参考答案与详解

2021年6月浙江省普通高校招生选考科目考试 · 物理

本站自编 | 共 22 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** A	**3** C	**4** B	**5** D	**6** D
7 A	**8** B	**9** C	**10** D	**11** C	**12** D
13 C	**14** CD	**15** BCD	**16** AB		

1．答案：D

【考点】电子伏是能量单位，$1\ \text{eV} = 1.60 \times 10^{-19}\ \text{J}$；把 eV 换算成 J，只需乘以电子的电荷量。

【审题】题目给出 1.40×10^{15} eV，四个选项分别是电压、电荷量、功率、能量的单位，只需完成能量单位的换算。

【解析】$E = 1.40 \times 10^{15} \times 1.60 \times 10^{-19}\ \text{J} = 2.24 \times 10^{-4}\ \text{J}$。换算时系数相乘 $1.40 \times 1.60 = 2.24$，指数相加 $15 - 19 = -4$。V 是电压单位，C 是电荷量单位，W 是功率单位，都不能表示能量。

【选项研判】A、B、C 的单位与能量不相符；D 项 2.24×10^{-4} J 与计算结果一致，正确。

【模型提炼】能量换算抓住 $1\ \text{eV} = 1.6 \times 10^{-19}\ \text{J}$，按"系数相乘、指数相加"分段完成。

【易错提醒】不要因为题干出现"射线""能量"就把数值硬套到电压或功率单位上。

2．答案：A

【考点】能否把物体看成质点，取决于它的形状、大小对所研究问题的影响是否可以忽略，与物体本身大小没有必然联系。

【审题】四个选项分别研究猫的行走速度、水珠形状的成因、鸟能否停在树桩上、马能否跨越障碍，要逐个判断形状大小是否影响研究结果。

【解析】研究猫在地板上行走的速度时，猫的体长远小于运动范围，位置可用一个点表示，可视为质点，A 正确。研究水珠形状的成因时，正是要分析球面上各处的受力与运动，球的大小和形状是研究对象本身，不能忽略；研究鸟能否停在树桩上，要看鸟爪与树枝的接触、身体姿态，形状不能忽略；研究马能否跨越障碍物，要比较马的身高体长与障碍高度，形状大小不能忽略。

【选项研判】B、C、D 都把形状大小不可忽略的物体当作质点，错误；A 正确。

【模型提炼】判断质点先问"研究什么问题"，再看"形状大小是否影响这个问题的结论"。

【易错提醒】"体积很小"不是质点的充分条件；涉及转动、形变、姿态的问题，即使物体不大也不能当质点。

3．答案：C

【考点】静电现象的应用——尖端放电与避雷针原理。

【审题】四座钢铁高塔高于发射塔，钢铁是导体且塔尖尖锐；逐个比较各选项所述功能与静电现象的联系。

【解析】雷雨云靠近时，钢铁高塔尖端处电荷面密度大、附近电场强，可使空气电离形成放电通道，把雷电引向高塔自身并经接地装置导入大地，从而保护待发射的火箭，C 正确；高塔不承担探测风力、发射电磁波、测量速度和加速度的功能，A、B、D 均错误。

【选项研判】正确选项为 C。

【模型提炼】避雷针 = 尖端放电：尖端电荷密集→场强极大→空气电离→放电中和，把雷电引向自身。

【易错提醒】避雷针是"引雷入地"，不是把雷电"挡开"；也不要与静电屏蔽（金属网罩内部场强为零）混淆。

4．答案：B

【考点】减速运动中加速度方向与速度方向相反；由牛顿第二定律判断合力方向；悬停时合力为零。平衡力必须作用在同一物体上、大小相等、方向相反、作用在同一直线上。

【审题】题干给出三段过程：打开降落伞前减速、打开降落伞至分离前减速、悬停。需特别注意"打开降落伞至分离前可视为竖直向下运动"。

【解析】打开降落伞前，着陆器在火星大气中仍受火星引力（重力）和气体阻力，A 错。打开降落伞至分离前，着陆器竖直向下做减速运动，加速度方向竖直向上，由牛顿第二定律，合力方向竖直向上，B 对。该阶段除浮力和气体阻力外，重力同样存在且不能忽略，C 错。悬停时发动机喷火的反作用力与重力、气体阻力三者平衡，喷火反作用力与气体阻力大小并不相等，不能称为一对平衡力，D 错。

【选项研判】A、C 漏掉了重力；D 把三个力的平衡误当成两个力；B 正确。

【模型提炼】先由运动情况定加速度方向，再由牛顿第二定律定合力方向，这是动力学问题的基本顺序。

【易错提醒】"悬停"只说明合力为零，并不说明只受两个力；不要把合力方向与速度方向混为一谈。

5．答案：D

【考点】交变电流的有效值按电流的热效应定义：$U=\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2\,\mathrm{d}t}$。正弦式交流电 $U=\frac{U_m}{\sqrt{2}}$，峰值相同的三角波 $U=\frac{U_m}{\sqrt{3}}$。

【审题】两交流电周期相同、最大值相同，区别只在波形：虚线是正弦波，实线是三角波。

【解析】虚线正弦波的有效值 $U_1=\frac{U_m}{\sqrt{2}}=\frac{\sqrt{2}U_m}{2}\approx 0.707U_m$。实线三角波在一个周期内电压随时间线性变化，平方后取平均得 $\overline{u^2}=\frac{U_m^2}{3}$，故有效值 $U=\frac{U_m}{\sqrt{3}}\approx 0.577U_m$，可见 $U<\frac{\sqrt{2}U_m}{2}$。

【选项研判】A 把三角波有效值算成 $\frac{U_m}{2}$，B 把它当成正弦波，C 把不等号方向写反，均错误；D 正确。

【模型提炼】非正弦交流电求有效值按"平方—平均—开方"三步走；峰值相同时，波形越"瘦"，有效值越小。

【易错提醒】不能对所有交流电都用 $U=\frac{U_m}{\sqrt{2}}$，该式只适用于正弦式交流电。

6．答案：D

【考点】静电平衡时导体是等势体，表面是等势面，电场线垂直于导体表面；电场线的疏密表示场强大小，等势线与电场线处处垂直；电场力做功 $W=qU$ 只取决于初末位置的电势差。

【审题】a、b 在同一条实线上，c 在另一条实线上，要判断两种线的含义，再看电荷密度与表面曲率的关系。

【解析】题设要讨论 a 经 c 到 b 电场力做功"一定为零"，只有当 a、b 在同一条等势线上才成立，因此实线表示的是等势面与纸面的截线，与它垂直的虚线才是电场线，A 错。静电平衡时电荷分布在表面，表面越尖锐处电荷密度越大；d 位于导体尖角右侧邻近的凹面，该处表面相对平缓，电荷密度最小，B 错。导体右侧表面各处法线方向不同，电场线方向随之不同，C 错。a、b 电势相等，$U_{ab}=0$，电荷从 a 经 c 到 b 电场力做功 $W=qU_{ab}=0$，D 对。

【选项研判】A、B、C 与静电平衡的规律不符；D 正确。

【模型提炼】先由"同一条线"能否推出"电势相等"判断线的类型，再用"电场线与等势线垂直"还原场的方向。

【易错提醒】电场力做功与路径无关，只与初末位置电势差有关；把弯曲线条当成电场线会使电势高低的判断全部出错。

7．答案：A

秋千摆动过程中，摆角很小，可视为简谐运动，周期 $T=2\pi\sqrt{l/g}$ 与摆球质量无关。两次摆动中摆线长度不变，因此周期不变；摆球质量变化只改变回复力大小，不改变周期，故 A 正确。

8．答案：B

【考点】球面波的能量沿球面均匀分布，离点源 r 处单位面积接收的功率 $S=\frac{P}{4\pi r^2}$。

【审题】已知发射功率和两个临界功率密度，求对应的最远距离，直接由上式解出 r 即可。

【解析】引起神经混乱的最远距离 $r_1=\sqrt{\frac{P}{4\pi S_1}}=\sqrt{\frac{3\times10^7}{4\pi\times250}}\ \text{m}\approx97.7\ \text{m}\approx100\ \text{m}$；引起心肺功能衰竭的最远距离 $r_2=\sqrt{\frac{P}{4\pi S_2}}=\sqrt{\frac{3\times10^7}{4\pi\times1000}}\ \text{m}\approx48.9\ \text{m}\approx50\ \text{m}$。

【选项研判】A 的第二空偏小，C、D 两空都偏大；B 项 100 m、50 m 与计算一致，正确。

【模型提炼】点源球面波按面积平方反比衰减：$S\propto\frac{1}{r^2}$，两个临界距离之比 $r_1:r_2=\sqrt{S_2}:\sqrt{S_1}=2:1$。

【易错提醒】不要漏掉 4π，也不要解出 r^2 就停下，必须开方才是距离。

9．答案：C

【考点】两列频率、振幅相同、传播方向相反的波叠加：到达同一点时同相则振动加强，反相（相差半个周期）则相互抵消，合位移始终为零。

【审题】两手距分叉点长度相同、频率振幅相同、波速相同，两列波会同时到达分叉点，区别只在于两手开始振动时的相位关系。

【解析】甲图分叉点右侧有稳定明显的波形，说明两列波在该点同相叠加，分叉点是振动加强点，A、B 均错。乙图中两列波反相叠加，分叉点处界面上两波的位移等大反向、始终抵消，分叉点近似不动，因此其右侧始终看不到明显波形，C 对。乙图表示的是持续振动后绳子上的稳定状态，而不是"两列波刚传到分叉点"的瞬间，D 错。

【选项研判】A、B 把乙图的表现套到甲图上；D 误读图像的含义；C 正确。

【模型提炼】同频反向传播的两列波相遇，比较"到分叉点的相位差"：同相加强，反相减弱。

【易错提醒】"看不到波形"是两列波相互抵消的结果，不是波没有传到右侧。

10．答案：D

【考点】$v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$，轨道半径越大、环绕速度越小；大气阻力做负功使机械能减小，发动机点火修正轨道时推力做功会改变机械能。

【审题】图中曲线的纵轴是离地高度，横轴是月份，需要区分"平稳下降"与"突然升高"两类变化。

【解析】空间站轨道半径约为 6.79×10^{6} m，由 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ 得 $v\approx7.7$ km/s，A 的 2.0 km/s 明显偏小，B 的 8.0 km/s 与计算结果也不相符。4 月份曲线出现高度突升，说明发动机点火修正了轨道，推力做功，机械能不再守恒，C 错。5 月份曲线平缓下降，任意两小时内高度变化极小，阻力做功可忽略，机械能可视为守恒，D 对。

【选项研判】A、B 由 $v=\sqrt{GM/r}$ 排除；C 忽略了 4 月的轨道修正；D 正确。

【模型提炼】曲线类信息题先分清"缓慢变化"与"突变"：缓慢变化对应连续做功，突变对应发动机点火等外界作用。

【易错提醒】轨道高度下降不一定是失重或"掉下来"，而是阻力持续消耗机械能；修正时机由发动机做功，属于外界对系统做功。

11．答案：C

【考点】把流体提升到高处所需的最小功等于其重力势能的增加量 $W=mgh$，其中 $m=\rho V$。

【审题】每小时输送的体积、提升高度和混凝土密度都已知，只需算出一小时内输送混凝土的质量，再乘以 gh。

【解析】每小时输送混凝土的体积 $V=150$ m^3，质量 $m=\rho V=2.4\times10^{3}\times150$ kg $=3.6\times10^{5}$ kg。提升到 30 m 高处，重力势能增加 $W=mgh=3.6\times10^{5}\times10\times30$ J $=1.08\times10^{8}$ J，这就是每小时泵送系统对混凝土至少做的功。

【选项研判】A 的 1.08×10^{7} J 少了一个数量级，B、D 数值不符；C 正确。

【模型提炼】输送流体的最小功模型：$W=\rho Vgh$，与管径、管路损失无关（题目求"至少"）。

【易错提醒】不要用整备质量 5.4×10^{4} kg 计算，那是整车质量而不是被输送混凝土的质量。

12．答案：D

【考点】反射定律、折射定律 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$，介质中光速 $v=\frac{c}{n}$；光在界面处一部分反射、一部分折射，介质吸收也会使能量减少。

【审题】O、P、Q 是光盘边缘等间隔的三点，它们对应的圆心角都是 120°；a 与 b 夹角 90° 用于求入射角。

【解析】反射光束 b 与入射光束 a 关于法线（O 点半径）对称，二者夹角为 $2i=90^\circ$，得入射角 $i=45^\circ$。光进入光盘后沿弦 OP 传到 P，弦 OP 对应的圆心角为 120°，弦与半径的夹角为 $\frac{180^\circ-120^\circ}{2}=30^\circ$，即折射角 $r=30^\circ$，故 $n=\frac{\sin45^\circ}{\sin30^\circ}=\sqrt{2}$，A 错。光在光盘中的速度 $v=\frac{c}{n}=\frac{\sqrt{2}}{2}c\approx0.71c$，不是 $\frac{2}{3}c$，B 错。光每经过一次界面都有部分反射，塑料本身也吸收能量，b、c、d 的强度之和小于 a 的强度，C 错。从 O 点折射进入光盘的 OP 光束到达 P 时，一部分折射出射形成 c、另一部分反射后经 Q 出射形成 d，因此 c 的强度小于 OP 光束的强度，D 对。

【选项研判】A、B 是几何关系与折射定律的误算；C 忽略了界面损失与吸收；D 正确。

【模型提炼】光盘（圆柱）问题的关键是弦与半径的几何关系：弦所对圆心角为 θ 时，弦与半径夹角为 $\frac{180^\circ-\theta}{2}$。

【易错提醒】入射光线与反射光线夹角是 $2i$ 而不是 i；把 90° 直接代入折射定律会算出错误的折射率。

13．答案：C

由德布罗意波长 $\lambda=\frac{h}{p}$，两粒子动能相同，$p=\sqrt{2mE_k}$，故 $\lambda_e:\lambda_{\text{oil}}=p_{\text{oil}}:p_e=\sqrt{m_{\text{oil}}:m_e}$。

油滴质量 $m_{\text{oil}}\approx\rho\frac{4}{3}\pi r^3=1.0\times10^{3}\times\frac{4}{3}\pi\times(2.0\times10^{-6})^3\approx3.4\times10^{-14}$ kg，

则 $\sqrt{\frac{m_{\text{oil}}}{m_e}}=\sqrt{\frac{3.4\times10^{-14}}{9.11\times10^{-31}}}\approx6\times10^{8}$，数量级为 10^{8}，故 C 正确。

14．答案：CD

【考点】核反应方程的质量数、电荷数守恒；衰变、人工核转变与核聚变的识别；核反应中的质量亏损与能量释放。

【审题】四个方程中，（1）是铀238的α衰变，（2）是钍234的β衰变，（3）是α粒子轰击氮核的反应，（4）是氘核与氚核的聚变，并放出17.6 MeV的能量。

【解析】

（1）（2）两式为自发衰变，反应后系统质量减小，放出能量，A错误。

（1）（2）两式是衰变方程，而（3）式是人工核转变，不是衰变，B错误。

1919年卢瑟福用α粒子轰击氮核，得到氧17和一个质子，这是人类第一次实现原子核的人工转变，C正确。

（4）式是氘氚聚变，利用强激光引发可控核聚变（激光惯性约束聚变）是正在尝试的技术之一，D正确。

【模型提炼】判断核反应类型的关键是看有没有入射粒子：没有入射粒子的是衰变；有入射粒子的是人工核转变；两个轻核结合成较重核的是核聚变；重核分裂成两个中等质量核的是核裂变。

【易错提醒】α衰变的规律是电荷数减2、质量数减4，β衰变是电荷数加1、质量数不变；（3）式左边有入射的α粒子，不能当作衰变处理。

15．答案：BCD

【考点】长直通电导线的磁场与安培定则、磁场的叠加、安培力 $F = ILB$、牛顿第三定律。

【审题】两导线电流方向相同，a中电流 80 A，b中电流 100 A；p点在两导线构成的平面内，到两导线的距离相等。

【解析】

两导线之间的安培力是一对相互作用力，由牛顿第三定律知二者等大反向，$F_a = F_b$，A错误。

导线所在处的磁场由另一根导线产生，电流方向与磁场方向垂直，$F = ILB$ 可以直接使用，B正确。

设两导线到p点的距离均为 d。a在p点上方、电流向左，由安培定则，a在p点处的磁场垂直纸面向外，$B_a = k\frac{80}{d}$；b在p点下方、电流也向左，b在p点处的磁场垂直纸面向里，$B_b = k\frac{100}{d}$。合磁感应强度由b的磁场决定，方向向里。移走b后只剩a的磁场，方向向外，C正确。

在离开两导线平面的空间里，两导线产生磁场的垂直于平面方向的分量同向，不能相互抵消；在平面内两导线外侧，两磁场也同向。因此只有在两导线之间靠近a的一侧存在一个磁感应强度为零的点，离平面有一定距离的有限空间内不存在这样的点，D正确。

【模型提炼】长直导线在距其 r 处的磁感应强度 $B = k\frac{I}{r}$，方向用安培定则判断；多根导线叠加时先分别判断方向，同向相加、反向相减。

【易错提醒】两导线间的安培力由牛顿第三定律保证始终等大，与两根导线电流是否相等无关；“到两导线距离相等”只说明p在连线的中垂线上，a、b在p点产生的磁感应强度大小并不相等。

16．答案：AB

【考点】薄膜干涉的成因（前后两个表面反射光的叠加）、条纹间距与膜厚变化的关系。

【审题】竖直放置的肥皂膜在重力作用下上部薄、下部厚，干涉条纹上宽下窄。

【解析】

若截面是梯形，膜的厚度随高度线性变化，相邻亮（暗）条纹对应的厚度差相同，条纹应等间距；实际条纹上宽下窄，说明厚度随高度变化不均匀，截面一定不是梯形，A正确。

薄膜干涉是同一束光在膜的前后两个表面反射后叠加形成的，B正确。

肥皂膜不断蒸发和排液，厚度逐渐变化，条纹的宽度和间距会随之变化，直至膜破裂，C错误。

把柄向上转动 90° 时，金属环仍处在竖直平面内，重力方向不变，膜仍是上薄下厚，条纹保持水平，不会随把柄转动 90°，D错误。

【模型提炼】薄膜干涉的条纹位置由膜厚决定：厚度相同的点落在同一级条纹上；条纹间距反映膜厚变化的快慢，膜厚均匀变化时条纹等间距。

【易错提醒】薄膜干涉是膜的前后表面反射光叠加，不是光绕过膜的衍射；转动把柄改变的是环的方位，不改变重力作用下“上薄下厚”的分布。

17．答案：（1）①密度大的重物所受空气阻力与重力之比更小
②$|\Delta E_p| \approx 0.547$J，$E_{kC} \approx 0.588$J，选 C
（2）①C ②D

【考点】验证机械能守恒定律：纸带的数据处理，重力势能减少量 mgh 与动能 $\frac{1}{2}mv^2$ 的比较；用双缝干涉测量光的波长：条纹清晰度与条纹间距的调节。

【审题】重物质量 $m = 0.200$ kg，交流电频率 50 Hz，相邻计时点的时间间隔 $T = 0.02$ s；由纸带读出O到C的距离 $h_{OC} = 27.9$ cm，B到D的距离 $x_{BD} = 9.7$ cm。

【解析】

① 体积和形状相同的重物，密度大的质量大、重力大，而空气阻力几乎不变，阻力与重力之比小，阻力的影响小，所以选密度大的重物。

② $|\Delta E_p| = mgh_{OC} = 0.200 \times 9.80 \times 0.279$ J ≈ 0.547 J。

C点的速度用B、D间的平均速度代替：$v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = \frac{0.097}{0.04}$ m/s ≈ 2.43 m/s，

$E_{kC} = \frac{1}{2}mv_C^2 = \frac{1}{2} \times 0.200 \times 2.43^2$ J ≈ 0.588 J。

若接通电源后再释放纸带，O点就是释放点，重物初速度为零，考虑阻力和摩擦，应有 $E_{kC} < |\Delta E_p|$；现在 $E_{kC} > |\Delta E_p|$，说明纸带在接通电源前已被释放，O点之前重物已下落一段距离，O点的速度不为零，故选C。

（2）① 条纹模糊是因为单缝与双缝不平行，应调节拨杆使单缝与双缝平行，选C。

② 由 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$ 可知，要增大条纹间距，应增大双缝到测量头（毛玻璃屏）的距离 L，选D。

【答案】（1）①密度大的重物所受空气阻力与重力之比更小；②$|\Delta E_p| \approx 0.547$ J，$E_{kC} \approx 0.588$ J，选C。（2）①C；②D。

【模型提炼】纸带上某点的速度用相邻两点间的平均速度代替；验证机械能守恒只需比较 mgh 与 $\frac{1}{2}mv^2$；双缝干涉的条纹间距 $\Delta x = \frac{L}{d}\lambda$，各量变化对条纹间距的影响可直接由公式判断。

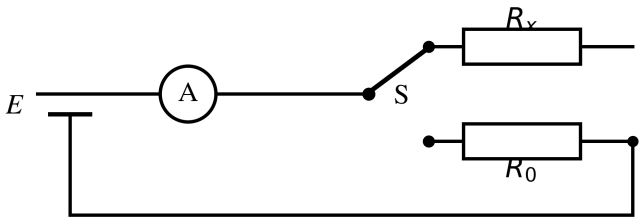
【易错提醒】本实验中开始打下的几个点间距很小甚至重叠，O点不一定等于释放点，动能偏大往往是“先释放纸带后接通电源”造成的；双缝干涉中增大条纹间距要增大屏距或减小双缝间距，不要与单缝、透镜的位置变化混淆。

18．答案：（1）0.34 A；外接法。
（2）①电路图如图所示；②$5\ \Omega$；有；电阻箱的最小分度值与待测电阻比较接近，只能读到整数欧姆，误差较大。

（1）电流表量程为 0.6 A，每小格 0.02 A，读数 $I_1 = 0.34$ A。K 由 1 掷到 2 时，电压表读数由 1.65 V 变为 1.75 V，变化明显，说明电流表分压作用显著，应采用电流表外接法。

（2）①将单刀双掷开关、电流表、电阻箱与待测电阻串联接在电源两端，电路图如答案图。

②两次电流相同，说明两次回路总电阻相同，故 $R_x = R_0 = 5\ \Omega$。电阻箱的最小分度值为 $1\ \Omega$，与待测电阻接近，读数只能取整数，故有明显误差。



19．答案：（1）4 s，2.5×10^3 N；（2）20 s；（3）$5\sqrt{5}$ m/s（约 11.2 m/s）。

（1）$v_1 = 36$ km/h $= 10$ m/s。由 $s = \frac{v_1}{2}t_1$ 得 $t_1 = \frac{2s}{v_1} = \frac{2\times20}{10}$ s $= 4$ s，$a = \frac{v_1}{t_1} = 2.5$ m/s^2，$F_f = ma = 1.0\times10^3\times2.5$ N $= 2.5\times10^3$ N。

（2）队伍全部通过斑马线需 $t_2 = \frac{l+L}{v_0} = \frac{6+6}{0.5}$ s $= 24$ s，故等待时间 $\Delta t = t_2 - t_1 = 20$ s。

（3）$v_2 = 54$ km/h $= 15$ m/s，由 $v^2 - v_2^2 = -2as$ 得 $v = \sqrt{v_2^2 - 2as} = \sqrt{225-100}$ m/s $= 5\sqrt{5}$ m/s ≈ 11.2 m/s。

20．答案：（1）4m/s
（2）$h_{\min}=0.45$m
（3）0.8m

【考点】动能定理、机械能守恒定律、弹性碰撞、圆周运动的临界条件、平抛运动与二次函数求极值。

【审题】滑块与小球等质量且发生弹性碰撞，碰后两者交换速度，小球以滑块到达B点时的速度 v_0 开始运动；小滑块从P点滑到B点的过程中，重力做正功，摩擦力做负功。取 $g=10\ \mathrm{m/s^2}$。

【解析】

（1）从P到B，由动能定理

$mgh-\mu mg\cos 37^\circ\cdot\frac{h}{\sin 37^\circ}=\frac{1}{2}mv_0^2$，

其中 $\mu\cos 37^\circ\cdot\frac{h}{\sin 37^\circ}=\frac{1}{9}h$，故 $v_0^2=\frac{16}{9}gh$，代入 $h=0.9$ m 得 $v_0=4$ m/s。

（2）小球能完成整个运动过程，必须通过最高点E：$mg=m\frac{v_E^2}{R}$，得 $v_E^2=gR=2\ \mathrm{m^2/s^2}$。

BC、CD、DEF均光滑，从B到E机械能守恒，E点比B点高 0.3 m：

$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv_E^2+mg\times 0.3$，得 $v_0^2=8\ \mathrm{m^2/s^2}$。

由 $\frac{16}{9}gh_{\min}=8$ 得 $h_{\min}=0.45$ m。

（3）恰好通过E时 $v_E^2=gR=2\ \mathrm{m^2/s^2}$。从E到F机械能守恒，下降 R：

$v_F^2=v_E^2+2gR=3gR=6\ \mathrm{m^2/s^2}$。

设三棱柱G距地面的高度为 h_G。小球从F竖直向下运动，到G处碰前速度满足

$v^2=v_F^2+2g(0.5-h_G)=16-20h_G$，

与G碰撞后速度方向水平向右、大小不变，随后做平抛运动：

$x=v\sqrt{\frac{2h_G}{g}}$，即 $x^2=(16-20h_G)\times 0.2h_G$。

该式是关于 h_G 的二次函数，$h_G=0.4$ m 时 x^2 最大，$x_{\max}=0.8$ m。

【答案】（1）4 m/s；（2）$h_{\min}=0.45$ m；（3）$x_{\max}=0.8$ m。

【模型提炼】多过程问题先划分阶段，逐段选用动能定理或机械能守恒；“恰好通过最高点”给出临界速度 $v=\sqrt{gR}$；平抛射程的最大值常用 x^2 关于抛出高度的二次函数求极值。

【易错提醒】等质量弹性碰撞交换速度，碰后小球的速度等于滑块碰前的速度，不是它的一部分；平抛的抛出点是G而不是F，抛出高度随G的位置变化，求最大值时不能直接取G在最高处。

21．答案：（1）$Q = 0.5\text{C}$

（2）$\Phi = BS = \frac{kI}{r}\pi a^2 \approx 6.3 \times 10^{-8}\text{Wb}$

（3）$0 \sim 1.0 \times 10^{-3}\text{s}$ 内 $i_R \approx 3.1\text{mA}$，为恒定值；$1.0 \times 10^{-3} \sim 5.0 \times 10^{-3}\text{s}$ 内 $i_R = 0$；$5.0 \times 10^{-3} \sim 6.0 \times 10^{-3}\text{s}$ 内 $i_R \approx 3.1\text{mA}$、方向与前一阶段相反。图像为三段矩形波（正负号由所选正方向与图甲绕向决定）。

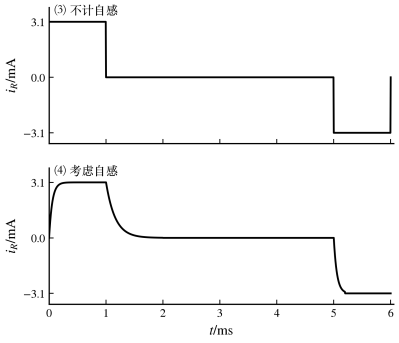
（4）考虑自感时电流不能突变：$t = 1.0 \times 10^{-3}\text{s}$ 与 $t = 5.0 \times 10^{-3}\text{s}$ 处电流按指数规律平滑过渡，峰值略小于 3.1mA，其余与第（3）问相同。

（1）$I - t$ 图线与时间轴围成的面积表示电荷量。由图象可知，上升、下降段各历时 1.0×10^{-3} s，平台段历时 4.0×10^{-3} s，故 $Q = 100 \times (\frac{1}{2} + 4.0 + \frac{1}{2}) \times 10^{-3}$ C $= 0.5$ C。

（2）3.0×10^{-3} s 时 $I = 100$ A，$B = \frac{kI}{r} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 100}{0.1}$ T $= 2.0 \times 10^{-4}$ T。单匝线圈面积 $S = \pi a^2 = 3.14 \times 10^{-4}$ m^2，故 $\Phi = BS \approx 6.3 \times 10^{-8}$ Wb。

（3）上升段 $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 1.0 \times 10^5$ A/s，$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{k}{r}\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0.2$ T/s，$E = N\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = NS\frac{\Delta B}{\Delta t} \approx 0.314$ V，$i_R = \frac{E}{R_0 + R} \approx 3.1 \times 10^{-3}$ A。平台段磁通量不变，$i_R = 0$；下降段磁通量均匀减小，感应电流方向相反、大小仍约为 3.1 mA，故 $i_R - t$ 图象为三段矩形波。

（4）考虑线圈自感，电流不能突变，$t = 1.0 \times 10^{-3}$ s 与 $t = 5.0 \times 10^{-3}$ s 处电流按指数规律平滑过渡，峰值略小于 3.1 mA，其余与第（3）问相同。



22．答案：（1）$v_S=\sqrt{v_0^2-\frac{4eEd}{m}}$

（2）$0<B_0\le\frac{mv_0}{3eL}$

（3）$F=\frac{2}{5}nmv_0$，方向沿 z 轴负方向（与离子喷出方向相反）

【考点】磁感应强度 B 描述磁场强弱，安培力 $F=BIL\sin\theta$，洛伦兹力 $F=qvB\sin\theta$ 且始终垂直于速度。

【解析】（1）离子从 S 到 O 经电场加速，由动能定理

$2eEd=\frac{1}{2}mv_0^2-\frac{1}{2}mv_S^2$

解得

$v_S=\sqrt{v_0^2-\frac{4eEd}{m}}$

（2）离子在磁场中做匀速圆周运动，轨道半径 $R=\frac{mv_0}{2eB}$。不计磁场突变时运动的离子，分两种稳态场考虑：

① 磁场只有沿 x（或 y）方向的分量取最大值 B_0 时，离子从喷口 P 对应边缘的中点射出。设圆心角为 θ，则

$R_1\sin\theta=L$，$R_1(1-\cos\theta)=\frac{L}{2}$

由 $\tan\frac{\theta}{2}=\frac{1}{2}$ 得 $R_1=\frac{5}{4}L$，故

$B_0=\frac{mv_0}{2eR_1}=\frac{2mv_0}{5eL}$

② 磁场在 x 和 y 方向的分量同取最大值时，$B=\sqrt{2}B_0$，离子从喷口 P 的棱边射出，同理有

$R_2\sin\theta=L$，$R_2(1-\cos\theta)=\frac{\sqrt{2}}{2}L$

由 $\tan\frac{\theta}{2}=\frac{\sqrt{2}}{2}$ 得 $R_2=\frac{3\sqrt{2}}{4}L$，故

$B_0=\frac{mv_0}{2\sqrt{2}eR_2}=\frac{mv_0}{3eL}$

两种情形都必须满足，故 $0<B_0\le\frac{mv_0}{3eL}$。

（3）取 $B_0=\frac{\sqrt{2}mv_0}{5eL}$，则 $B=\sqrt{2}B_0=\frac{2mv_0}{5eL}$，轨道半径

$R=\frac{mv_0}{2eB}=\frac{5}{4}L$

离子从 O 到 P 沿 z 方向位移为 L，设出射速度与 z 轴夹角为 θ，则

$\sin\theta=\frac{L}{R}=\frac{4}{5}$，$\cos\theta=\frac{3}{5}$

出射时 $v_z=v_0\cos\theta=\frac{3}{5}v_0$。单位时间内 n 个离子沿 z 方向的动量减少量为

$\Delta p=nm(v_0-\frac{3}{5}v_0)=\frac{2}{5}nmv_0$

由动量定理及牛顿第三定律，离子束对推进器的作用力大小为 $F=\frac{2}{5}nmv_0$，方向沿 z 轴负方向。

【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）$v_S=\sqrt{v_0^2-\frac{4eEd}{m}}$

（2）$0<B_0\le\frac{mv_0}{3eL}$

（3）$F=\frac{2}{5}nmv_0$，方向沿 z 轴负方向（与离子喷出方向相反）

【模型提炼】磁场题按“受力方向—圆心位置—半径—几何关系”建模。

【易错提醒】洛伦兹力不做功；不要用右手定则判断安培力方向。