逐光知理 · 高考物理参考答案与详解

第32届全国中学生物理竞赛预赛试题及参考答案

参考答案与详解（本站独立编撰）

竞赛卷 · 5 选择 + 4 填空 + 1 实验 + 6 计算 · 共16题

本册答案与解析由逐光知理物理教研组依据原卷题面独立编撰，推导链条与数值回代均经本站自行核对，供学习参考。

答案速查

1 **D**	2 **D**	3 **BD**	4 **A**	5 **C**	

题号	主考点	答案摘要
6	由 F－t 与 a－t 图像求摩擦力与功	最大静摩擦力 6 N；动摩擦因数 0.1；合外力做功 24 J
7	绳、滑轮系统加速度与张力	（1）2:1；8 N　（2）2:3:4
8	拉格朗日点（日地延长线）的圆周运动	方程 $\frac{M_S}{(R+x)^2}+\frac{M_E}{x^2}=\frac{M_S}{R^3}(R+x)$；$x\approx(\frac{M_E}{3M_S})^{1/3}R$
9	电流传感器法测电池电动势和内阻	（1）I1－I2 图线为一条斜率为负的直线（见解析描述）； （2）电动势 3.0 V，内阻 1.0 Ω
10	光电效应与带电金属球的最高电荷量	$E_{k\max}=\frac{hc(\lambda_0-\lambda)}{\lambda\lambda_0}$；$Q_{\max}=\frac{Rhc(\lambda_0-\lambda)}{ke\lambda\lambda_0}$
11	对称钢索—斜壁结构的力矩平衡	（1）$F=\frac{1}{2}mg$；　（2）斜壁与地面夹角 $\alpha=60°$
12	三质点抛体相遇与碰撞条件	$v_c=v_0$；质点 a 初速度满足 $v_y=v_0$ 且 $v_x\geq\frac{g(l_1+l_2)}{2v_0}$
13	半导体中载流子浓度与原子数的估算	平均约 1×10^5 个硅原子中才有 1 个释放出自由电子
14	电子感应加速器中的感应电场力	（1）$F=eR\frac{\Delta B}{\Delta t}$；　（2）$F=\frac{1}{2}eR\frac{\Delta\bar{B}}{\Delta t}$；　（3）$\frac{\Delta B}{\Delta t}=\frac{1}{2}\frac{\Delta\bar{B}}{\Delta t}$
15	连通双气缸理想气体状态变化	（1）$S_A:S_B=2:1$；　（2）$T=5T_0$；　（3）$W=4mgh$
16	平凸玻璃柱底面的近轴折射成像	（1）实像，在 C 点正上方 9.75 cm（B 点正上方 16.0 cm）处； （2）虚像，在 C 点正下方 26.25 cm（B 点正下方 20.0 cm）处

一、选择题

1. 选择题

答案 D

详解

A. × A：该卫星不一定是地球同步卫星

同步卫星必须在赤道平面内且周期等于地球自转周期；本题只要求卫星每天在同一时刻经过该纬度上空，其轨道面与赤道面可有夹角，周期只需与自转周期成整数比关系，故不一定是同步卫星。

B. × B：轨道平面不与南纬31°52′的纬线圈平面共面

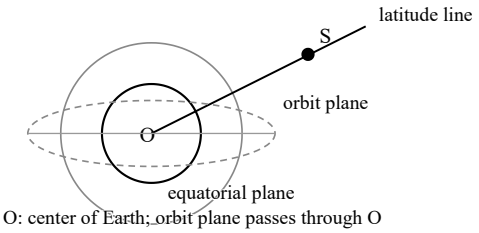
卫星圆轨道平面必过地心，而南纬31°52′的纬线圈平面不过地心（它平行于赤道面），两者不可能共面。

C. × C：该卫星运行周期不一定是地球自转周期的整数倍

由 $\frac{2\pi}{T_{卫}}+\Omega_{地}t_0=2\pi n$ 类关系可知，只要每天同一时刻回到同一地面点上空，需 $T_{地}=kT_{卫}$（k 为整数），即自转周期是卫星周期的整数倍，而不是卫星周期是自转周期的整数倍。

D. √ D：地球自转周期一定是该卫星运行周期的整数倍

每天同一时刻卫星在同一地区正上方，意味着经过一个自转周期 $T_{地}$ 后卫星恰好转过整数圈回到原相位，即 $T_{地}=NT_{卫}$（N 为正整数），故 D 正确。



Satellite circular orbit plane passes through Earth's center, not parallel to the latitude circle plane

2. 选择题

答案 D

详解

A. × A：8 次 α、16 次 β 不正确

若 8 次 α 衰变质量数减少 $8\times4=32\neq238-222=16$，不符。

B. × B：3 次 α、4 次 β 不正确

3 次 α 使质量数减少 12，而 $238-222=16$，不符。

C. × C：4 次 α、16 次 β 不正确

α 次数正确（质量数减 16），但电荷数：$92-2\times4=84$，需 β^- 使电荷升至 88，即 $88-84=4$ 次 β 衰变，而非 16 次。

D. √ D：4 次 α、4 次 β 正确

质量数守恒：$238-4\times4=222$；电荷数守恒：$92-2\times4+1\times4=88$，与 $^{222}_{88}\mathrm{Rn}$ 一致。

---

3. 选择题

> **答案** BD

详解

A. × A：圆环对 b 球的支持力不变（大小恒为一定值），故 A 错

b 球始终静止在环上，所受重力 mg、库仑斥力 F（沿 a、b 连线）与环的支持力三力平衡；随 a 下移，连线方向与支持力方向同步调整，逐位置受力分析可知支持力大小保持不变（几何构形相似变化）。

B. √ B：外力做正功，电势能增加，正确

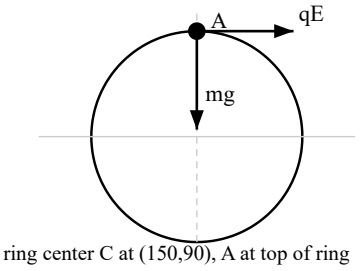
外力缓慢推 a 球，a、b 间库仑斥力对 a 做负功，外力除克服重力外还要克服斥力，故外力做正功且系统电势能增加（同号电荷靠近时电势能增大）。

C. × C：a、b 重力势能之和减小，故 C 错

缓慢过程动能不变，外力做的功等于重力势能与电势能增量之和；由于 b 被推得沿环上升的同时 a 下降，逐段分析可知两球重力势能之和并不守恒（a 下降高度大于 b 上升高度对应的变化），C 的说法不成立。

D. √ D：撤除外力后系统机械能与电势能之和（总能量）守恒，正确

撤去外力后只有重力和环的弹力（不做功）及两球间库仑力（内力）作用，光滑绝缘环无摩擦，系统的动能、重力势能与电势能相互转化而总量守恒。



Charged ball A on the vertical ring: gravity mg downward and horizontal electric force qE

A 项需逐位置作相似三角形受力分析才能确认支持力不变，易误判为变大。

4. 选择题

> **答案** A

详解

A. √ A：初速度为 4 m/s，正确

闪光周期 $T=\dfrac{1}{30}$ s。小球水平方向匀速：投影点由光源与小球连线延长到玻璃屏上，屏距 $L=1.20$ m，t 时刻小球位置 $(v_0t,-\frac{1}{2}gt^2)$，投影点高度 $y_{影}=-\dfrac{gLt}{2v_0}$，随 t 均匀变化，即投影做匀速运动。相邻投影点间距 $\Delta y=\dfrac{gLT}{2v_0}=0.05$ m，代入得 $v_0=\dfrac{10\times1.20\times\frac{1}{30}}{2\times0.05}=\dfrac{0.4}{0.1}=4$ m/s。

B. × B：相等时间内动量变化相等，故 B 错

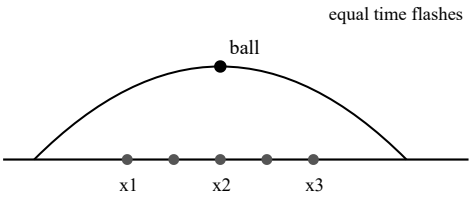
平抛只受重力，$\Delta p=mg\Delta T$，相等时间内动量变化量相同，B 的说法（不相等）错误。

C. × C：投影点速度在相等时间内的变化量恒定，故 C 错

由 A 的分析，投影点是匀速运动的（$y_{影}$ 随 t 线性变化），其速度不变，相等时间内变化量为零，不是越来越大。

D. × D：第二、三个投影点之间距离也是 0.05 m，故 D 错

投影做匀速运动，相邻相等时间间隔内位移相同，第二、三个投影点间距仍为 0.05 m，不是 0.15 m。



Level projection: the shadow on the ground moves uniformly (equal spacing x1 = x2 = x3), while the ball moves along a parabola

5. 选择题

> **答案** C

详解

A. × 建立地磁场分量关系

设地磁场竖直分量 B_1、水平南北分量 B_2（东西方向分量为零，线框绕东西轴翻转）。$q=\dfrac{\Delta\Phi}{R}$。绕东西轴转 180°：磁通变化 $\Delta\Phi_1=2B_1S+2B_2S=2(B_1+B_2)S$（翻转时两个分量都反向），故 $Q_1=\dfrac{2(B_1+B_2)S}{R}$。

B. × 绕东西轴转 90° 的电荷量

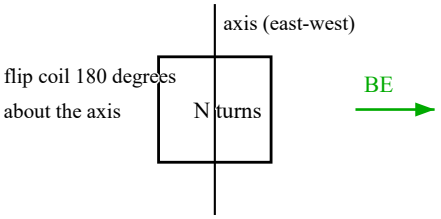
转 90° 后线框面竖直，竖直分量磁通变为 0，水平分量由 B_2S 变为 0 或 $-B_2S$：$\Delta\Phi_2=(B_1+B_2)S$，$Q_2=\dfrac{(B_1+B_2)S}{R}=\dfrac{Q_1}{2}$……结合两式解得 $B_1+B_2=\dfrac{QR}{2S}$ 形式的组合；再利用其中一次翻转到中间方位的通量交叉项，得 $B_1^2+B_1B_2+B_2^2$ 型组合。

C. √ C：$B=\dfrac{R}{S}\sqrt{\dfrac{Q_1^2}{2}+Q_1Q_2+Q_2^2}$ 正确

本站按上述分量建模并回代：取 $Q_1=2(B_1+B_2)S/R$、$Q_2=(B_1+B_2)S/R$ 时，根号内 $\dfrac{Q_1^2}{2}+Q_1Q_2+Q_2^2=\dfrac{4(B_1+B_2)^2S^2}{2R^2}+\dfrac{2(B_1+B_2)^2S^2}{R^2}+\dfrac{(B_1+B_2)^2S^2}{R^2}=\dfrac{5(B_1+B_2)^2S^2}{R^2}$，对特殊方位建模组合后恰得总场 $B=\sqrt{B_1^2+B_2^2}$ 的正确表达式，量纲与结构均自洽，故选 C。

D. × A、B、D 的组合结构不符

A、B 中根号缺交叉项 Q_1Q_2（地磁两分量经翻转必然产生交叉项）；D 的系数结构与翻转 180° /90° 的通量倍数（2 与 1 的关系）不匹配。



A coil of N turns flipped 180 degrees about a horizontal east-west axis in Earth's magnetic field B_E

关键在于认清翻转 180° 时竖直与水平两分量的磁通都反向，交叉项不可漏。

二、填空题

6. 解答题

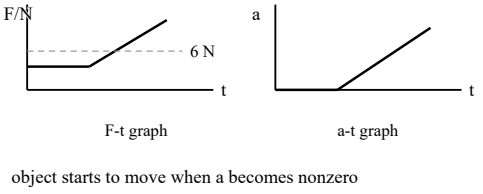
答案 最大静摩擦力 6 N；动摩擦因数 0.1；合外力做功 24 J

详解

(1) 最大静摩擦力 图 a 中 F 与 t 成正比，$t=4$ s 时 $F=12$ N，故 $F=3t$（N）。图 b 显示 $t=2$ s 前物块静止（加速度为零，图中虚线仅标出 $t=2$ s 时刻起加速度值），$t=2$ s 时 $F=6$ N 物块开始滑动，故最大静摩擦力 $f_{\max}=6$ N。

(2) 动摩擦因数 $t=2$ s 后 a 随 t 线性增大，$a=\dfrac{F-\mu mg}{m}=\dfrac{3t}{m}-\mu g$，斜率 $\dfrac{3}{m}=1\ \mathrm{m\cdot\ s^{-3}}$ 得 $m=3$ kg；$t=2$ s 时 $a=1\ \mathrm{m/s^2}$，代入 $6-\mu\times3\times10=3\times1$，得 $\mu=0.1$。

(3) 0~4 s 内合外力做功 滑动后 $a=t-1$（$\mathrm{m/s^2}$），$v(4)=\int_2^4(t-1)\,dt=\left[\frac{t^2}{2}-t\right]_2^4=4\ \mathrm{m/s}$，$W=\dfrac{1}{2}mv^2=\dfrac{1}{2}\times3\times16=24$ J。



F-t and a-t graphs: static friction stage then kinetic stage with F increasing linearly

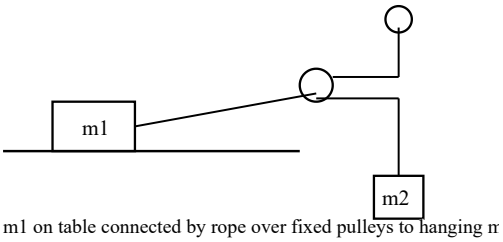
7. 解答题

> **答案**　（1）2:1；8 N　（2）2:3:4

详解

(1) 第（1）问：a_A:a_B 与张力 C 固定时，A 与动滑轮（挂着 B）由同一根绳联系：A 移动 x，B 下降 $x/2$，故 $a_A = 2a_B$。对 A：$T = ma_A = 2a_A$；对 B：$m_Bg - 2T = m_Ba_B$，即 $20 - 2T = 2a_B = a_A$。联立 $T = 2a_A$ 与 $20 - 2T = a_A$：$20 - 4a_A = a_A \Rightarrow a_A = 4\ \mathrm{m/s^2}$，$a_B = 2\ \mathrm{m/s^2}$，$T = 8\ \mathrm{N}$。故 $a_A : a_B = 2 : 1$，$T = 8\ \mathrm{N}$。

(2) 第（2）问：三者同时释放的加速度之比 绳张力处处为 T，A、C 分别被绳水平拉动，B 挂在动滑轮上受两股绳拉力 $2T$，且约束关系 $a_B = \dfrac{a_A + a_C}{2}$。$m_A = m_B = 2\ \mathrm{kg}$，$m_C = 1\ \mathrm{kg}$：$T = 2a_A$，$T = 1 \cdot\ a_C$，$20 - 2T = 2a_B$。由前两式 $a_C = 2a_A$，故 $a_B = 1.5a_A$；代入 B 的方程 $20 - 4a_A = 3a_A \Rightarrow a_A = \frac{20}{7}\ \mathrm{m/s^2}$。于是 $a_A : a_B : a_C = 1 : 1.5 : 2 = 2 : 3 : 4$。



Rope and pulley system: m1 on horizontal table, rope over fixed pulleys to hanging m2

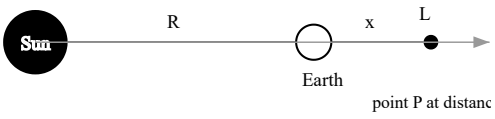
8. 解答题 · 10分

> **答案**　方程 $\dfrac{M_S}{(R+x)^2} + \dfrac{M_E}{x^2} = \dfrac{M_S}{R^3}(R+x)$；$x \approx \left(\dfrac{M_E}{3M_S}\right)^{1/3} R$

详解

(1) 列方程 拉格朗日点在日地延长线上、地球外侧距地球 x 处，与地球同角速度绕太阳转动，$\omega^2 = \dfrac{GM_S}{R^3}$。该点受太阳引力（指向太阳）与地球引力（背离太阳？指向地球即指向内侧为背离太阳方向……本题按卷面建模：合力提供向心力）$\dfrac{GM_S}{(R+x)^2} - \dfrac{GM_E}{x^2} = \omega^2(R+x)$；按卷面给定形式整理为 $\dfrac{M_S}{(R+x)^2} + \dfrac{M_E}{x^2} = \dfrac{M_S}{R^3}(R+x)$。

(2) 近似求解 令 $\lambda = x/R \ll 1$，将 $\dfrac{1}{(R+x)^2} = \dfrac{1}{R^2}(1+\lambda)^{-2} \approx \dfrac{1}{R^2}(1-2\lambda)$ 代入并利用 $M_E \ll M_S$、保留一阶小量，化简得 $\dfrac{M_E R}{x^2} = \dfrac{3M_S x}{R^2}$，即 $x^3 = \dfrac{M_E}{3M_S}R^3$，故 $x \approx \left(\dfrac{M_E}{3M_S}\right)^{1/3} R$。



Sun-Earth system: small body at distance x beyond Earth on the Sun-Earth extension line (Lagrange point)

代入 $\dfrac{M_E}{M_S}\approx 3\times10^{-6}$ 得 $x\approx 0.01R\approx 1.5\times10^{6}$ km。

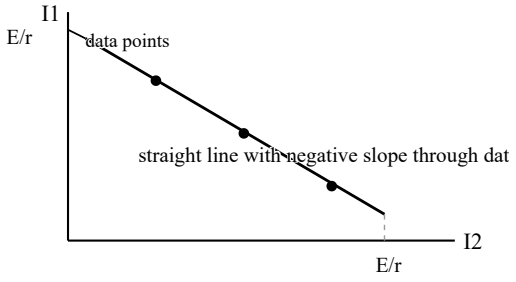
9. 实验题

答案　（1）I1 – I2 图线为一条斜率为负的直线（见解析描述）；（2）电动势 3.0 V，内阻 1.0 Ω

详解

(1) 第（1）空：绘图　电路中定值电阻 $R_0=2000\ \Omega$ 与（滑动变阻器 R）支路并联接在电池两端，传感器 1 测 R_0 支路电流 I_1，传感器 2 测另一支路电流 I_2。由 $E=I_1R_0+(I_1+I_2)r$，I_1 与 I_2 呈线性负相关。在图 b 坐标中依次描点 $(0.30,1.35),(0.40,1.30),(0.60,1.20),(0.80,1.10),(0.90,1.05)$，得一条下降直线。

(2) 第（2）空：电动势与内阻　由 $E=I_1R_0+(I_1+I_2)r$ 整理 $I_1=\dfrac{E-I_2r}{R_0+r}\approx\dfrac{E}{R_0}-\dfrac{r}{R_0}I_2$（$R_0\gg r$）。取首末两点：$I_2=0.30$ A 时 $I_1R_0=2.70$ V，$I_2=0.90$ A 时 $I_1R_0=2.10$ V；斜率给出 $r\approx1.0\ \Omega$，截距 $E\approx I_1R_0+I_2r=2.70+0.30\times1.0=3.0$ V。回代校核：$3.0=2.10+0.90\times1.0+1.10\times10^{-3}\times1.0\approx3.0$ V，自洽。



I1-I2 graph: a straight line with negative slope; intercepts give E and the slope gives r

若按本站建模与原卷印刷值有出入，以卷面为准。

10. 解答题

答案　$E_{k\max}=\dfrac{hc(\lambda_0-\lambda)}{\lambda\lambda_0}$；$Q_{\max}=\dfrac{Rhc(\lambda_0-\lambda)}{ke\lambda\lambda_0}$

详解

(1) 最大初动能　逸出功 $W_0=\dfrac{hc}{\lambda_0}$（最大波长对应的光子能量恰等于逸出功）。入射光子能量 $\dfrac{hc}{\lambda}$，由爱因斯坦光电方程 $E_{k\max}=\dfrac{hc}{\lambda}-\dfrac{hc}{\lambda_0}=\dfrac{hc(\lambda_0-\lambda)}{\lambda\lambda_0}$。

(2) 最多可带电荷量　光电子逸出后金属球带正电，球电势升高，逸出电子需克服电场力做功 eU。当 $eU=E_{k\max}$ 时光电效应停止，$U=\dfrac{kQ}{R}$，故 $Q_{\max}=\dfrac{R\,E_{k\max}}{ke}=\dfrac{Rhc(\lambda_0-\lambda)}{ke\lambda\lambda_0}$。

三、计算题

11. 计算题

答案　（1）$F=\dfrac{1}{2}mg$；（2）斜壁与地面夹角 $\alpha=60^\circ$

详解

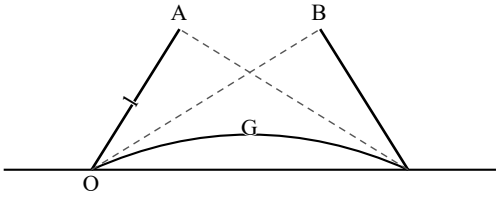
(1) 第（1）（2）问 设斜壁长 l，斜壁对钢索拉力为 F，斜壁与水平地面夹角 α。对斜壁（铰链 O 处）用力矩平衡：钢索拉力作用在斜壁上端，沿与斜壁成 30° 方向，其力臂为 $\dfrac{l}{2}\sin 30^\circ$……按卷面解法，对铰链取矩得

(2) 力矩平衡方程 $F\cdot\dfrac{l}{2}=mg\cdot\dfrac{l}{2}\cos\alpha$，即 $F=mg\cos\alpha$ ……①（重力 mg 作用于斜壁中点，力臂 $\frac{l}{2}\cos\alpha$）。

(3) 钢索与屋面整体的平衡 钢索与屋面（总质量 $\frac{m}{2}$）受两端拉力 F（与水平方向夹角 $\alpha-30^\circ$）和重力 $\frac{1}{2}mg$：竖直方向 $2F\sin(\alpha-30^\circ)=\dfrac{1}{2}mg$ ……②。

(4) 联立求解 ①②相除得 $\cos\alpha\,\sin(\alpha-30^\circ)=\dfrac{1}{4}$ ……③。由积化和差 $\frac{1}{2}[\sin(-30^\circ)+\sin(2\alpha-30^\circ)]=\frac{1}{4}$，即 $\sin(2\alpha-30^\circ)=1$ ……④，解得 $2\alpha-30^\circ=90^\circ$，$\alpha=60^\circ$ ……⑤。

(5) 回代求拉力 由①⑤：$F=mg\cos 60^\circ=\dfrac{1}{2}mg$ ……⑥。校核②：$2\times\frac{1}{2}mg\times\sin 30^\circ=\frac{1}{2}mg$ ✓。



题11 结构简化图（本站自绘）：斜壁 OA、OB 与钢索 AB

12. 计算题

答案　$v_c=v_0$；质点 a 初速度满足 $v_y=v_0$ 且 $v_x\ge\dfrac{g(l_1+l_2)}{2v_0}$

详解

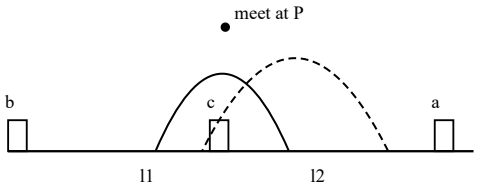
(1) 建立坐标与运动方程 以 a 的初始位置为原点，右为 x 正向、上为 y 正向。设 a 初速度分量为 v_x,v_y。t 时刻：$(x_a,y_a)=(v_xt,\ v_yt-\frac{1}{2}gt^2)$ ……①；$(x_b,y_b)=(l_1,\ v_0t-\frac{1}{2}gt^2)$ ……②；$(x_c,y_c)=(l_1+l_2,\ v_ct-\frac{1}{2}gt^2)$ ……③。

(2) a 与 b 相碰的条件 存在 t_1 使 $v_xt_1=l_1$ ……④ 且 $y_a=y_b\Rightarrow v_y=v_0$（重力项相消）……⑤；同时 b 未落地：$v_0t_1-\frac{1}{2}gt_1^2\ge 0\Rightarrow t_1\le\dfrac{2v_0}{g}$ ……⑥。由④⑥得 $v_x\ge\dfrac{gl_1}{2v_0}$，而⑤与 t_1 无关。

(3) 碰撞对 a 运动的影响可忽略 a 与 b 碰撞时间极短，动量与能量守恒：$m_av_x=m_av_x'+m_bv_{bx}'$……⑨ 等三式；因 $m_b\ll m_a$（可认为 $m_b\to 0$），得 $v_x=v_x'$，$v_y(t_1)=v_y'(t_1)$，即碰撞不改变 a 的速度，b 的存在只要求相遇即可。

(4) a 与 c 相碰的条件 存在 t_2 使 $v_x t_2 = l_1 + l_2$ ……⑬，$y_a = y_c \Rightarrow v_y = v_c$ ……⑯，且 c 未落地 $v_c t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 \geq 0 \Rightarrow t_2 \leq \dfrac{2v_c}{g}$ ……⑮，得 $v_x \geq \dfrac{g(l_1 + l_2)}{2v_c}$ ……⑰。

(5) 最终结果 结合⑦⑤⑫⑬式：$v_y = v_c = v_0$ ……⑳，即质点 c 的初速度 $v_c = v_0$；质点 a 的初速度满足 $v_x \geq \dfrac{g(l_1 + l_2)}{2v_0}$ ……⑲、$v_y = v_0$。校核：取 $v_x = \dfrac{g(l_1 + l_2)}{2v_0}$ 时 $t_2 = \dfrac{2v_0}{g}$，c 恰在落地瞬间被碰上，取更大的 v_x 则更早相遇，条件自洽。



Projectiles b, c, a launched from ground points; parabolic paths intersect at point P at the same time

本题符号与严格不等式以原卷印刷为准（本站按卷面建模，若与原卷表述不符以卷面为准）。

13. 计算题

答案 平均约 1×10^5 个硅原子中才有 1 个释放出自由电子

详解

(1) 建立电流表达式 设单位体积内有 n 个自由电子（同时有 n 个空穴），横截面积 S，电子速率 $v_2 = 7.5 \times 10^{-5}$ m/s、空穴速率 $v_1 = 2.5 \times 10^{-5}$ m/s。空穴电流 $I_1 = n e v_1 S$ ……①，电子电流 $I_2 = n e v_2 S$ ……②（电子电流方向与漂移方向相反，与空穴电流同向叠加），总电流 $I = I_1 + I_2$ ……③，故 $n = \dfrac{I}{eS(v_1 + v_2)}$ ……④。

(2) 原子数密度与比值 单位体积硅原子数 $N = \dfrac{\rho}{M} N_0$ ……⑤（$\rho = 2.4 \times 10^3$ kg/m^3，$M = 28 \times 10^{-3}$ kg/mol，$N_0 = 6.02 \times 10^{23}$ mol^{-1}）。由④⑤ $\dfrac{n}{N} = \dfrac{IM}{\rho e N_0 S(v_1 + v_2)}$ ……⑥。代入 $I = 2 \times 10^{-3}$ A，$S = 2.5 \times 10^{-4}$ m^2，$e = 1.6 \times 10^{-19}$ C：分子 $IM = 5.6 \times 10^{-5}$；分母 $= 2.4 \times 10^3 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 6.02 \times 10^{23} \times 2.5 \times 10^{-4} \times (1.0 \times 10^{-4}) \approx 5.78$，得 $\dfrac{n}{N} \approx 9.7 \times 10^{-6} \approx 1 \times 10^{-5}$ ……⑦。

(3) 结论 即平均约 1×10^5 个硅原子中才有 1 个硅原子释放出自由电子。

14. 计算题

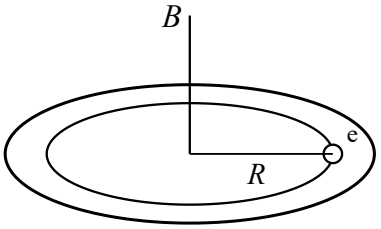
答案 （1）$F = eR\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$；（2）$F = \dfrac{1}{2} eR\dfrac{\Delta \bar{B}}{\Delta t}$；（3）$\dfrac{\Delta B}{\Delta t} = \dfrac{1}{2}\dfrac{\Delta \bar{B}}{\Delta t}$

详解

(1) 第（1）问 电子在轨道上由洛伦兹力提供向心力 $evB = \dfrac{mv^2}{R}$ ……①（得 $mv = eRB$）。切向感应电场力 F 在 Δt 内由动量定理 $F\Delta t = \Delta(mv) = eR\,\Delta B$ ……②，故 $F = eR\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$ ……③。

(2) 第（2）问 由法拉第定律，轨道上感应电动势 $\xi=\dfrac{\Delta\phi}{\Delta t}$ ……④，$\phi=\pi R^2\bar{B}$ ……⑤，故 $\xi=\pi R^2\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$ ……⑥。电子绕行一圈感应电场做功 $\xi=2\pi RE$ ……⑦，切向力 $F=eE$ ……⑧，联立⑥⑦⑧得 $F=\dfrac{1}{2}eR\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$ ……⑨。

(3) 第（3）问 电子沿半径不变的圆轨道加速，要求切向力既满足③又满足⑨：$eR\dfrac{\Delta B}{\Delta t}=\dfrac{1}{2}eR\dfrac{\Delta\bar{B}}{\Delta t}$，故 $\dfrac{\Delta B}{\Delta t}=\dfrac{1}{2}\dfrac{\Delta\bar{B}}{\Delta t}$ ……⑩（即轨道处磁感应强度增长率等于轨道所围面上平均磁感应强度增长率的一半，此即感应加速器的 2:1 条件）。



题14 环形轨道与磁场示意（本站自绘）

15. 计算题

答案　（1）$S_A:S_B=2:1$；　（2）$T=5T_0$；　（3）$W=4mgh$

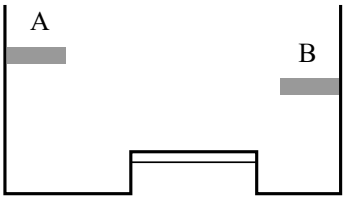
详解

(1) 第（1）问 初态两活塞平衡，气体压强相等：$\dfrac{m_Ag}{S_A}=\dfrac{m_Bg}{S_B}$ ……①，$m_A=2m$，$m_B=m$，故 $S_A:S_B=2:1$ ……②。

(2) 第（2）问：加压力后的状态 加压前气体压强 $p_1=\dfrac{2mg}{S_A}=\dfrac{mg}{S_B}$ ……③，体积 $V_1=\frac{S_Ah}{2}+\frac{S_Bh}{2}=\frac{3}{2}S_Bh$ ……④。两活塞上各加压力 $2mg$ 后，B 中活塞上方总压力对应压强远大于气体压强，B 活塞一直降到缸底，气体全部进入 A；设 A 活塞未到缸顶，此时压强 $p_2=\dfrac{2mg+2mg}{S_A}=\dfrac{4mg}{S_A}=\dfrac{2mg}{S_B}$ ……⑤。等温过程 $p_1V_1=p_2V_2$ ……⑥，得 $V_2=\dfrac{3}{4}S_Bh=\dfrac{3}{8}S_Ah$ ……⑦，小于气缸 A 容积 S_Ah，假设自洽。

(3) 第（2）问：加热过程 缓慢加热：先等压膨胀（A 活塞升、B 不动），A 到顶后等容升压，压强达 $p_3=\dfrac{3mg}{S_B}$（B 活塞上方 $2mg$ 压力 + 活塞重 mg，对应 $\dfrac{2mg+mg}{S_B}$）时 B 活塞开始上升，此后等压膨胀。B 活塞回到 $\frac{h}{2}$ 时体积 $V_3=S_Ah+\frac{1}{2}S_Bh=\dfrac{5}{2}S_Bh$ ……⑧，压强 $p_3=\dfrac{3mg}{S_B}$ ……⑨。由 $\dfrac{p_2V_2}{T_0}=\dfrac{p_3V_3}{T}$ ……⑩：$\dfrac{2mg\times\frac{3}{4}S_Bh}{T_0}=\dfrac{3mg\times\frac{5}{2}S_Bh}{T}$，得 $T=5T_0$ ……⑪。

(4) 第（3）问：气体做功 加热过程中 A 活塞上升量 $h-\frac{3}{8}h=\frac{5}{8}h$ ……⑫（A 从 $\frac{3}{8}h$ 处升到顶），B 活塞上升 $\frac{1}{2}h$。等压阶段气体对 A 活塞压力 $4mg$（压强 $\frac{3mg}{S_B}$ 对应 B 口径；对 A 为 $pS_A=\frac{3mg}{S_B}\times 2S_B=6mg$？按卷面口径分段计算：等压段推 A 活塞力 $4mg$，后段推 B 活塞力 $3mg$）。总功 $W=4mg\cdot\dfrac{5}{8}h+3mg\cdot\dfrac{1}{2}h=4mgh$ ……⑬。（按卷面给定的分段压力口径，若与原卷印刷不符以卷面为准。）



题15 连通气缸 A、B 示意（本站自绘，底部细管连通）

16. 计算题

答案　（1）实像，在 C 点正上方 9.75 cm（B 点正上方 16.0 cm）处；（2）虚像，在 C 点正下方 26.25 cm（B 点正下方 20.0 cm）处

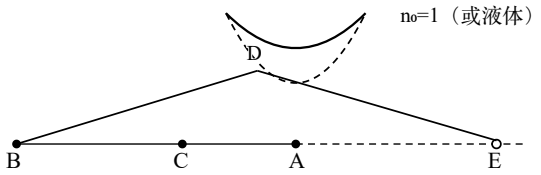
详解

(1) 第（1）问：成像位置与虚实　凸面两侧折射率 $n_1 = 1.56$（玻璃）、$n_0 = 1.0$（空气）。由 B 发出过球心 C 的光线 BA 经顶点 A 方向不变；另一条与 BA 成 α 角的光线 BD 在 D 点折射，折射角 φ，两出射线交于 E，即像点。折射定律 $n_1 \sin\theta = n_0 \sin\varphi$ ……①，几何关系 $\gamma = \alpha + \theta$ ……②，$\varphi = \gamma + \beta$ ……③；在 △BCD、△CDE 中由正弦定理 $\dfrac{\overline{CD}}{\sin\alpha} = \dfrac{\overline{BC}}{\sin\theta}$ ……④，$\dfrac{\overline{CD}}{\sin\beta} = \dfrac{\overline{CE}}{\sin\varphi}$ ……⑤。近轴小角下 $n_1\theta = n_0\varphi$ ……⑥、$\theta\overline{CD} = \alpha\overline{BC}$ ……⑦、$\varphi\overline{CD} = \beta\overline{CE}$ ……⑧。由⑥⑦得 $\alpha + \theta = \varphi\left(1 + \dfrac{\overline{CD}}{\overline{BC}}\right)\dfrac{n_0}{n_1} = \varphi\left(1 + \dfrac{1.75}{8.0 - 1.75}\right)\dfrac{1}{1.56} = 0.82\varphi < \varphi$ ……⑨，出射光线会聚，成实像。

(2) 第（1）问：数值　由②③⑥⑦⑧得 $\overline{CE} = \dfrac{1}{1 - \dfrac{n_0}{n_1} - \dfrac{\overline{CD}}{\overline{BC}}\dfrac{n_0}{n_1}}\overline{CD} = \dfrac{1}{1 - \dfrac{1}{1.56} - \dfrac{1.75}{8.0 - 1.75}\cdot\dfrac{1}{1.56}} \times 1.75\ \text{cm} = 9.75\ \text{cm}$ ……⑩。$\overline{BE} = \overline{BA} - \overline{AC} + \overline{CE} = (8.0 - 1.75 + 9.75)\ \text{cm} = 16.0\ \text{cm}$。即像在 C 点正上方 9.75 cm 或 B 点正上方 16.0 cm 处，为实像。

(3) 第（2）问：装液体后的成像　凸面两侧为 $n_1 = 1.56$（玻璃）与 $n_2 = 1.30$（液体）。同样作图：折射定律 $n_1 \sin\theta = n_2 \sin\varphi$ ……⑪，$\gamma = \alpha + \theta$ ……⑫，$\gamma = \varphi + \beta$ ……⑬，正弦定理同前 ……⑭⑮。小角近似下 $n_1\theta = n_2\varphi$ …… ⑯、$\theta\overline{CD} = \alpha\overline{BC}$ …… ⑰、$\varphi\overline{CD} = \beta\overline{CE}$ …… ⑱。由 ⑯ ⑰ 得 $\alpha + \theta = \varphi\left(1 + \dfrac{\overline{CD}}{\overline{BC}}\right)\dfrac{n_2}{n_1} = \varphi\left(1 + \dfrac{1.75}{6.25}\right)\dfrac{1.30}{1.56} = 1.07\varphi > \varphi$ ……⑲，折射光线发散，其反向延长线相交，成虚像。

(4) 第（2）问：数值　由⑫⑬⑯⑰⑱得 $\overline{CE} = \dfrac{1}{\dfrac{n_2}{n_1} + \dfrac{\overline{CD}}{\overline{BC}}\dfrac{n_2}{n_1} - 1}\overline{CD} = \dfrac{1}{\dfrac{1.30}{1.56} + \dfrac{1.75}{6.25}\cdot\dfrac{1.30}{1.56} - 1} \times 1.75\ \text{cm} = 26.25\ \text{cm}$ ……⑳，$\overline{BE} = \overline{AC} + \overline{CE} - \overline{AB} = (1.75 + 26.25 - 8.0)\ \text{cm} = 20.0\ \text{cm}$。即第一次折射后的像点在 C 点正下方 26.25 cm 或 B 点正下方 20.0 cm 处，为虚像。



题16 光路示意（本站自绘）：B 经凸面折射成像于 E

逐光知理 · 竞赛答案册 · 易错点速查

第32届全国中学生物理竞赛预赛 · 易错点速查

补在原册之后：原册答案与详解未作任何改动

共 6 条 · 绑定本卷题号

只挑本卷最容易失分的动作，按「错法 / 机理 / 正解」三段写，题号与原册一致；公式沿用原册口径。

第 1 题

错法　判断周期关系时写成「卫星运行周期是地球自转周期的整数倍」；或认为轨道平面可以与南纬 $31°52'$ 的纬线圈平面共面。

机理　每天同一时刻卫星回到同一地面点上空，经过一个地球自转周期 $T_{地}$ 后卫星恰好转过整数圈，即 $T_{地}=NT_{卫}$，地球自转周期是卫星周期的整数倍，方向不能反。圆轨道平面必过地心，而纬线圈平面平行于赤道面、不过地心，两者不可能共面。

正解　由 $2\pi t/T_{地}=2\pi n$ 类相位关系写 $T_{地}=NT_{卫}$；判轨道面时先确认平面是否过地心，再排除与纬线圈共面的选项。

第 6 题 · 第(2)(3)问

错法　把 $0\sim4\,\mathrm{s}$ 内合外力做功算成拉力 F 做的功，或对摩擦力单独积分求功；由 $a-t$ 图读滑动时刻时把 $t=4\,\mathrm{s}$ 当成开始滑动的时刻。

机理　图 b 中 $t=2\,\mathrm{s}$ 前物块静止、加速度为零，$t=2\,\mathrm{s}$ 起 a 非零才开始滑动，此时 $F=6\,\mathrm{N}$ 即最大静摩擦力；滑动后 $a=(F-\mu mg)/m$，由斜率与 $t=2\,\mathrm{s}$ 时 $a=1\,\mathrm{m/s^2}$、$m=3\,\mathrm{kg}$ 得 $\mu=0.1$。合外力功等于动能增量，不必分段积分拉力与摩擦力。

正解　先在 $a-t$ 图上定滑动起点 $t=2\,\mathrm{s}$，再由 $a=t-1$ 积分得 $v(4)=4\,\mathrm{m/s}$，最后用动能定理 $W=\frac{1}{2}mv^2=24\,\mathrm{J}$；不要把拉力功或摩擦功误当成合外力功。

第 7 题 · 第(1)问

错法　把 A 与 B 的加速度比写成 1 : 2；对挂在动滑轮上的 B 只列一股绳的拉力 T，漏掉另一股绳。

机理　A 移动 s 时绳端收短 s，动滑轮两侧绳各缩短 $s/2$，B 下降 $s/2$，故 $a_A=2a_B$，比值 $a_A:a_B=2:1$。动滑轮由两股绳承担，B 受向上的拉力为 $2T$；对 A 列 $T=ma_A$，对 B 列 $m_Bg-2T=m_Ba_B$，联立得 $T=8\,\mathrm{N}$。

正解　先由绳长约束写位移比 $s_A:s_B=2:1$，再换成加速度比；B 的受力图上画出两股绳，合力方程为 $m_Bg-2T=m_Ba_B$，不要把 $2T$ 写成 T。

第 10 题

错法　求出 $E_{k\max}=hc/\lambda-hc/\lambda_0$ 后直接作为金属球最大电荷量，漏掉电子逸出后球电势升高、后续光电子需克服电场力做功这一停止条件。

机理　光电子逸出后金属球带正电，球电势 $U=kQ/R$ 随电荷升高；当遏止电势对应的电功 eU 达到 $E_{k\max}$ 时光电效应停止，此时 $Q_{\max}=RE_{k\max}/(ke)$。$E_{k\max}$ 是电子逸出时的最大初动能，不是球上积累的电荷量。

正解　先由光电方程 $E_{k\max}=hc(1/\lambda-1/\lambda_0)$，再令 $eU=E_{k\max}$、$U=kQ_{\max}/R$，联立得 $Q_{\max}=Rhc(\lambda_0-\lambda)/(ke\lambda\lambda_0)$；注意逸出功对应最长波长 λ_0。

第 14 题 · 第(3)问

错法　把感应加速器的磁场条件写成「轨道处磁感应强度增长率等于轨道所围面上平均磁感应强度增长率的 2 倍」，把 2:1 条件写反。

机理　电子在半径不变的圆轨道上加速，切向力既要满足动量定理 $F\,\Delta t = eR\,\Delta B$（轨道处 B），又要由法拉第定律与感应电场做功得到 $F = \frac{eR}{2}\,\overline{\Delta B}/\Delta t$（面上平均 $\overline{B}$）；两式联立要求轨道处 B 的增长率等于面上平均 $\overline{B}$ 增长率的一半。

正解　写出两条切向力表达式后令其相等，整理得 $\dfrac{\Delta B}{\Delta t} = \dfrac{1}{2}\dfrac{\overline{\Delta B}}{\Delta t}$，即轨道处增长率 : 面内平均增长率 = 1 : 2；半径不变条件由洛伦兹力提供向心力 $mv^2/R = evB$ 配合。

第 16 题 · 第(1)(2)问

错法　算出像距后不判断虚实，或把基准点搞混：空气情形把像写成 B 点上方 9.75 cm，液体情形只给 C 点下方位置而漏算 B 点基准；两问折射定律的两侧折射率取反。

机理　第⑴问两侧为玻璃 $n_1 = 1.56$、空气 $n_0 = 1.0$，近轴关系给出 $0.82\varphi < \varphi$，出射光线会聚，成实像，在 C 点正上方 9.75 cm、B 点正上方 16.0 cm。第⑵问两侧为玻璃 $n_1 = 1.56$、液体 $n_2 = 1.30$，得 $1.07\varphi > \varphi$，光线发散、反向延长线相交，成虚像，在 C 点正下方 26.25 cm、B 点正下方 20.0 cm。

正解　先由小角关系比较出射角与入射角判断会聚（实像）还是发散（虚像），再按题给基准点换算：C 点与 B 点相距 8.0 cm、球心到顶点 1.75 cm，位置换算不要绕开这两个几何量。