形图横轴是空间位置，振动图横轴是时间；质点振动方向可由波的传播方向判断。

【审题】一列简谐横波某时刻的波形图此后 K 质点比 L 质点先回到平衡位置。下列判断正确的是。解题时先读周期、波长、振幅，再判断传播方向与质点振动方向，最后算路程。

【解析】AB．由题知 K 质点比 L 质点先回到平衡位置，则 K 质点应向下振，再根据“上坡、下坡”法可知，该波应沿 x 轴正方向传播，A、B 错误；

C．由 AB 选项可知 K 质点应向下振，而 L 质点在波谷处，则 L 质点的速度为 0，故此时 K 质点的速度比 L 质点的大，C 错误；

D．由于质点在竖直方向做机械振动，根据 $F=-ky$，$F=ma$，结合波图像可看出 $y_L>y_K$，则此时 K 质点的加速度比 L 质点的小，D 正确。

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】振动与波题按“波源—介质—波形—质点”四层关系分析。

【易错提醒】波速不等于质点振动速度；增大波源频率不会改变同一介质中的波速。

4．答案：B

考点：温度与分子平均动能、内能的决定因素。

A 项：错误：温度是分子平均动能的标志。水蒸气温度 $100\,^{\circ}\mathrm{C}$ 高于热水的 $45\,^{\circ}\mathrm{C}$，故热水分子的平均动能比水蒸气的小，A 说反。

B 项：正确：内能是所有分子热运动动能与分子势能之和。相同质量的 $45\,^{\circ}\mathrm{C}$ 的水与 $100\,^{\circ}\mathrm{C}$ 的水蒸气相比：水蒸气温度高（分子平均动能大），且水蒸气分子间距离远大于液态水，分子势能也更大，故热水的内能比相同质量水蒸气的小，B 正确。

C 项：错误：分子速率服从统计分布，温度高只说明平均速率大，并非每个分子速率都大。$45\,^{\circ}\mathrm{C}$ 热水中也存在速率很大的分子，$100\,^{\circ}\mathrm{C}$ 水蒸气中也存在速率较小的分子，“速率都比水蒸气的小”不成立。

D 项：错误：热运动剧烈程度由温度决定，水蒸气温度更高，热运动更剧烈，D 说反。

答案：B

说明：凡见“都比”“都大”这类全称判断，用统计分布思想直接否定；内能比较要同时看分子动能与分子势能。

5．答案：C

A．由图可知 $t = 0.4\text{s}$ 时电流为正方向最大，电流方向没有发生变化，故 A 错误；

B．由图可知，该交变电流的周期为 $T = 0.4\text{s}$，故 B 错误；

C．由图可知，电流的最大值为 $i_{\max} = 2\text{A}$，角速度为

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi\text{rad/s}$

故该交变电流的表达式为

$i = i_{\max}\cos\omega t = 2\cos 5\pi t\text{A}$

故 C 正确；

D．该交变电流的有效值为

$i = \frac{i_{\max}}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\text{A}$

故 D 错误。

故选 C。

6．答案：D

考点：椭圆轨道近火点与远火点的加速度、速度、机械能比较。

A 项：错误：探测器在火星引力作用下运动，加速度 $a = \frac{GM}{r^2}$，r 为到火星中心的距离。近火点距离火星表面仅 $2.8\times10^2\text{ km}$，远小于远火点的 $5.9\times10^5\text{ km}$，故近火点的加速度比远火点的大。

B 项：错误：由开普勒第二定律（或角动量守恒 $mrv\sin\theta =$ 常量），探测器在近火点运行速度比远火点的大，B 说反。

C 项：错误：探测器沿椭圆轨道运行时只有火星引力做功，机械能守恒，近火点与远火点的机械能一样大，只是动能与引力势能相互转化。

D 项：正确：在近火点，引力大于以该速度做圆周运动所需的向心力（探测器此时速度大于同高度圆轨道的环绕速度），做离心趋势运动。若在近火点点火减速，使速度减小到 $v = \sqrt{GM/r}$，引力恰好提供向心力，即可绕火星做匀速圆周运动，D 正确。

答案：D

说明：椭圆轨道上机械能处处相等；比较速度、加速度只需比较距离；“由椭圆变圆”必须在近（远）火点减速（加速）。

7．答案：C

考点：导体棒在磁场中减速的电磁感应、能量转化分配。

A 项：错误：导体棒速度为 v 时感应电动势 $E = BLv$，电流 $i = \frac{BLv}{R+r}$，安培力 $F = \frac{B^2L^2v}{R+r}$，加速度 $a = \frac{F}{m} = \frac{B^2L^2}{m(R+r)}v$。随 v 减小，a 不断减小，导体棒做加速度逐渐减小的变减速运动，不是匀减速。

B 项：错误：棒 ab 以 v_0 向右运动，磁场竖直向下（图中以 × 表示垂直纸面向里俯视的匀强磁场），由右手定则（或 $\vec{v}\times\vec{B}$ 方向）判断，棒内感应电流方向为 $b\to a$，再经外电路由 a 经 R 流回 b，B 项说棒中电流为 $a\to b$ 错误。

C 项：正确：棒最终停止，初始动能全部转化为电路中的电能（不计摩擦），并在 R 与 r 上按电阻成正比地消耗：$Q_R + Q_r = \frac{1}{2}mv_0^2$。因 R 与 r 串联、电流相同，$\frac{Q_R}{Q_r} = \frac{R}{r}$，故电阻 R 消耗的总电能 $Q_R = \frac{R}{R+r}\cdot\frac{1}{2}mv_0^2$，C 正确。

D 项：错误：只有安培力对棒做功，由动能定理，棒克服安培力做的总功等于动能的减少量 $\frac{1}{2}mv_0^2$，它全部转化为电能，并非“小于”$\frac{1}{2}mv_0^2$。

答案：C

说明：串联电路中发热量按电阻正比分配；克服安培力做的功等于回路中产生的总电能。

8．答案：B

考点：定速巡航时汽车输出功率与路面坡度的关系。

A 项：错误：ab 段为平直上坡路面，坡度不变。汽车匀速率行驶，牵引力 $F = mg\sin\theta + f$（θ 为坡角，f 为阻力），大小恒定，由 $P = Fv$，输出功率保持恒定，不是逐渐减小。

B 项：正确：ab 段牵引力 $F_{ab} = mg\sin\theta + f$，$bc$ 水平段 $F_{bc} = f$，速率相同，由 $P = Fv$ 得 $P_{ab} > P_{bc}$，即 ab 段输出功率比 bc 段大。

C 项：错误：cd 段为平直下坡路面，坡度恒定，重力沿路面向下的分力 $mg\sin\theta$ 不变，牵引力 $F_{cd} = f - mg\sin\theta$（仍为正时）大小恒定，输出功率恒定，不是逐渐减小。

D 项：错误：cd 段重力分力帮助汽车前进，牵引力 $F_{cd} = f - mg\sin\theta < f = F_{bc}$，故 cd 段输出功率比 bc 段小，D 说反。

答案：B

说明：“平直”意味着坡度恒定，各段输出功率为定值；比较功率直接比较牵引力（速率相同）。

9．答案：C

等量异号点电荷的电场关于两电荷连线的中垂线左右对称，也关于两电荷连线上下对称。

A：M、P 到两电荷的距离互换，场强大小相等，A 错误。

B：M、N 关于两电荷连线对称，处于同一等势位置，电势相等，B 错误。

C：M 点的场强经上下反射得到 N 点场强，再经左右反射得到 P 点场强；两次反射后大小、方向均相同，C 正确。

D：M 靠近正电荷，电势为正；P 靠近负电荷，电势为负。电子带负电，电势能 $E_p = -e\varphi$，故电子在 M 点的电势能比在 P 点的小，D 错误。

10．答案：D

考点：圆周运动的向心力与动量定理、圆盘突然停止后物体的运动。

A 项：错误：圆盘停止转动前，小物体随盘做匀速圆周运动，合力必须指向圆心提供向心力；水平方向只有摩擦力，故摩擦力方向指向圆心（沿半径指向转轴），不是沿轨迹切线方向。

B 项：错误：转一圈前后小物体速度大小、方向均复原，动量变化量为零。由动量定理，摩擦力对物体的冲量（摩擦力沿半径方向，其冲量与重力和支持力在竖直方向平衡无关）合成为零，不是 $2m\omega r$。

C 项：错误：圆盘突然停止时，小物体因惯性保持该时刻的线速度方向，即沿轨迹切线方向（垂直于半径的方向）滑出，不是沿半径方向运动。

D 项：正确：圆盘停止后，小物体在盘上滑动最终停止。整个滑动过程中只有滑动摩擦力改变物体动量（重力和支持力平衡，且竖直方向无动量变化）。由动量定理，摩擦力冲量大小 $I = \Delta p = mv_0 - 0 = m\omega r$（$v_0 = \omega r$ 为停止瞬间线速度大小），D 正确。

答案：D

说明：匀速圆周运动的静摩擦力指向圆心；求“全过程冲量”优先用动量定理对初末状态求差，而不是分段积分。

11．答案：D

【考点】闭合电路欧姆定律 $I=\frac{E}{R+r}$，路端电压 $U=E-Ir$；串联分压、并联分流，电功率 $P=UI=I^2R$。

【审题】某同学搬运的磁电式电流表时，发现表针晃动剧烈且不易停止。按照老师建议，该同学在两接线柱间接一根导线后再次搬运，发现表针晃动明显减弱且能很快停止。下列说法正确的是。解题时先画等效电路，再标量程与正方向，最后列方程求解。

【解析】A．未接导线时，表针晃动过程中导线切割磁感线，表内线圈会产生感应电动势，故A错误；

B．未接导线时，未连成闭合回路，没有感应电流，所以不受安培力，故B错误；

CD．接上导线后，表针晃动过程中表内线圈产生感应电动势，根据楞次定律可知，表针晃动减弱是因为表内线圈受到安培力的作用，故C错误D正确。

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】电路题按“总电阻—总电流—路端电压—支路量”链条分析。

【易错提醒】不要把电源电动势与路端电压等同；也不要忽略电表内阻对电路的影响。

12．答案：A

粒子恰好垂直于 y 轴射出磁场，做两速度的垂线交点为圆心 O_1，轨迹如图所示

A．由几何关系可知

$OO_1=a\tan 30^\circ=\frac{\sqrt{3}}{3}a$

$R=\frac{a}{\cos 30^\circ}=\frac{2\sqrt{3}}{3}a$

因圆心的坐标为 $(0,\frac{\sqrt{3}}{3}a)$，则带电粒子在磁场中运动的轨迹方程为

$x^2+(y-\frac{\sqrt{3}}{3}a)^2=\frac{4}{3}a^2$

故 A 正确；

BD．洛伦兹力提供向心力，有

$qvB=m\frac{v^2}{R}$

解得带电粒子在磁场中运动的速率为

$v=\frac{qBR}{m}$

因轨迹圆的半径 R 可求出，但磁感应强度 B 未知，则无法求出带电粒子在磁场中运动的速率，故 BD 错误；

C．带电粒子圆周的圆心角为 $\frac{2}{3}\pi$，而周期为

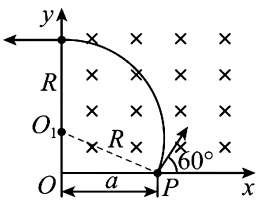
$T=\frac{2\pi R}{v}=\frac{2\pi m}{qB}$

则带电粒子在磁场中运动的时间为

$t=\frac{\frac{2}{3}\pi}{2\pi}T=\frac{2\pi m}{3qB}$

因磁感应强度 B 未知，则运动时间无法求得，故 C 错误；

故选 A。



13．答案：A

考点：胡克定律与牛顿第二定律：弹簧加速度计的刻度标定。

A 项：正确：不挂钢球时指针位于 $20\,\text{cm}$，即弹簧原长对应刻度 $x_0 = 0.20\,\text{m}$；挂钢球静止时指针位于 $40\,\text{cm}$，伸长 $\Delta x_0 = 0.20\,\text{m}$，由平衡条件 $k\Delta x_0 = mg$。当指针位于刻度 x 时，以竖直向上为正方向，由牛顿第二定律 $k(x - x_0) - mg = ma$，得 $a = \frac{g}{0.20}(x - 0.20) - g$。代入 $x = 0.30\,\text{m}$：$a = \frac{g}{0.20} \times 0.10 - g = 0.5g - g = -0.5g$，即 $30\,\text{cm}$ 刻度对应的加速度为 $-0.5g$（方向竖直向下），A 正确。

B 项：错误：代入 $x = 0.40\,\text{m}$：$a = \frac{g}{0.20} \times 0.20 - g = 0$，即 $40\,\text{cm}$ 刻度对应加速度为 0（正是挂球静止的位置），不是 g。

C 项：错误：代入 $x = 0.50\,\text{m}$：$a = \frac{g}{0.20} \times 0.30 - g = 1.5g - g = 0.5g$，即 $50\,\text{cm}$ 刻度对应 $0.5g$，不是 $2g$。

D 项：错误：由 $a = \frac{g}{0.20}x - 2g$，加速度 a 与刻度 x 成线性关系（一次函数），故各刻度对应加速度的值是均匀标定的，D 错误。

答案：A

说明：标定类问题先写“弹力- 重力 $= ma$”的通式再代入各刻度；注意题设“竖直向上为正”。

14．答案：D

A．同步辐射是在磁场中圆周自发辐射光能的过程，氢原子发光是先吸收能量到高能级，在回到基态时辐射光，两者的机理不同，故 A 错误；

B．用同步辐射光照射氢原子，总能量约为 $10^4\,\text{eV}$ 大于电离能 $13.6\,\text{eV}$，则氢原子可以电离，故 B 错误；

C．同步辐射光的波长范围约为 $10^{-5}\,\text{m} \sim 10^{-11}\,\text{m}$，与蛋白质分子的线度约为 $10^{-8}\,\text{m}$ 差不多，故能发生明显的衍射，故 C 错误；

D．以接近光速运动的单个电子能量约为 $10^9\,\text{eV}$，回旋一圈辐射的总能量约为 $10^4\,\text{eV}$，则电子回旋一圈后能量不会明显减小，故 D 正确；

故选 D。

15．答案：（1）31.4
（2）0.44
（3）理由见解析

（1）根据游标卡尺的读数规则有

$3.1\,\text{cm} + 4 \times 0.1\,\text{mm} = 31.4\,\text{mm}$

（2）每隔 4 个点取一个点作为计数点，故两计数点间有 5 个间隔；故两点间的时间间隔为

$T = 5 \times 0.02\,\text{s} = 0.1\,\text{s}$

匀变速直线运动中时间中点的速度等于该过程中的平均速度，则有

$v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = 0.44\,\text{m/s}$

（3）设绳的拉力为 T，小车运动的加速度为 a。对桶和砂，有 $mg - T = ma$；对小车，有 $T = Ma$。得 $T = \frac{M}{M+m}mg$。小车受到细绳的拉力 T 等于小车受到的合力 F，即 $F = \frac{M}{M+m}mg = \frac{1}{1+\frac{m}{M}}mg$。可见，只有桶和砂的总质量 m 比小车质量 M 小得多时，才能认为桶和砂所受的重力 mg 等于使小车做匀加速直线运动的合力 F。

16．答案：（1）6
（2）A，C
（3）5.80
（4）见解析

【考点】欧姆表读数、器材选择、$U-I$ 图像求电阻与灯泡伏安特性。
第（1）空：欧姆表“×1”挡，指针指在 6.0 Ω 刻度，读数 6 Ω。
第（2）空：电源电动势 3.0 V，金属丝约几欧，最大电流约 0.5 A，故电流表选量程 0～0.6 A 的 A；滑动变阻器选最大阻值 10 Ω、额定电流 2 A 的 C，限流接法即可调节且不超过额定电流。
第（3）空：在图2中过数据点作直线，取图线上两点 (0.20, 1.16) 与 (0.45, 2.61)，则
$R=\frac{\Delta U}{\Delta I}=\frac{1.45}{0.25}\approx 5.80\,\Omega$。
第（4）问：闭合开关瞬间灯丝温度低、电阻小，电流迅速增大形成尖峰；通电后灯丝温度升高，金属电阻率增大，电阻增大，电流逐渐减小；当发热与散热平衡时温度稳定，电阻和电流不再变化。

17．答案：（1）0.30 s （2）2.0 m/s （3）0.10 J

【考点】平抛运动、动量守恒与完全非弹性碰撞的能量损失。
【审题】两物块碰后粘在一起做平抛运动：由竖直高度求时间，由水平射程求碰后速度，再由动量守恒求碰前速度，最后算损失机械能。
【解析】第（1）问：$h=\frac{1}{2}gt^2$，得
$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}=\sqrt{\frac{2\times 0.45}{10}}=0.30\,\text{s}$。
第（2）问：碰后水平速度 $v=\frac{s}{t}=\frac{0.30}{0.30}=1.0\,\text{m/s}$。
碰撞过程动量守恒，$mv_0=2mv$，故 $v_0=2v=2.0\,\text{m/s}$。
第（3）问：碰撞损失机械能
$\Delta E=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}(2m)v^2=\frac{1}{2}\times 0.10\times 2.0^2-\frac{1}{2}\times 0.20\times 1.0^2=0.20-0.10=0.10\,\text{J}$。

18．答案：（1）$U=\frac{mv^2}{2q}$ （2）$E=vB$，方向竖直向下 （3）$E_k=qU+qvBd$

第（1）问：加速电压 U：粒子从 S 点由静止出发，在加速器 M 中电场力做功 qU，由动能定理 $qU=\frac{1}{2}mv^2$，解得 $U=\frac{mv^2}{2q}$。
第（2）问：速度选择器的场强大小和方向：粒子沿虚线做匀速直线运动，电场力与洛伦兹力平衡：$qE=qvB$，得 $E=vB$。方向判断：磁场垂直纸面向里，粒子（正电荷）沿虚线水平向右运动，由左手定则，洛伦兹力方向竖直向上，故电场力必须竖直向下；正电荷所受电场力方向与场强方向相同，故 E 的方向竖直向下。
第（3）问：质量 $2m$ 粒子离开时的动能：该粒子仍从 S 由静止释放，经同一加速电压 U 加速，电场力做功仍为 qU（做功只与电压有关），获得动能 $\frac{1}{2}(2m)v'^2=qU$，进入选择器时速度 $v'=\frac{v}{\sqrt{2}}$。在选择器中，其洛伦兹力 $qv'B$ 与电场力不再平衡（电场力 $qE=qvB$ 大于其洛伦兹力 $\frac{qvB}{\sqrt{2}}$），粒子向电场力方向（竖直向下）偏转。整个过程中洛伦兹力始终与速度垂直、不做功，只有电场力做功；粒子沿电场力方向偏离虚线 d，电场力做功 $W_E=qEd=qvBd$。由动能定理：$E_k=qU+qvBd$。（回代核对：$E_k=\frac{1}{2}(2m)v'^2+qvBd=qU+qvBd$，自洽。）
【提示】速度选择器“平衡”条件与粒子电性、质量无关；偏转问题中洛伦兹力永不做功，动能变化只由电场力做功决定。

19．答案：（1）$v_m=\frac{G}{k}$

（2）$E-RI=L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

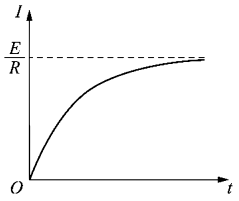
（3）对应关系见解析

【考点】动态平衡、自感现象与能量转化。

（1）物体达到最大速度时加速度为零，$G=kv_m$，故 $v_m=\frac{G}{k}$。

（2）由闭合电路欧姆定律，$E-RI=L\frac{\Delta I}{\Delta t}$。接通瞬间 $I=0$，电流变化率最大；随后 I 增大，自感电动势减小，电流变化率减小，电流趋于 $\frac{E}{R}$。$I-t$ 图线从原点开始，斜率逐渐减小并趋于水平。

（3）情境1的重力势能减少量对应情境2中电源提供的电能；情境1的动能增加量对应情境2中线圈磁场能的增加量；情境1中克服阻力做功消耗的机械能对应情境2中电阻 R 消耗的电能。



20．答案：（1）$T=mg+\frac{mv^2}{l_1}$

（2）A．$\theta_2>\theta_1$（证明见解析）

B．$\Delta E_k\geq\frac{5}{2}mgl_2-mgl_1(1-\cos\theta)$

第（1）问：最低点重力与拉力的合力提供向心力，

$T-mg=\frac{mv^2}{l_1}$，故 $T=mg+\frac{mv^2}{l_1}$。

第（2）问 A：站起前后速度大小均为 v。由机械能守恒，

$mgl_1(1-\cos\theta_1)=\frac{1}{2}mv^2$，

$mgl_2(1-\cos\theta_2)=\frac{1}{2}mv^2$。

两式相等，且 $l_1>l_2$，故 $1-\cos\theta_2>1-\cos\theta_1$，即 $\theta_2>\theta_1$。

第（2）问 B：从最大摆角 θ 摆到最低点，$E_k=mgl_1(1-\cos\theta)$。

站起后摆长为 l_2，要完成完整圆周运动，最高点临界条件

$mg=\frac{mv_{\text{top}}^2}{l_2}$，即 $v_{\text{top}}^2=gl_2$。

由最低点到最高点机械能守恒，

$\frac{1}{2}mv_2^2=\frac{1}{2}mv_{\text{top}}^2+mg\cdot 2l_2$，

得 $\frac{1}{2}mv_2^2=\frac{5}{2}mgl_2$。

故需要的动能为 $\frac{5}{2}mgl_2$，需补充

$\Delta E_k\geq\frac{5}{2}mgl_2-mgl_1(1-\cos\theta)$。