

第 29 届全国中学生物理竞赛预赛试卷

1~5		6		7		8		总分
9		10		11		12		
13		14		15		16		

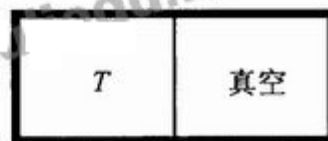
本卷共 16 题，满分 200 分。

得分	阅卷	复核	

一、选择题. 本题共 5 小题, 每小题 6 分. 在每小题给出的 4 个选项中, 有的小题只有一项符合题意, 有的小题有多项符合题意. 把符合题意的选项前面的英文字母写在每小题后面的方括号内. 全部选对的得 6 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错或不答的得 0 分.

1. 下列说法中正确的是

- A. 水在 0°C 时密度最大.
- B. 一个绝热容器中盛有气体, 假设把气体中分子速率很大的如大于 v_A 的分子全部取走, 则气体的温度会下降, 此后气体中不再存在速率大于 v_A 的分子.
- C. 杜瓦瓶的器壁是由两层玻璃制成的, 两层玻璃之间抽成真空, 抽成真空的主要作用是既可降低热传导, 又可降低热辐射.
- D. 图示为一绝热容器, 中间有一隔板, 隔板左边盛有温度为 T 的理想气体, 右边为真空. 现抽掉隔板, 则气体的最终温度仍为 T . []



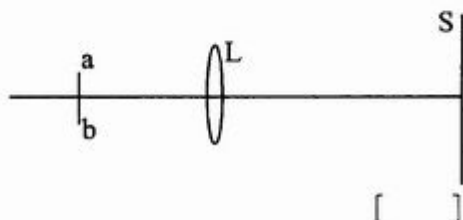
2. 如图, 一半径为 R 电荷量为 Q 的带电金属球, 球心位置 O 固定, P 为球外一点. 几位同学在讨论 P 点的场强时, 有下列一些说法, 其中哪些说法是正确的?

- A. 若 P 点无限靠近球表面, 因为球表面带电, 根据库仑定律可推知, P 点的场强趋于无穷大.
- B. 因为在球内场强处处为 0, 若 P 点无限靠近球表面, 则 P 点的场强趋于 0.
- C. 若 Q 不变, P 点的位置也不变, 而令 R 变小, 则 P 点的场强不变.
- D. 若保持 Q 不变, 而令 R 变大, 同时始终保持 P 点极靠近球表面处, 则 P 点的场强不变. []

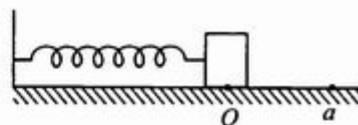


3. 图中 L 为一薄凸透镜, ab 为一发光圆面, 二者共轴, S 为与 L 平行放置的屏, 已知这时 ab 可在屏上成清晰的像. 现将透镜切除一半, 只保留主轴以上的一半透镜, 这时 ab 在 S 上的像

- A. 尺寸不变, 亮度不变.
- B. 尺寸不变, 亮度降低.
- C. 只剩半个圆, 亮度不变.
- D. 只剩半个圆, 亮度降低. []

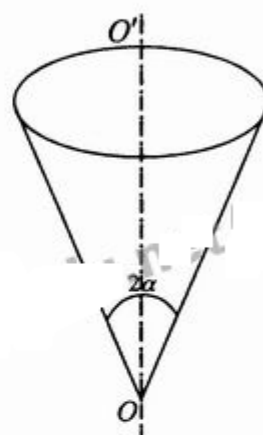


4. 一轻质弹簧，一端固定在墙上，另一端连一小物块，小物块放在摩擦系数为 μ 的水平面上，弹簧处在自然状态，小物块位于 O 处。现用手将小物块向右移到 a 处，然后从静止释放小物块，发现小物块开始向左移动。



- A. 小物块可能停在 O 点。
 B. 小物块停止以后所受的摩擦力必不为0。
 C. 小物块无论停在 O 点的左边还是右边，停前所受的摩擦力的方向和停后所受摩擦力的方向两者既可能相同，也可能相反。
 D. 小物块在通过 O 点后向右运动直到最远处的过程中，速度的大小总是减小；小物块在由右边最远处回到 O 点的过程中，速度的大小总是增大。 []

5. 如图所示，一内壁光滑的圆锥面，轴线 OO' 是竖直的，顶点 O 在下方，锥角为 2α ，若有两个相同的小珠（均视为质点）在圆锥的内壁上沿不同的圆轨道运动，则有：



- A. 它们的动能相同。
 B. 它们运动的周期相同。
 C. 锥壁对它们的支撑力相同。
 D. 它们的动能与势能之比相同，设 O 点为势能零点。 []

二、填空题和作图题。把答案填在题中的横线上或把图画在题中指定的地方。只要给出结果，不需写出求得结果的过程。

得分	阅卷	复核

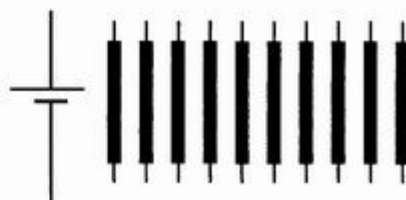
6. (6分) 铀 $^{238}_{92}\text{U}$ 是放射性元素，若衰变时依次放出 α ， β ， β ， α ， α ， α ， α ， β ， β ， α ， β ， β ， α 粒子，最终形成稳定的核 ^X_YPb ，则其中 $X = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $Y = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

得分	阅卷	复核

7. (10分) 在寒冷地区，为了防止汽车挡风玻璃窗结霜，可用通电电阻加热。图示为10根阻值皆为 3Ω 的电阻条，和一个内阻为 0.5Ω 的直流电源，现在要使整

个电路中电阻条上消耗的功率最大，

- i. 应选用_____根电阻条。
 ii. 在图中画出电路连线。

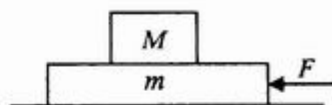


得分	阅卷	复核

8. (10分) 已知:光子有质量,但无静止质量,在重力场中也有重力势能.若从地面上某处将一束频率为 ν 的光射向其正上方相距为 d 的空间站, d 远小于地球半径,令空间站接收到的光的频率为 ν' ,则差 $\nu' - \nu =$ _____,已知地球表面附近的重力加速度为 g .

得分	阅卷	复核

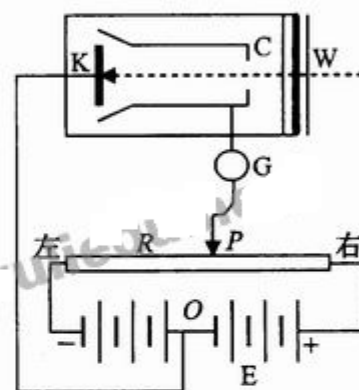
9. (10分) 图中所示两物块叠放在一起,下面物块位于光滑水平桌面上,其质量为 m ,上面物块的质量为 M ,两物块之间的静摩擦系数为 μ .现从静止出发对下面物



块施以随时间 t 变化的水平推力 $F = \gamma t$, γ 为一常量,则从力开始作用到两物块刚发生相对运动所经过的时间等于 _____,此时物块的速度等于 _____.

得分	阅卷	复核

10. (16分) 图中 K 是密封在真空玻璃管内的金属电极,它受光照射后能释放出电子; W 是可以透光的窗口,光线通过它可照射到电极 K 上; C 是密封在真空玻璃管内圆筒形的收集电极,它能收集 K 所发出的光电子.



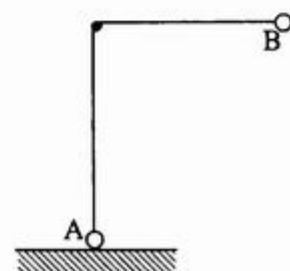
R 是接在电池组 E (电压足够高) 两端的滑动变阻器,电极 K 通过导线与串联电池组的中心端 O 连接; G 是用于测量光电流的电流计.已知当某一特定频率的单色光通过窗口照射电极 K 时,能产生光电子.当滑动变阻器的滑动接头处在某一点 P 时,可以测到光电流,当滑动头向右移动时, G 的示数增大,使滑动头继续缓慢向右不断移动时,电流计 G 的示数变化情况是: _____ .当滑动变阻器的滑动接头从 P 点缓慢向左不断移动时,电流计 G 的示数变化情况是: _____ .

若测得用频率为 ν_1 的单色光照射电极 K 时的遏止电压为 V_1 ,频率为 ν_2 的单色光照射电极时的遏止电压为 V_2 ,已知电子的电荷量为 e ,则普朗克常量 $h =$ _____,金属电极 K 的逸出功 $W_0 =$ _____.

三、计算题. 计算题的解答应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤,只写出最后结果的不能得分.有数值计算的,答案中必须明确写出数值和单位.

得分	阅卷	复核

11. (18分) 如图所示,一根跨越一固定的水平光滑细杆的柔软、不可伸长的轻绳,两端各系一个质量相等的小球 A 和 B ,球 A 刚好接触地面,球 B 被拉到与细杆同样高度的水平位置,当球 B 到细杆的距离为 l 时,绳刚好拉直.在绳被拉直时释放球 B ,使球 B 从静止开始向下摆动.求球 A 刚要离开地面时球 B 与其初始位置的高度差.



得分	阅卷	复核

12. (20分)一段横截面积 $S = 1.0\text{mm}^2$ 的铜导线接入直流电路中,当流经该导线的电流 $I = 1.0\text{A}$ 时,该段铜导线中自由电子定向运动的平均速度 u 为多大? 已知,每个铜原子有一个“自由电子”,每个电子的电荷量 $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$;铜的密度 $\rho = 8.9\text{g/cm}^3$,铜的摩尔质量 $\mu = 64\text{g/mol}$. 阿伏伽德罗常量 $N_0 = 6.02 \times 10^{23}\text{mol}^{-1}$.

得分	阅卷	复核

13. (20分) 电荷量分别为 q 和 Q 的两个带异号电荷的小球 A 和 B (均可视为点电荷), 质量分别为 m 和 M . 初始时刻, B 的速度为 0, A 在 B 的右方, 且与 B 相距 l_0 , A 具有向右的初速度 v_0 , 并且还受到一向右的作用力 f 使其保持匀速运动, 某一时刻, 两球之间可以达到一最大距离.

- i. 求此最大距离.
- ii. 求从开始到两球间距离达到最大的过程中 f 所做的功.

得分	阅卷	复核

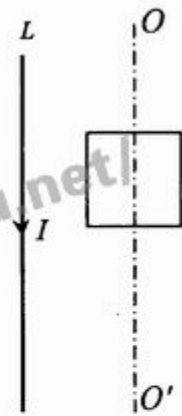
14. (20分) 由双原子分子构成的气体, 当温度升高时, 一部分双原子分子会分解成两个单原子分子, 温度越高, 被分解的双原子分子的比例越大, 于是整个气体可视为由单原子分子构成的气体与由双原子分子构成的气体的混合气体. 这种混合气体的每一种成分气体都可视为理想气体. 在体积 $V = 0.045\text{m}^3$ 的坚固的容器中, 盛有一定质量的碘蒸气, 现于不同温度下测得容器中蒸气的压强如下:

T/K	1073	1473
p/Pa	2.099×10^5	4.120×10^5

试求温度分别为 1073K 和 1473K 时该碘蒸气中单原子分子碘蒸气的质量与碘的总质量之比值. 已知碘蒸气的总质量与一个摩尔的双原子碘分子的质量相同, 普适气体常量 $R = 8.31\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

得分	阅卷	复核

15. (20分) 图中 L 是一根通电长直导线，导线中的电流为 I 。一电阻为 R 、每边长为 $2a$ 的导线方框，其中两条边与 L 平行，可绕过其中心并与长直导线平行的轴线 OO' 转动，轴线与长直导线相距 b ， $b > a$ ，初始时刻，导线框与直导线共面。现使线框以恒定的角速度 ω 转动，求线框中的感应电流的大小。不计导线框的自感。已知电流 I 的长直导线在距导线 r 处的磁感应强度大小为 $k \frac{I}{r}$ ，其中 k 为常量。



『物理教研』网首发 <http://www.123456.net/>

得分	阅卷	复核

16. (20分) 一质量为 $m = 3000\text{kg}$ 的人造卫星在离地面的高度为 $H = 180\text{km}$ 的高空绕地球作圆周运动, 那里的重力加速度 $g = 9.3\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$. 由于受到空气阻力的作用, 在一年时间内, 人造卫星的高度要下降 $\Delta H = 0.50\text{km}$. 已知物体在密度为 ρ 的流体中以速度 v 运动时受到的阻力 F 可表示为 $F = \frac{1}{2}\rho ACv^2$, 式中 A 是物体的最大横截面积, C 是拖曳系数, 与物体的形状有关. 当卫星在高空中运行时, 可以认为卫星的拖曳系数 $C = 1$, 取卫星的最大横截面积 $A = 6.0\text{m}^2$. 已知地球的半径为 $R_0 = 6400\text{km}$. 试由以上数据估算卫星所处的大气密度.

『物理教研』网首发

第 29 届全国中学生物理竞赛预赛试卷

参考解答与评分标准

一、选择题.

答案:

1. D 2. C 3. B 4. AC 5. CD

评分标准:

本题共 5 小题, 每小题 6 分. 每一小题中, 全部选对的得 6 分, 选对但不全的得 3 分, 有选错或不答的得 0 分.

二、填空题和作图题.

答案与评分标准:

6. (共 6 分) 82 (3 分) 206 (3 分)

7. (共 10 分) i. 6 (7 分)

ii. 如图 (3 分)

8. $-\frac{gd}{c^2}v$ (10 分)

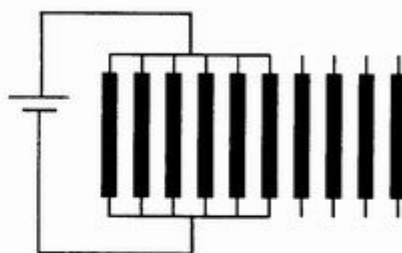
9. (共 10 分) $\frac{(M+m)\mu g}{\gamma}$ (5 分)

$$\frac{\mu^2 g^2 (M+m)}{2\gamma} \quad (5 \text{ 分})$$

10. (共 16 分) 逐渐增大, 最后趋向一恒定值. (4 分)

逐渐减小, 最后变到零. (4 分)

$$e \frac{V_1 - V_2}{v_1 - v_2} \quad (4 \text{ 分}) \quad \frac{V_1 v_2 - V_2 v_1}{v_1 - v_2} e \quad (4 \text{ 分})$$



三、计算题.

11. 参考解答:

设球 A 刚要离地面时联结球 B 的绳与其初始位置的夹角为 θ , 如图所示, 这时球 B 的速度为 v , 绳对球 B 的拉力为 T , 根据牛顿定律和能量守恒, 有

$$T - mg \sin \theta = m \frac{v^2}{l} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g l \sin \theta \quad (2)$$

当 A 球刚要离开地面时, 有

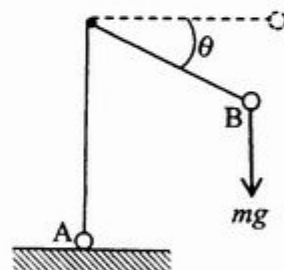
$$T = mg \quad (3)$$

以 h 表示所求的高度差, 则有

$$h = l \sin \theta \quad (4)$$

由 (1)、(2)、(3)、(4) 四式得

$$h = \frac{1}{3} l \quad (5)$$



评分标准: 本题共 18 分.

(1)、(2) 式各 6 分, (3)、(5) 式各 3 分.

12. 参考解答:

设单位体积中自由电子数为 n , 则有

$$\frac{I}{S} = nqu \quad (1)$$

而

$$n = \frac{\rho}{\mu} N_0 \quad (2)$$

由以上两式得

$$u = \frac{\mu I}{\rho q S N_0} \quad (3)$$

代入已知数据得

$$u = 7.5 \times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4)$$

评分标准: 本题 20 分.

(1) 式 6 分, (2) 式 8 分, (3) 式 2 分, (4) 式 4 分.

13. 参考解答:

解法一

i. 由于 A 球始终以恒定的速度 v_0 运动, 故随 A 球一起运动的参考系 S' 为惯性系.

在参考系 S' 中, 因 A 球静止, 故作用于 A 球的外力 f 不做功, A、B 两球构成的系统的能量守恒. 当两球间的距离为 l_0 时, B 球以初速度 v_0 向左运动, 随着 B 球远离 A 球, 其动能在库仑力作用下逐渐变小, 两球的静电势能增大, 当 B 球动能减少到 0 时, A、B 间距达到最大值 l_M . 由能量守恒定律有

$$-k \frac{Qq}{l_M} = \frac{1}{2} M v_0^2 - k \frac{Qq}{l_0} \quad (1)$$

解得

$$l_M = \frac{2kQql_0}{2kQq - Mv_0^2} \quad (2)$$

ii. 为了计算变力 f 作的功, 应回到初始时 B 球相对它静止的参考系 S 来考察问题. 相对 S 系, 当两球间的距离为 l_0 时, A 球的速度为 v_0 , B 球的速度为 0; 当两球的速度相等时, 两球间距离达到最大值 l_M , 由功能关系, 在这过程中, 变力 f 的功

$$W = \left[\frac{1}{2} (M+m) v_0^2 - k \frac{Qq}{l_M} \right] - \left[\frac{1}{2} m v_0^2 - k \frac{Qq}{l_0} \right] \quad (3)$$

由 (2)、(3) 两式得

$$W = Mv_0^2 \quad (4)$$

解法二

在开始时 B 球相对它静止的参考系 S 中来考察问题. 初始时, A 球的速度为 v_0 , B 球的速度为 0, 当两球间距离达到最大值 l_M 时, 两球的速度相等, 都是 v_0 , 根据动量定理和功能关系有

$$J = (m+M)v_0 - mv_0 \quad (1)$$

$$W = \frac{1}{2} (m+M) v_0^2 - k \frac{qQ}{l_M} - \left(\frac{1}{2} m v_0^2 - k \frac{qQ}{l_0} \right) \quad (2)$$

式中 J 和 W 分别是在所考察过程中变力 f 的冲量和功。在所考察过程中某一时间间隔 Δt_i 内, f_i 的冲量为 $\Delta J_i = f_i \Delta t_i$, 在所考察的过程中, f 的总冲量

$$J = \sum_i \Delta J_i = \sum_i f_i \Delta t_i \quad (3)$$

在 Δt_i 时间内, A 球的位移 $\Delta s_i = v_0 \Delta t_i$, 力 f_i 做的功为 $\Delta W_i = f_i \Delta s_i = f_i v_0 \Delta t_i$, 在所考察的过程中, f 的总功

$$W = \sum_i \Delta W_i = \sum_i f_i v_0 \Delta t_i \quad (4)$$

由以上四式得

$$k \frac{Qq}{l_M} = -\frac{1}{2} M v_0^2 + k \frac{Qq}{l_0} \quad (5)$$

由 (5) 式得

$$l_M = \frac{2kQql_0}{2kQq - Mv_0^2} \quad (6)$$

把 (6) 式代入 (2) 式得

$$W = Mv_0^2 \quad (7)$$

评分标准: 本题 20 分.

解法一

(2)、(4) 式各 10 分.

解法二

(6)、(7) 式各 10 分.

14. 参考解答:

以 m 表示碘蒸气的总质量, m_1 表示蒸气的温度为 T 时单原子分子的碘蒸气的质量, μ_1 、 μ_2 分别表示单原子分子碘蒸气和双原子分子碘蒸气的摩尔质量, p_1 、 p_2 分别表示容器中单原子分子碘蒸气和双原子分子碘蒸气的分压强, 则由理想气体的状态方程有

$$p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT \quad (1)$$

$$p_2 V = \frac{m - m_1}{\mu_2} RT \quad (2)$$

其中, R 为理想气体常量.

根据道尔顿分压定律, 容器中碘蒸气的总压强 p 满足关系式

$$p = p_1 + p_2 \quad (3)$$

设

$$\alpha = \frac{m_1}{m} \quad (4)$$

为单原子分子碘蒸气的质量与碘蒸气的总质量的比值, 注意到

$$\mu_1 = \frac{1}{2} \mu_2 \quad (5)$$

由以上各式解得

$$\alpha = \frac{\mu_2 V}{mR} \frac{p}{T} - 1 \quad (6)$$

代入有关数据可得, 当温度为 1073K 时,

$$\alpha = 0.06 \quad (7)$$

当温度为 1473K 时,

$$\alpha = 0.51 \quad (8)$$

评分标准: 本题 20 分.

(1)、(2)、(3)、(6) 式各 4 分, (7)、(8) 式各 2 分.

15. 参考解答:

当线框绕转轴转过 $\theta = \omega t$ 的角度时, 其位置如图 1 所示, 俯视图如图 2 所示.

当线框以角速度 ω 绕 OO' 转动时, 线框与轴线平行的两条边的速度都是 v , 且

$$v = a\omega \quad (1)$$

L 中的电流产生的磁场在这两条边所在处的磁感应强度分别为

$$B = k \frac{I}{r} \quad (2)$$

和

$$B' = k \frac{I}{r'} \quad (3)$$

式中 r 和 r' 分别为这两条边到 L 的距离. 线框的两条边的速度 v 的方向与 B 和 B' 的方向间的夹角分别为 α 和 α' . 由电磁感应定律, 线框的感应电动势为

$$\mathcal{E} = 2Bavs\sin\alpha + 2B'av\sin\alpha' \quad (4)$$

注意到

$$\frac{\sin\theta}{r} = \frac{\sin(\pi - \alpha)}{b} = \frac{\sin\alpha}{b} \quad (5)$$

$$\frac{\sin\theta}{r'} = \frac{\sin(\pi - \alpha')}{b} = \frac{\sin\alpha'}{b} \quad (6)$$

以及

$$r^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta \quad (7)$$

$$r'^2 = a^2 + b^2 + 2ab\cos\theta \quad (8)$$

由以上各式得

$$\mathcal{E} = 2kla^2b\omega \left(\frac{1}{a^2 + b^2 - 2ab\cos\omega t} + \frac{1}{a^2 + b^2 + 2ab\cos\omega t} \right) \sin\omega t \quad (9)$$

由欧姆定律得线框中的感应电流

$$i = \frac{\mathcal{E}}{R} \quad (10)$$

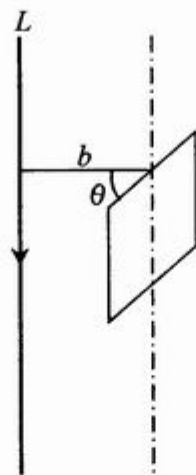


图 1

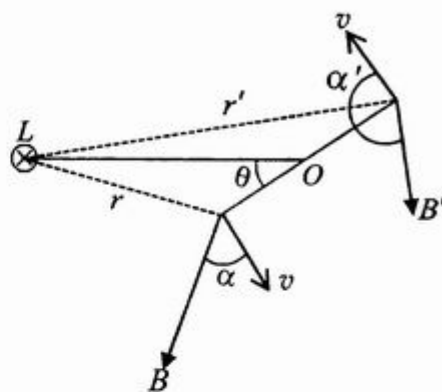


图 2

由 (9)、(10) 两式得

$$i = \frac{2kla^2b\omega}{R} \left(\frac{1}{a^2 + b^2 - 2ab\cos\omega t} + \frac{1}{a^2 + b^2 + 2ab\cos\omega t} \right) \sin\omega t \quad (11)$$

评分标准：本题 20 分。

(1) 式 2 分，(4) 式 8 分，(5)、(6)、(7)、(8) 式各 1 分，(10) 式 2 分，(11) 式 4 分。

16. 参考解答：

设一年前、后卫星的速度分别为 v_1 、 v_2 ，根据万有引力定律和牛顿定律有

$$G \frac{Mm}{R_1^2} = m \frac{v_1^2}{R_1} \quad (1)$$

$$G \frac{Mm}{R_2^2} = m \frac{v_2^2}{R_2} \quad (2)$$

式中 G 为万有引力恒量， M 为地球的质量， R_1 和 R_2 分别为一年前、后卫星轨道的半径，即

$$R_1 = R_0 + H \quad (3)$$

$$R_2 = R_0 + H - \Delta H \quad (4)$$

卫星在一年时间内动能的增量

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (5)$$

由 (1)、(2)、(5) 三式得

$$\Delta E_k = \frac{1}{2}GMm \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (6)$$

由 (3)、(4)、(6) 式可知， $\Delta E_k > 0$ ，表示在这过程中卫星的动能是增加的。

在这过程中卫星引力势能的增量

$$\Delta E_p = -GMm \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (7)$$

$\Delta E_p < 0$ ，表示在这过程中卫星的引力势能是减少的。卫星机械能的增量

$$\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p \quad (8)$$

由 (6)、(7)、(8) 式得

$$\Delta E = -\frac{1}{2}GMm \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \quad (9)$$

$\Delta E < 0$ ，表示在这过程中卫星的机械能是减少的。由 (3)、(4) 式可知，因 R_1 、 R_2 非常接近，利用

$$R_1 - R_2 = \Delta H \quad (10)$$

$$R_1 R_2 \approx R_1^2 \quad (11)$$

(9) 式可表示为

$$\Delta E = -\frac{1}{2} \frac{GMm}{R_1^2} \Delta H \quad (12)$$

卫星机械能减少是因为克服空气阻力做了功。卫星在沿半径为 R 的轨道运行一周过程中空气作用于卫星的阻力做的功

$$W_1 = -F \times 2\pi R = -\rho\pi A C R v^2 \quad (13)$$

根据万有引力定律和牛顿定律有 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$ (14)

由 (13)、(14) 式得

$$W_1 = -\rho \pi A C G M \quad (15)$$

(15) 式表明卫星在绕轨道运行一周过程中空气阻力做的功是一恒量，与轨道半径无关。卫星绕半径为 R 的轨道运行一周经历的时间

$$T = \frac{2\pi R}{v} \quad (16)$$

由 (14)、(16) 式得

$$T = 2\pi R \sqrt{\frac{R}{GM}} \quad (17)$$

由于在一年时间内轨道半径变化不大，可以认为 T 是恒量，且

$$T = 2\pi R_1 \sqrt{\frac{R_1}{GM}} \quad (18)$$

以 τ 表示一年的时间，有

$$\tau = 3600\text{s} \times 365 \times 24 = 3.15 \times 10^7 \text{s} \quad (19)$$

卫星在一年时间内作圆周运动的次数

$$n = \frac{\tau}{T} \quad (20)$$

在一年时间内卫星克服空气阻力作的功

$$W = nW_1 \quad (21)$$

由功能关系有

$$W = \Delta E \quad (22)$$

由 (15)、(18)、(20)、(21)、(22) 各式并利用 $G \frac{M}{R_1^2} = g$ 得

$$\rho = \frac{m\Delta H}{\tau A C R_1 \sqrt{R_1 g}} \quad (23)$$

代入有关数据得

$$\rho = 1.54 \times 10^{-13} \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \quad (24)$$

评分标准：本题 20 分。

(6) 式 3 分，(7) 式 2 分，(9)、(12) 式各 1 分，(15) 式 3 分，(23) 式 7 分，(24) 式 3 分。