



题型强化 · 单选

单选小卷

单选小卷 1

1. **C** 【解析】本题考查能级跃迁.

大量处于 $n=4$ 能级的氦离子向低能级跃迁时,最多可辐射出 $C_4^2=6$ 种不同频率的光,**A、B 错误**;由 $n=4$ 向 $n=3$ 能级跃迁的能级差最小,则辐射的光频率最小,辐射出的光波长最长,**C 正确,D 错误**.

2. **D** 【解析】本题考查双缝干涉实验.

根据双缝干涉条纹间距公式 $\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$,红光波长大于紫光,其他条件相同时,条纹间距与波长成正比,因此红光的干涉条纹间距比紫光大,**A 错误**;双缝干涉的条纹等间距分布,所有亮纹宽度一致,中央亮纹宽度和其余亮纹相同,**B 错误**;白光为复合光,不同色光波长不同,干涉条纹间距不同,会形成稳定的彩色干涉图样,**C 错误**;白光是多种色光的复合光,不同色光波长不同,干涉加强的位置不同,因此干涉后会出现彩色条纹,**D 正确**.

3. **C** 【解析】本题考查牛顿运动定律与超重、失重.

由题分析可知青蛙起跳前,石头对青蛙的作用力和青蛙的重力是一对平衡力(关键:平衡力和相互作用力的主要区别就是受力物体是否相同),**A 错误**;青蛙起跳时,青蛙在竖直方向有竖直向上的加速度,故石头对青蛙作用力的竖直分量大于青蛙的重力,**B 错误**;青蛙在空中斜向上运动时,只受重力,处于失重状态,**C 正确**;青蛙在空中最高点时受到重力,加速度不为零(关键:斜抛运动最高点速度和加速度均不为零),**D 错误**.

4. **D** 【解析】本题考查关联速度与瞬时功率.

人拉绳的速度为 $v_{\text{绳}} = v \cos \theta$,**A 错误**;根据 $v = \frac{v_{\text{绳}}}{\cos \theta}$,若人拉绳的速度保持不变,由于绳与水平面的夹角变大,则船速度增大,**B 错误**;若人对绳的拉力保持不变,由于绳与水平面的夹角变化,拉力水平分力变化,则船所受合力不可能始终为零,船不会匀速靠岸,**C 错误**;此时,人对绳的拉力功率为 $P = Fv_{\text{绳}} = Fv \cos \theta$,**D 正确**.

5. **D** 【解析】本题考查交变电流的产生.

第一次实验中,线圈两条边(ab 和 cd) 都切割磁感线,感应电动势最大值 $E_m = BS\omega$,电流最大值 $I_0 = \frac{BS\omega}{R}$,第二次实验仅去掉右侧磁场,线圈转动过程中,始终只有一条边(ab 或 cd) 在左侧磁场中切割磁感线,另一条边在无磁场区,感应电动势最大值变为 $E'_m = \frac{1}{2}BS\omega$,电流最大值变为 $\frac{I_0}{2}$,第二次实验产生的感应电流仍为正弦式交变电流,从中性面开始计时,表达式为 $i = \frac{I_0}{2} \sin(\omega t)$,**D 正确**.

**30 s 速解****哈尔滨工业大学——颜开**

右侧磁场去掉后,容易看出每个时刻都相对之前只有一半的有效面积,故感应电动势和感应电流大小都变为原来的一半,感应电动势为 0 的时刻只会有一瞬,不会出现半个周期无电流,故选 D.

6. **C** 卡住就看「突破点 6」找思路、做练习

【解析】本题考查气体状态变化图像。

由 $V-T$ 图像分析可知,由状态 A 向状态 B 变化过程中,气体体积不变,则 $W=0$,温度升高,则 $\Delta U>0$,根据 $\Delta U=W+Q$,可知 $Q>0$,则气体从外界吸收热量,**A 错误**;由状态 B 向状态 C 变化过程中,气体温度不变,则内能不变, $\Delta U=0$, 体积变大,则 $W<0$,根据 $\Delta U=W+Q$,可知 $Q>0$,气体从外界吸收热量,**B 错误**;根据理想气体状态方程 $\frac{pV}{T}=C$ 可知 $V=\frac{C}{p}T$,因 $O、A、D$ 三点在过坐标原点的同一直线上,可知气体在状态 A 时的压强等于在状态 D 时的压强,**C 正确**;状态 C 的温度高于状态 D ,可知气体分子在状态 C 时的平均动能大于在状态 D 时的平均动能,**D 错误**。

7. **B** 卡住就看「突破点 3」找思路、做练习

【解析】本题考查飞船变轨与超重、失重。

飞船的加速度由万有引力提供,有 $\frac{GMm}{r^2}=ma$,得 $a=\frac{GM}{r^2}$,同一位置到地心的距离 r 相同,因此在两轨道上经过 a 点时加速度大小相等,**A 错误**;要从椭圆轨道进入外层圆轨道,需要点火加速,才能变轨进入圆轨道,**B 正确**;火箭刚发射时,加速度向上,航天员处于超重状态,**C 错误**;载人飞船在圆轨道运动时,万有引力全部提供向心力,航天员处于完全失重状态,**D 错误**。

关键点拨

在 a 点(远地点)点火加速,由于速度变大,此时 $G\frac{Mm}{r_1^2}=m\frac{v_a^2}{r_1}$,即万有引力等于飞船在圆轨道上做圆周运动的向心力,飞船进入圆轨道做圆周运动。

8. **C** 卡住就看「突破点 2」找思路、做练习

【解析】本题考查竖直面内圆周运动(杆模型)。

由图乙可知,小球沿 x 轴分速度的最大值为 $v_{xm}=1\text{ m/s}$,即小球做匀速圆周运动的线速度大小 $v=1\text{ m/s}$,周期 $T=$

$0.4\pi\text{ s}$,根据 $v=\frac{2\pi L}{T}$,解得轻杆长度 $L=0.2\text{ m}$,**A 错误**; v_x-t

图线与时间轴围成的面积表示 x 轴方向的位移,图乙中阴影部分对应的时间为 $0.1\pi\sim 0.2\pi\text{ s}$,即四分之一周期,在此期间,小球从最高点运动到最右端, x 轴方向的位移大小等于杆长 L ,即面积大小为 0.2 m ,**B 错误**;小球在最高点时,受重力 mg 和杆的作用力 F ,根据牛顿第二定律,合外力提供向心力,方向向下,假设 F 为支持力,有 $mg-F=m\frac{v^2}{L}$,代入数据解得 $F=5\text{ N}$,假设成立,**C 正确**;

在 $0.1\pi\sim 0.2\pi\text{ s}$ 时间段内,小球从最高点运动到最右端,初速度 v_1 水平向右,末速度 v_2 竖直向下,大小均为 $v=1\text{ m/s}$,根据动量定理,合外力的冲量 $I=\Delta p$,由于 v_1 与 v_2 垂直,动量变化量的大小 $|\Delta p|=\sqrt{(mv)^2+(mv)^2}=\sqrt{2}\text{ N}\cdot\text{s}$,**D 错误**。

单选小卷 2

1. **A** 【解析】本题考查核反应方程。

核反应过程遵循电荷数守恒,左边总电荷数为 $71+20=91$,右边镭的电荷数为 91 ,因此 n 个 X 的总电荷数为 0 (**关键:核反应方程左右电荷数已经相等,先判定 X 的电荷数最佳**),可知 X 为中子,**A 正确,B 错误**;核反应过程遵循质量数守恒,左边总质量数为 $175+40=215$,右边镭-210 的质量数为 210 , X 为中子,则 $n=215-210=5$,**C、D 错误**。

2. **A** 【解析】本题考查光的折射。

由图可知,玻璃三棱镜对 a 光的偏折程度较小,所以玻璃三



棱镜对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率, **A 正确**; 根据 $v = \frac{c}{n}$ 可知, 因为玻璃三棱镜对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率, 所以在玻璃三棱镜中, a 光的传播速度比 b 光的传播速度大, **B 错误**; a 光和 b 光从空气射入玻璃时, 频率不会发生变化, **C 错误**; 因为玻璃三棱镜对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率, 所以 a 光的频率小于 b 光的频率, 根据 $c = \lambda f$ 可得, 空气中 a 光的波长大于 b 光的波长, **D 错误**.

3. D 【解析】 本题考查气体状态变化与热力学定律.

从 a 到 b , 气体体积减小, 故外界对气体做功, **A 错误**; 从 b 到 c , 气体压强不变、体积减小, 根据 $\frac{pV}{T} = C$ 可知温度降低, **B 错误**; 从 c 到 d , 根据 $\frac{pV}{T} = C$, 整理得 $p = \frac{1}{V}CT$, 可知温度不变时, $p - \frac{1}{V}$ 图像为过原点的倾斜直线, 故从 c 到 d 温度不变, 气体内能不变, **C 错误**; 从 d 到 a , 气体压强不变、体积增大, 则 $W < 0$, 根据 $\frac{pV}{T} = C$ 可知温度升高, 则 $\Delta U > 0$, 根据热力学第一定律有 $\Delta U = W + Q$, 可知 $Q > 0$, 故该过程气体从外界吸热, **D 正确**.

4. B 【解析】 本题考查平行板电容器动态分析.

当土壤逐渐变干燥时, 土壤的相对介电常数减小, 根据平行板电容器电容的决定式 $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}$, 可知电容器的电容减小, 两板间的电压保持不变 (点拨: 电容器两板间的电压始终等于电源电动势), 根据电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$, 可知电容器所带的电荷量减小, **A、C 错误, B 正确**; 由上述分析可知电容器放电, 电容器左极板带正电, 因此通过电流表的电流方向为从 M 到 N , **D 错误**.

5. C 【解析】 本题考查碰撞过程与动量定理.

分析可知, 每扇门受到的摩擦力大小为 $f = 2.0 \text{ N}$, 两扇门结为一体后的加速度大小为 $a = \frac{2f - F}{2m} = 0.05 \text{ m/s}^2$, **A 正确**, 不符合题意; 两扇门结为一体瞬间共同速度大小设为 v , 有 $v^2 = 2ax$, 解得 $v = 0.2 \text{ m/s}$ (点拨: 已知两扇门结合在一起后做匀减速运动到速度减为零, 则用逆向思维求解), **B 正确**, 不符合题意; 设碰撞过程中对第二扇门的平均冲击力大小为 F_N , 规定滑行方向为正方向, 则碰撞过程中对第二扇门根据动量定理得 $F_N t - ft = mv$, 解得 $F_N = 10 \text{ N}$, **D 正确**, 不符合题意; 碰撞过程中, 对第一扇门根据动量定理得 $(F - F'_N - f)t = mv - mv_0$ (关键: 冲击力对第一扇门起阻碍作用), 根据牛顿第三定律可知 $F'_N = F_N = 10 \text{ N}$, 解得 $v_0 = 0.45 \text{ m/s}$, **C 错误**, 符合题意.



1 min 速解

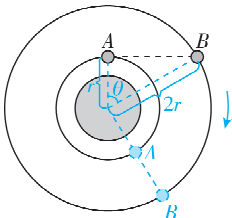
哈尔滨工业大学——颜开

A、B 选项算出后, 两扇门碰撞过程对整体根据动量定理有 $(F - 2f)t = 2mv - mv_0$, 解得 $v_0 = 0.45 \text{ m/s}$, **C 错误**.

6. D 【解析】 卡住就看「突破点 3」找思路、做练习

【解析】 本题考查卫星运动与追及问题.

由于卫星 A 与卫星 B 的质量未知, 故不能比较卫星 A 与卫星 B 的机械能大小, **A 错误**; 根据开普勒第三定律有 $\frac{r^3}{T^2} = \frac{(2r)^3}{T_B^2}$, 又知 $\frac{T_A}{T_B} = \frac{\omega_B}{\omega_A}$, 所以 $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{2\sqrt{2}}{1}$, 卫星 A 的角速度是卫星 B 的





$2\sqrt{2}$ 倍, **B 错误**; 卫星 A 与卫星 B 的向心加速度比值 $\frac{a_A}{a_B} =$

$\frac{\omega_A^2 r}{\omega_B^2 \times 2r} = 4$, **C 错误**; 设题图所示时刻两卫星与地球球心的连

线夹角为 θ , 如图所示, 则 $\cos \theta = \frac{1}{2}$, 解得 $\theta = \frac{\pi}{3}$, 由图示时刻

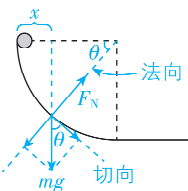
经时间 t 两卫星相距最近, 则有 $\left(\frac{2\pi}{T_A} - \frac{2\pi}{T_B}\right)t = \frac{\pi}{3}$ (点拨: 卫星 A

比卫星 B 多转 60°), 解得 $t = \frac{T_A T_B}{6(T_B - T_A)}$, **D 正确**.

7. **A** 卡住就看「突破点 4」找思路、做练习

思路导引

小球在四分之一光滑圆弧轨道运动时的受力分析如图所示, 需要将力沿半径和垂直半径方向分解. 合力沿半径方向的分力提供向心力 (对应向心加速度)、改变速度方向, 根据动能定理求速度, 再求向心加速度大小; 合力沿切线方向分力提供切向加速度改变速度大小, 将两个加速度合成得到合加速度. 根据数学推导可得到加速度的平方与水平位移的关系.



【解析】 本题考查圆周运动与加速度的合成.

x 为小球从 A 点开始的水平位移, 从 A 到 B 过程中, 设小球位置对应的半径与水平方向夹角为 θ , 由动能定理有 $mgR \sin \theta =$

$\frac{1}{2}mv^2$, 法向加速度 $a_n = \frac{v^2}{R}$, 联立解得 $a_n = 2g \sin \theta$, 沿圆弧切线

方向, 由牛顿第二定律有 $mg \cos \theta = ma_t$, 可得切向加速度 $a_t =$

$g \cos \theta$, 总加速度的平方满足 $a^2 = a_n^2 + a_t^2 = (2g \sin \theta)^2 +$

$(g \cos \theta)^2$, 由几何关系有 $\cos \theta = \frac{R-x}{R}$, 联立可得 $a^2 = g^2 + \frac{6g^2}{R}x -$

$\frac{3g^2}{R^2}x^2$, 因此 a^2-x 曲线是开口向下的二次函数, 对称轴为 $x =$

R , 从 B 到 C 过程中, $a=0$, **A 正确**.



1 min 速解

哈尔滨工业大学——颜开

特殊值代入: $x=0$ 时, 有 $mg=ma$, $a=g$, $a^2=g^2$; $x=R$ 时, 有

$mgR = \frac{1}{2}mv^2$, $a = \frac{v^2}{R} = 2g$, $a^2 = 4g^2$, 排除 B 、 C ; $x =$

$\left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2}\right)R$ 时, 有 $mgR \sin 45^\circ = \frac{1}{2}mv_1^2$, 切向有 $mg \cos 45^\circ =$

$ma_{\text{切}}$, $a_{\text{切}} = \frac{\sqrt{2}}{2}g$, $a_{\text{切}}^2 = \frac{1}{2}g^2$, 法向有 $a_{\text{法}} = \frac{v_1^2}{R} = \sqrt{2}g$, $a_{\text{法}}^2 = 2g^2$, 矢

量合成得 $a^2 = \left(2 + \frac{1}{2}\right)g^2$; 所以图像开口向下, **A 正确**.

8. **B** 卡住就看「突破点 5」找思路、做练习

【解析】 本题考查变压器动态分析.

根据欧姆定律和串联电路电压规律可得 $U_{\text{总}} = I_1 R_1 + U_1$, $U =$

IR_2 , 根据理想变压器原、副线圈电压、电流与匝数的关系可

得 $\frac{U_1}{U} = \frac{n_1}{n_2}$, $\frac{I_1}{I} = \frac{n_2}{n_1}$, 联立可得 $U_{\text{总}} = I_1 R_1 + I_1 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$, 由此

可知, 向下调节 R_2 的滑片, 则滑动变阻器接入电路的阻值减小, I_1 增大, U_1 减小, U 减小, 即电压表示数减小, **A 错误**; 由

以上分析可得 $U = \frac{n_2}{n_1} U_{\text{总}} - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_1 I_1$, 所以电表示数变化量的

绝对值之比为 $\frac{\Delta U}{\Delta I} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 R_1 = 0.5 \Omega$, **B 正确**; 交流电压的有



效值为 $U_{\text{总}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 220 \text{ V}$, 当滑动变阻器 R_2 接入电路的阻值调

到 2Ω 时, 根据 $U_{\text{总}} = I_1 R_1 + I_1 \cdot \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$, $\frac{I_1}{I} = \frac{n_2}{n_1}$, 可得电流

表示数为 $I = 44 \text{ A}$, **C 错误**; 当外电阻 (即变压器与 R_2 的等效电阻) 等于电源内阻 (即 R_1) 时, 变压器输出功率最大, 则有

$R_1 = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R_2$, 解得 $R_2 = 0.5 \Omega$, **D 错误**.

单选小卷 3

1. **D** 【解析】本题考查核反应方程与质量亏损.

根据核反应过程中电荷数守恒、质量数守恒, X 的电荷数为 $5+0-3=2$, 质量数为 $10+1-7=4$, 可知 X 为 α 粒子 (氦核), **A 错误**; γ 射线是核反应生成的 ${}^7_3\text{Li}$ 核从高能级向低能级跃迁时释放的, 不是从 ${}^{10}_5\text{B}$ 核中放出的, **B 错误**; 结合能是核子结合为原子核时释放的能量, 该反应释放的能量是核反应总质量亏损对应的能量, 不等于 ${}^7_3\text{Li}$ 的结合能, **C 错误**; 该反应的质量亏损 $\Delta m = m_1 + m_4 - m_2 - m_3$, 根据题意, 1 原子质量单位对应 931.5 MeV 能量, 因此释放的能量为 $(m_1 + m_4 - m_2 - m_3) \times 931.5 \text{ MeV}$, **D 正确**.

2. **B** 【解析】本题考查波的干涉现象.

由图分析可知, 当某点到两波源的波程差满足 $\Delta x = |(6 \text{ m} - x) - [x - (-6 \text{ m})]| = k \frac{\lambda}{2}$, k 为偶数时, 该点为加强点 (**关键: 本题两列波步调相同**), 两列波的波长均为 4 m , 可知平衡位置在 $x = -4 \text{ m}$ 、 $x = -2 \text{ m}$ 、 $x = 0$ 、 $x = 2 \text{ m}$ 、 $x = 4 \text{ m}$ 的 5 个点为振动加强点, **B 正确**.

3. **C** 【解析】本题考查热力学第一定律与分子动理论.

车体下沉挤压气囊, 外界对气体做的功等于气体内能的增加量, **A 错误**; 气体温度升高, 气体分子的平均动能增大, 但不是每一个气体分子的动能都增大, **B 错误**; 气体温度升高, 分子平均速率增大, 体积减小, 分子数密度增大, 气体分子对气囊单位面积的平均撞击力增大, **C 正确**; 气体压强产生的原因

易错点

是大量气体分子对容器壁的持续的、无规则撞击产生的, 气体压强由气体分子数密度和平均动能决定, **D 错误**.

关键点

4. **C** 【解析】本题考查双缝干涉.

根据公式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$, 增大双缝间的距离 d , 干涉条纹间的距离减小, **A 错误**; 根据公式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$, 增大双缝到屏的距离 l , 干涉

条纹间的距离增大, **B 错误**; 根据公式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$, 将红光换为绿

光, 频率增大, 即波长减小, 所以干涉条纹间的距离减小, **C 正确**; 将红光换为白光, 在屏上将出现彩色干涉条纹, **D 错误**.

5. **D** 【解析】本题考查拉格朗日点与天体运动.

对月球, 根据万有引力提供向心力有 $G \frac{Mm_{\text{月}}}{r^2} = m_{\text{月}} \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 地球

的密度为 $\rho = \frac{M}{V}$, 其中 $V = \frac{4}{3} \pi R^3$, 联立解得 $\rho = \frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$, **A 错**

误; 卫星与月球的角速度相等, 根据 $v = \omega r'$ 可知, 卫星的运动半径较大, 在拉格朗日点的卫星的线速度比月球的线速度大, **B**

错误; 在拉格朗日点的卫星没有脱离地球的引力束缚, 所以发射速度小于第二宇宙速度, 即小于 11.2 km/s , **C 错误**; 设月球

对卫星的引力为 F , 则对卫星有 $F + G \frac{Mm}{(r+s)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (r+s)$, 结

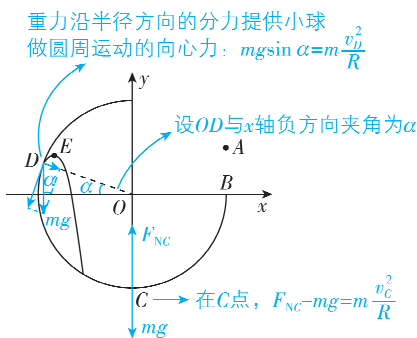
合“黄金代换”公式 $GM = gR^2$ (**点拨: 忽略地球自转的影响, 地**

球表面的物体万有引力等于重力, 即 $\frac{GMm'}{R^2} = m'g$), 联立解得

$$F = m \frac{4\pi^2}{T^2} (r+s) - \frac{mgR^2}{(r+s)^2}, \text{D 正确.}$$

6. **B** 卡住就看「突破点2」找思路、做练习

题图剖析



【解析】本题考查竖直圆周运动与脱离.

小球在 C 点时有 $F_{NC} - mg = m \frac{v_C^2}{R}$, 根据牛顿第三定律, $F_{NC} =$

$4mg$, 解得在 C 点的速度大小为 $v_c = \sqrt{3gR}$, **A 正确**; 小球在 D 点恰好脱离轨道, 则只受重力作用, 所受合力方向竖直向下, **B 错误**; 设 OD 与 x 轴负方向夹角为 α , 可知在 D 点时有

$$mg\sin\alpha = m\frac{v_D^2}{R}, \text{ 解得 } \sin\alpha = \frac{1}{3}, \text{ 则 } D \text{ 点的横坐标 } x =$$
$$-R\cos \alpha = -\frac{2\sqrt{2}}{3}R, \text{纵坐标 } y = R\sin \alpha = \frac{R}{3}, \text{即 } D \text{ 点坐标为}$$

$\left(-\frac{2\sqrt{2}}{3}R, \frac{1}{3}R\right)$, C 正确; 脱离圆轨道后 (关键: 小球做斜上抛

运动,速度方向与竖直方向夹角为 α), 小球运动的最高点 E

与 D 点的竖直高度差为 $h = \frac{(v_D \cos \alpha)^2}{2g} = \frac{4}{27}R$, **D 正确**.

7. **C** 卡住就看「突破点1」找思路、做练习

【解析】本题考查共点力的平衡问题.

以耙与人为研究对象,设单根绳子拉力为 F ,根据平衡条件,在水平方向有 $2F\cos\alpha=\mu F_N$,在竖直方向有 $F_N+2F\sin\alpha=mg$,联

立可得 $F = \frac{\mu mg}{2(\cos \alpha + \mu \sin \alpha)} = \frac{\mu mg}{2\sqrt{\mu^2 + 1} \sin(\alpha + \beta)}$, 其中 $\sin \beta =$

$$\frac{1}{\sqrt{\mu^2+1}} = \frac{1}{2}, \text{ 当 } \alpha+\beta=90^\circ \text{ 时, 绳子拉力最小, 可得 } \alpha=60^\circ, F=$$

$\frac{\sqrt{3}mg}{4}$, A、B 错误; 靶对地的压力大小为 $F_N = mg - 2F \sin \alpha =$

$\frac{mg}{4}$, C 正确; 地对耙的阻力大小为 $f = \mu F_N = \frac{\sqrt{3}mg}{4}$, D 错误.

一题多解

一题多解 把地对耙的阻力与地对耙的支持力看作一个力,该力与竖直方向的夹角为 θ ,则有 $\tan \theta = \frac{f}{F_N} = \mu = \sqrt{3}$,可

得 $\theta=60^\circ$, 以耙与人为研究对象, 受到重力、两根绳子拉力、地对耙的阻力与地对耙的支持力的合力, 当绳子拉力与地对耙的阻力与地对耙的支持力的合力垂直时, 两根绳子拉力最小, 即绳子与水平面的夹角 $\alpha=60^\circ$, 两根绳子拉力最

小,单根绳子拉力为 $F = \frac{1}{2}mg \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{4}mg$, **A、B** 错误;地



对耙的阻力与地对耙的支持力的合力为 $F_{\text{合}} = mg \cos 60^\circ =$

$\frac{1}{2}mg$, 地对耙的阻力大小为 $f = F_{\text{合}} \sin \theta = \frac{\sqrt{3}mg}{4}$, **D 错误**;

耙对地的压力大小为 $F_N = F_{\text{合}} \cos 60^\circ = \frac{1}{4}mg$, **C 正确**.

8. **D** 卡住就看「突破点 5」找思路、做练习

【解析】本题考查远距离输电问题.

互感器甲中圈内接入电压表, 互感器乙中圈内接入电流表, **A**

错误; 互感器甲 $\frac{U_2}{U_V} = \frac{200}{1}$, 解得 $U_2 = 44\ 000\text{ V}$; 互感器乙 $\frac{I_2}{I_A} =$

$\frac{20}{1}$, 解得 $I_2 = 100\text{ A}$; 输电线路损耗的功率约占输电总功率

$\frac{P_r}{P_2} = \frac{I_2^2 r}{U_2 I_2} \approx 4.5\%$, **B 错误**; 降压变压器原线圈的电压 $U_3 = U_2 -$

$I_2 r = 42\ 000\text{ V}$, 降压变压器 $\frac{U_3}{U_4} = \frac{200}{1}$, 解得 $U_4 = 210\text{ V}$, **C 错误**;

用电高峰时, 用户端总电阻变小, 通过降压变压器副线圈电流变大, 通过降压变压器原线圈电流变大, 输电线上电压损失变大, 降压变压器原线圈电压减小, 所以用户端的电压变小, **D 正确**.

单选小卷 4

1. **C** 【解析】本题考查分子动理论.

布朗运动是悬浮在液体中的固体小颗粒的无规则运动, 能反映液体分子无规则运动 (**易错: 布朗运动与分子热运动不是一个概念**), **A 错误**; 给自行车胎打气越打越费力, 是因为胎内气体物质的量增多, 压强增大, 外界需要克服更大的气体压力做功, **B 错误**; 气体对容器壁的压强的微观本质是大量气体分子持续、频繁碰撞器壁, **C 正确**; 温度是分子平均动能的标志, 不代表每个分子的动能, 温度升高分子平均动能增大, 则 100°C 的气体分子平均动能更大, 但存在部分分子动能小于 50°C 气体部分分子的动能, **D 错误**.

2. **B** 【解析】本题考查能级跃迁与光电效应.

一群处于 $n=4$ 能级的氢原子向低能级跃迁过程中, 可辐射出 $\frac{4 \times (4-1)}{2} = 6$ 种不同频率的光, **A 错误**; 只有 a 、 b 两种频率

的光能使阴极 K 发生光电效应, 由图丙可知 b 光对应的遏止电压大, 则 b 光频率比 a 光的频率大, 可知 b 光的光子能量比 a 光的光子能量大 (**关键: 光的频率越大, 能量越大, 照射同种材料时逸出光电子的最大初动能越大, 对应的遏止电压越大**), 故 b 光是从 $n=4$ 能级向 $n=1$ 能级跃迁产生的, a 光是从 $n=3$ 能级向 $n=1$ 能级跃迁产生的, **B 正确, C 错误**; 根据光电效应方程 $E_k = h\nu - W_0$, 由于两种光照射同种材料, 故 W_0 相同, b 光频率比 a 光的频率大, 所以 b 光照射阴极 K 时逸出的光电子的最大初动能比 a 光照射时的大, **D 错误**.

3. **C** 【解析】本题考查机械波传播与质点振动.

由题图乙分析可知, 波长为 $\lambda = 2.4\text{ m}$, 则 $T = \frac{\lambda}{v} = 0.6\text{ s}$, 在 $t = 0.35\text{ s}$ 时刻, 由题图甲可知, 质点 P 在平衡位置上方, 向上运动, 则根据“上下坡”法可知该波沿 x 轴负方向传播, **A、B 错误**; $t = 0.35\text{ s}$ 时质点 P 向上运动, 质点 Q 向下运动, 则质点 Q 先回到平衡位置, **C 正确**; 由于 $t = 0.35\text{ s} = \frac{T}{2} + \frac{T}{12}$, 所以从 $t =$



0 时刻起到 $t = 0.35 \text{ s}$, 质点 P 通过的路程是 $s = 2A + \frac{A}{2} = 0.1 \text{ m}$, **D 错误**.

关键点拨

做简谐运动的质点从平衡位置开始经历 $\frac{T}{12}$ 时间, 通过的路程为 $\frac{A}{2}$, 若从其他位置开始经历 $\frac{T}{12}$, 路程可能大于或小于 $\frac{A}{2}$.

4. **A** 【解析】本题考查电容器的相关知识.

两电容器的电压相同, M 的电容是 N 的 2 倍, 根据 $C = \frac{Q}{U}$, 可知 M 所带电荷量是 N 的 2 倍, **A 正确, B 错误**; 根据 $E = \frac{U}{d}$ 可知, 两电容器极板间场强大小相等, **C、D 错误**.

5. **B** 【解析】本题考查 $v-t$ 图像与斜面运动.

根据 $v-t$ 图像与 t 轴围成的面积表示物块的位移, 设物块回到底端时的速度大小为 v , 则有 $\frac{1}{2}v_0t_0 = \frac{1}{2}v \cdot 2t_0$, 解得物块回到底端时的速度大小为 $v = \frac{v_0}{2}$, 则上滑时的加速度大小为

$a_{\text{上}} = \frac{v_0}{t_0}$, 下滑时的加速度大小为 $a_{\text{下}} = \frac{\frac{1}{2}v_0}{2t_0} = \frac{v_0}{4t_0}$, 物块上滑和

下滑过程的加速度大小之比为 $a_{\text{上}} : a_{\text{下}} = 4 : 1$, **A 错误, B 正确**; 设物块与斜面间的摩擦力大小为 f , 斜面的倾角为 θ , 根据牛顿第二定律可得 $mgsin \theta + f = ma_{\text{上}}$, $mgsin \theta - f = ma_{\text{下}}$, 联立解得 $f = \frac{3mv_0}{8t_0}$, $sin \theta = \frac{5v_0}{8gt_0}$, 由于物块的质量未知, 因此无法求出物块受到摩擦力的大小, 但可以求出斜面的倾角 θ , **C、D 错误**.

6. **C** 卡住就看「突破点 5」找思路、做练习

【解析】本题考查有效值、交变电流动态分析.

图示位置线圈处于中性面, 穿过线圈的磁通量最大, 磁通量变化率最小, 感应电流最小 (关键: 磁场方向与线圈垂直时, 线圈处于中性面), **A 错误**; 发电机产生的交流电压的有效值 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{BS\omega}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi nBS}{\sqrt{2}}$, 转速变慢时, 线圈产生的感应电动势有效值减小, 变压器输入电压减小, 则变压器输出电压减小, **B 错误**; 要求变压器输出电压的有效值达到 $U_2 = 12 \text{ V}$ 才能给电池充电, 根据理想变压器原、副线圈的电压之比等于原、副线圈的匝数之比, 可得此时原线圈电压即发电机输出电压为 $U_1 = \frac{n_1}{n_2}U_2 = 0.04 \text{ V}$, 则根据 $E = U_1 = \frac{2\pi nBS}{\sqrt{2}}$, 可得 $n = 2 \text{ r/s}$, **C 正确, D 错误**.

7. **C** 卡住就看「突破点 3」找思路、做练习

【解析】本题考查卫星运动与星下点轨迹.

箭头方向不代表卫星运动方向, 只表示相对地球运动的快慢, 根据相同经度范围内, 两轨迹形状相同可知 **A、B 两卫星绕地球转动的方向相同** (点拨: 如果卫星运动方向与地球自转方向相反, 则星下点一个周期的轨迹跨过的经度应大于 360° , 故 **A、B 两卫星绕地球转动方向均与地球自转方向相同**), **A 错误**; 根据图乙可知, 卫星 A 的星下点在东西方向自西向东运动, 与地球自转方向相同, 可知卫星 A 绕地球转动的角速度大于地球自转角速度, 卫星 A 的星下点在地球上

由 30°E 移动到 150°E 的过程中,卫星转了一圈,比地球自转多转了 120° ,可知地球转动了 $360^{\circ}-120^{\circ}=240^{\circ}$,设地球的

自转周期为 T_0 ,则有 $T_A = \frac{T_0}{360^{\circ}} \times 240^{\circ} = \frac{2}{3}T_0$,根据图丙可知,

卫星 B 的星下点在东西方向自东向西运动,则卫星 B 绕地球转动的角速度小于地球自转角速度,卫星 B 的星下点在地球上由 150°E 移动到 30°E 的过程中,卫星转了一圈,比地球自转少转了 120° ,可知地球转动了 $360^{\circ}+120^{\circ}=$

480° ,则有 $T_B = \frac{T_0}{360^{\circ}} \times 480^{\circ} = \frac{4}{3}T_0$,则 A 、 B 两卫星的运动周

期之比为 $1:2$,**B 错误**;根据开普勒第三定律有 $\frac{r_A^3}{T_A^2} = \frac{r_B^3}{T_B^2}$,可

得 $\frac{r_A}{r_B} = \sqrt[3]{\frac{1}{4}}$,则 A 、 B 两卫星轨道半径之比为 $1:\sqrt[3]{4}$,**C 正**

确;由于 $T_B = \frac{4}{3}T_0$,卫星 B 每转动一圈其星下点经过赤道两

次,故卫星 B 星下点每天经过赤道的次数不超过 2 次,**D 错误**.

8. **D** 卡住就看「突破点 7」找思路、做练习

【解析】 本题考查光的折射.

如图所示,由题意, B 、 E 为半圆弧的六等分点, C 、 D 为半圆弧的四等分点,半圆圆心角为 180° ,则 $\angle AOB = 30^{\circ}$, $\angle AOC = 45^{\circ}$,由此可得 $\angle BOC = \angle AOC - \angle AOB = 15^{\circ}$,光线在 B 点发生折射,入射光线平行于底面,由几何关系可知入射角 $i = \angle AOB = 30^{\circ}$,折射光线沿 BG 传播,在 $\triangle BGO$ 中,已知 $BG = GO$,且 G 点位于 OC 上,故 $\angle GOB = \angle BOC = \angle GBO = 15^{\circ}$,则

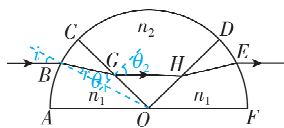
折射角 $r = \angle GBO = 15^{\circ}$,根据折射定律可得 $n_1 = \frac{\sin i}{\sin r} =$

$\frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}}{2}$,**A、B 错误**;光线在 G 点从折射率为 n_1 的介质射入折

射率为 n_2 的介质,折射光线 GH 平行于底面,根据几何关系可知折射角 $\theta_2 = 90^{\circ} - 45^{\circ} = 45^{\circ}$,入射角 $\theta_1 = 180^{\circ} - 15^{\circ} - 15^{\circ} -$

$90^{\circ} = 60^{\circ}$,根据公式 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$,得 $n_2 = n_1 \cdot \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = n_1 \cdot$

$\frac{\sin 60^{\circ}}{\sin 45^{\circ}} = \frac{3+\sqrt{3}}{2}$,**C 错误,D 正确**.



单选小卷 5

1. **A** **【解析】** 本题考查氢原子能级跃迁与能量变化.

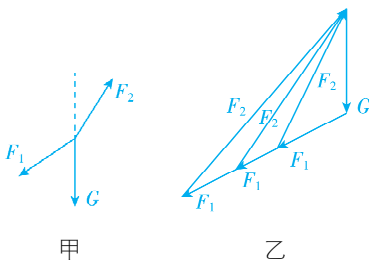
氢原子被高速电子撞击激发,本质是氢原子核外电子吸收能量后从低能级跃迁到高能级,电子离原子核更远,绕核轨道半径增大,库仑引力对电子做负功,电子动能减小,氢原子电势能增大,**A 正确,B、C、D 错误**.

2. **B** **【解析】** 本题考查共点力平衡.

作出铁牛的受力分析示意图,如图甲所示,三力平衡,可作出矢量三角形,如图乙所示,根据共点力平衡条件及三角形定则可知若 F_1 增大,则 F_2 增大,且 F_1 与 F_2 的合力始终与重力等大反向,方向竖直向上,**A、D 错误,B 正确**;根据力的合成可知, F_2 一定与 F_1 和重力的合力的方向相反,不一定沿着铁柱向上(**关键:铁柱类似于杆模型,作用力方向不一定沿着**



铁柱方向), C 错误.



甲

乙

3. **B** 【解析】本题考查机械波的传播.

由图乙可知振幅 $A=0.2\text{ m}$, 波长 $\lambda=0.6\text{ m}$, 由图丙可知周期

$T=0.8\text{ s}$, 则波速为 $v=\frac{\lambda}{T}=0.75\text{ m/s}$, 由图丙可知, 在 $t=0$ 时

刻 P 点在平衡位置向 y 轴正方向振动, 根据同侧法 (关键: 波的传播方向和质点的振动方向在波形图的同侧), 可知波沿 x

轴正方向传播, 因 $t=1.2\text{ s}=\frac{3T}{2}$, 质点 P 运动的路程为 $s=\frac{3}{2}\times$

$4A=1.2\text{ m}$ (关键: 无论从何时开始的半个周期内质点振动路程都为 $2A$), **B** 正确.

4. **A** 【解析】本题考查薄膜干涉.

由题意可知, 蓝光从空气射入膜发生反射时发生了半波损失, 膜的折射率大于镜片的折射率, 蓝光从膜射入镜片发生反射时不会发生半波损失, 则膜的前后两个表面反射的蓝光的振动反相, 则光程差为膜厚度的 2 倍, 两个反射光振动加强, 则 $2d=\left(n+\frac{1}{2}\right)\lambda\ (n=0, 1, 2, 3, \dots)$, 解得膜的最小厚度为

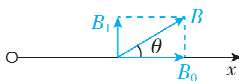
$d=\frac{\lambda}{4}$, **A** 正确.

5. **C** 【解析】本题考查磁场的叠加与地磁场.

由题图 2 分析可知, 当 $x=x_0$ 时 $\sin\theta=0.5$, 解得 $\theta=30^\circ$, 小磁针静止时 N 极的指向为合磁场磁感应强度的水平分量方向, 设通电导线在 x_0 处产生磁场的磁感应强度大小为 B_1 , 该区域地磁场磁感应强度的水平分量大小为 B_0 , 根据安培定则可知直导线产生的磁场方向沿水平方向且垂直于 x 轴, 由题图 2 可知随着小磁针与 O 点距离的增大, $\sin\theta$ 趋近于 0, 结合题图 1 小磁针的偏转情况可得地磁场磁感应强度的水平分量方向沿 x 轴正方向, 即地磁场方向与 x 轴不垂直, **B** 错误; x_0 处磁感应强度的水平分量如图所示, 由数学关系知

$\tan\theta=\frac{B_1}{B_0}$, 解得 $B_1=\frac{\sqrt{3}}{3}B_0$, x_0 处合磁场的磁感应强度的水平

分量大小为 $B=\frac{B_0}{\cos\theta}$, 解得 $B=\frac{2\sqrt{3}}{3}B_0$, 根据安培定则和小磁针的偏转情况可判断, 导线中电流方向为竖直向上, **A**、**D** 错误, **C** 正确.



6. **B** 卡住就看「突破点 6」找思路、做练习

【解析】本题考查热力学循环.

B 到 C 过程, 气体经历绝热过程, $Q=0$, 气体的体积增大, 对外界做功, $W<0$, 根据热力学第一定律可知气体内能减小, 热力学温度降低, 所以状态 B 的温度高于状态 C 的温度, **A** 错误; 由图可知, 经过一个布雷顿循环, 气体对外做功而内能不变 (点拨: $ABCD$ 围成的面积表示一个循环气体对外做的总功), 根据热力学第一定律可知, 气体从外界吸收

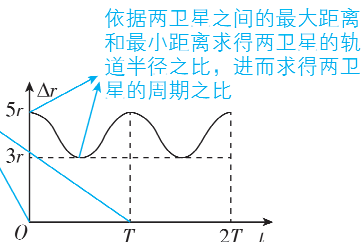


热量,即吸收的热量大于放出的热量,**B 正确**;根据热力学第二定律可知,该热机工作时,不能将吸收的热量全部转化为对外做功而不引起其他变化,**C 错误**;C 到 D 过程,气体经历等压变化,体积减小,温度降低,即内能在减小,由热力学第一定律可知,外界对气体做的功小于气体向外界放出的热量,**D 错误**.

7. C 卡住就看「突破点3」找思路、做练习

题图剖析

经过 T 时间,两卫星再次相距最远,由角度关系求两卫星的运动周期,进而计算两卫星从相距最近到相距最远的最短时间间隔



【解析】本题考查卫星追及问题.

由 $\Delta r-t$ 图像分析可知,A、B 每隔时间 T 再次相距最近(最远),设卫星 A、B 的轨道半径分别为 r_A 、 r_B ,则 $r_A+r_B=5r$, $r_B-r_A=3r$,解得 $r_A=r$, $r_B=4r$,则 $r_A:r_B=1:4$ (关键:卫星 A 的线速度大于卫星 B 的线速度,则 A 的轨道半径小于 B 的轨道半径),**A 错误**;

根据万有引力提供向心力可得 $G \frac{Mm}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$,则 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM}}$,则 $T_A:T_B=1:8$,又因为 $\left(\frac{2\pi}{T_A} - \frac{2\pi}{T_B}\right) \times T = 2\pi$ (点拨:时间 T 内卫星 A、B 之间的距离从最近到最近,或从最远到最远,即 A 比 B 多转一圈),解得 $T_A = \frac{7}{8}T$, $T_B = 7T$,**B 错误**;

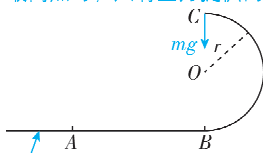
设卫星 A 的线速度大小为 v ,则 $v = \frac{2\pi r_A}{T_A} = \frac{16\pi r}{7T}$,**C 正确**;

设卫星 A、B 从相距最近到相距最远的最短时间间隔为 t ,则 $\left(\frac{2\pi}{T_A} - \frac{2\pi}{T_B}\right) \times t = \pi$,解得 $t = \frac{T}{2}$,**D 错误**.

8. D 卡住就看「突破点4」找思路、做练习

题图剖析

对 C 处小球受力分析,恰好能通过最高点时,只有重力提供向心力



全轨道光滑,小球在轨道上运动时只有重力做功

【解析】本题考查竖直圆周运动.

小球能经过 C 点,则有 $m \frac{v_C^2}{r} \geq mg$,从 B 到 C 由机械能守恒可知 $\frac{1}{2}mv^2 = 2mgr + \frac{1}{2}mv_C^2$,联立解得 $r \leq \frac{v^2}{5g}$,由图可知, r 最大值为 $r_m = 2$ m,可知 $v = \sqrt{5gr_m} = 10$ m/s,**A 错误**;

小球在 C 点做平抛运动,则有 $x = v_C t$, $2r = \frac{1}{2}gt^2$,可得 $x = \sqrt{40r - 16r^2}$ (m),则当

$r = -\frac{40}{2 \times (-16)} = 1.25$ m 时, x 有最大值 $x_m = 5$ m,**B 错误**;

小球在轨道上 B 点时有 $F_{NB} - mg = m \frac{v^2}{r}$,在 C 点时有 $F_{NC} + mg =$



$m \frac{v_C^2}{r}$, 从 B 到 C 由机械能守恒有 $\frac{1}{2}mv^2 = 2mgr + \frac{1}{2}mv_C^2$, 联立解得小球在 B 、 C 两点受到的弹力大小的差值 $\Delta F_N = F_{NB} - F_{NC} = 6mg$, 可知与 r 无关, **C 错误**; 设小球在半圆形轨道上距离 AB 高 h 的位置时速度为 v' , 由机械能守恒有 $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + mgh$, 在该点时有 $F_N - mg\cos\theta = m \frac{v'^2}{r}$, 其中 $\cos\theta = \frac{r-h}{r}$, 解得 $F_N = mg + m \frac{v^2}{r} - \frac{3mg}{r}h$, 可知 r 一定时, F_N 与 h 为线性关系, 则 r 一定时, 在小球沿轨道上升的过程中, 每上升相同的高度, 其受到的弹力大小的变化相等, **D 正确**.

单选重难突破

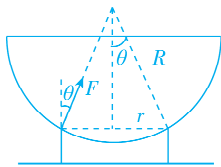
突破点 1 共点力平衡问题 (图解)

1. **C** 【解析】由平衡条件得, 物块受到的支持力大小 $N = F + mg\cos\theta = 18\text{ N}$, 物块受到的摩擦力大小 $f = \sqrt{T^2 + (mg\sin\theta)^2} = 5\text{ N}$, **C 正确**, **A、B、D 错误**.

2. **A**

题图剖析

模型简化图



【解析】设每个爪与锅间的弹力与竖直方向的夹角为 θ , 根据牛顿第三定律及平衡条件可得 $5F\cos\theta = Mg$ (点拨: 每个爪的

受力情况相同, 运用整体法), $\cos\theta = \frac{\sqrt{R^2 - r^2}}{R}$, 解得 $F =$

$$\frac{MgR}{5\sqrt{R^2 - r^2}}, \text{A 正确.}$$

3. **C** 【解析】人缓慢搬起重物的过程中, 脚掌受到的竖直向上的弹力 F_N 与人和重物的总重力平衡, 大小不变, **A 错误**; 大腿骨、小腿骨对膝关节的作用力大小 $F_1 = F_2$, 它们之间的夹角为 θ , 则有 $F = 2F_1\cos\frac{\theta}{2}$, 脚掌所受地面竖直向上的弹力约为 $F_N = F_1\sin\frac{\theta}{2}$, 人缓慢搬起重物的过程中夹角 θ 增大, 所以大腿骨、小腿骨对膝关节的作用力逐渐减小, 大、小腿部的肌群对膝关节的作用力 $F = \frac{2F_N}{\tan\frac{\theta}{2}}$ 减小, **C 正确**, **B 错误**; 脚掌所受地面竖直向上的弹力是因为地面发生形变而产生的, **D 错误**.

4. **B** 【解析】设一个磁极对磁体的作用力与竖直方向的夹角为 θ (如图 1), 正四面体的棱长为 L , 由底面图 (图 2), 根据

几何关系得 $\sin\theta = \frac{\frac{\sqrt{3}}{3}L}{L} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 根据平衡条件得 $3F\cos\theta =$



mg , 解得一个磁极对磁体的作用力大小为 $F = \frac{\sqrt{6}mg}{6}$, **B** 正确.

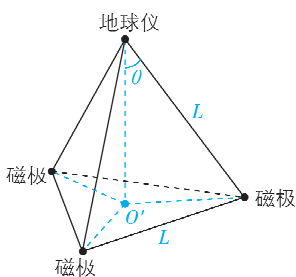


图 1

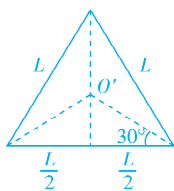


图 2

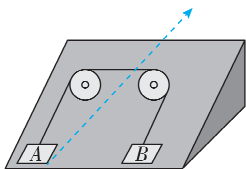
5. **B** 【解析】小球与凹槽整体的重力大小方向不变, 与跷跷板对凹槽的作用力等大反向, 则跷跷板对凹槽的作用力不变, **A** 错误; 小球所在处的凹槽切线总是水平的, 则小球对凹槽的压力大小始终等于小球的重力 mg , **B** 正确; 将小球跟凹槽视为整体, 开始时恰好静止, 那么根据受力平衡知, 跷跷板对凹槽的支持力大小为 $F_N = (m+M)g \cos 37^\circ = 0.8(m+M)g$, 则跷跷板对凹槽的摩擦力大小为 $f = (m+M)g \sin 37^\circ = 0.6(m+M)g$, **C**、**D** 错误.

6. **B** 【解析】

A 刚好不向下运动 (关键: A 所受摩擦力沿斜面向上且为最大静摩擦力), 对 A 有 $T_1 = m_A g \sin 60^\circ - \mu m_A g \cos 60^\circ$, 对 B 有

$$T_1' = m_B g \sin 60^\circ + \mu m_B g \cos 60^\circ, \text{ 又 } T_1 = T_1',$$

$$\text{联立解得 } \frac{m_A}{m_B} = \frac{2}{1}$$



A 刚好不向上运动 (关键: A 所受摩擦力沿斜面向下且为最大静摩擦力), 对 A 有 $T_2 = m_A g \sin 60^\circ + \mu m_A g \cos 60^\circ$, 对 B 有

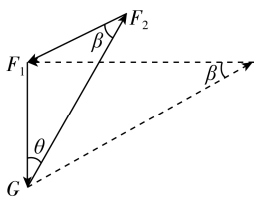
$$T_2' = m_B g \sin 60^\circ - \mu m_B g \cos 60^\circ, \text{ 又 } T_2 = T_2',$$

$$\text{联立解得 } \frac{m_A}{m_B} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2} \leq \frac{m_A}{m_B} \leq 2, \text{ B 正确}$$

7. **B** 【解析】设小球受到的重力为

G , 圆环沿逆时针方向转至乙绳与竖直方向的夹角为 θ 时, 甲、乙两绳中的弹力大小分别为 F_1 、 F_2 , 如图所示, 由物体平衡条件可知, F_1 、 F_2 的合力不变, G 、 F_1 和 F_2 组成一个



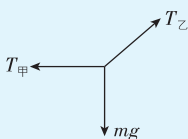
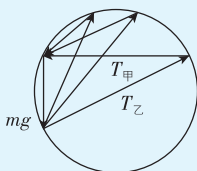
闭合的三角形, 由正弦定理可知 F_1 、 F_2 的夹角不变, 且有

$$\frac{G}{\sin \beta} = \frac{F_1}{\sin \theta} = \frac{F_2}{\sin (180^\circ - \beta - \theta)}, \text{ 圆环在竖直平面内, 从甲绳水平逆时针缓慢向左滚动至乙绳竖直的过程中, } \theta \text{ 减小, 可知}$$

F_1 、 F_2 均减小, 故甲绳中的弹力一直减小, 乙绳中的弹力一直减小, **B** 正确, **A**、**C**、**D** 错误.

一题多解

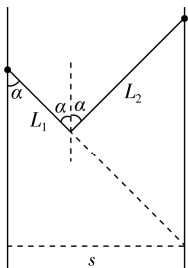
矢量圆法



两个拉力的夹角保持不变, 力的作用线长短的变化表示力的大小的变化, 如图所示, 甲、乙两绳的拉力逐渐变小, **B** 正确, **A**、**C**、**D** 错误.



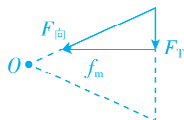
8. **A** 【解析】设两段绳子之间的夹角为 2α , 由平衡条件可知 $2F\cos\alpha = mg$, 解得 $F = \frac{mg}{2\cos\alpha}$. 设绳子的总长度为 L , 两杆之间的水平距离为 s , 悬挂点两边的绳子长度分别为 L_1, L_2 , 由几何关系可知 $L_1\sin\alpha + L_2\sin\alpha = s$, 解得 $\sin\alpha = \frac{s}{L_1+L_2} = \frac{s}{L}$, 若更换



为更长的轻绳, L 变大, α 变小, $\cos\alpha$ 变大, 所以绳子的拉力变小, **A 正确, B 错误**; 左手持杆缓慢竖直向下移动, L, s 都不变, 则 α 不变, 所以拉力不变, **C 错误**; 左手持杆顺时针缓慢以右杆为圆心画圆弧移动 (关键: 视作晾衣杆模型), 如图分析, s 变大, 则 α 变大, $\cos\alpha$ 变小, 绳子拉力变大, **D 错误**.

突破点 2 圆周运动 (供需匹配法)

1. **B** 【解析】当没有轻绳连接时, 物块做圆周运动的向心力由静摩擦力提供, 当角速度增大至 ω_1 时, 静摩擦力达到最大



值, 有 $\mu mg = m\omega_1^2 r$, 解得 $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$; 当用轻

绳连接两物块时, 物块受静摩擦力和轻绳拉力作用, 合力提供向心力, 两物块与圆心连线夹角为 30° , 由几何关系可知, 轻绳和两物块与圆心连线的夹角均为 $\frac{180^\circ - 30^\circ}{2} =$

75° , 根据矢量合成法则, 临界状态下, 向心力矢量末端到拉力矢量所在射线的距离表示最大静摩擦力大小, 如图, 即

$m\omega_2^2 r \sin 75^\circ = \mu mg$, 解得 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu g}{r \sin 75^\circ}}$, 由于 $\sin 75^\circ < 1$, 所以 $\omega_2 > \omega_1$, **B 正确**.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——颜开

使用轻绳连接后, 二者等效重心到圆心的距离 r_2 小于物块到圆心的距离 r_1 , 根据 $\mu mg = m\omega^2 r$, 则 $\omega_2 > \omega_1$, 故选 B.

2. **A** 【解析】设地球赤道上物体随地球自转的线速度大小为 v_0 , 地球的半径为 R , 则地球自转的周期 $T = \frac{2\pi R}{v_0}$, 设该物体

与地球之间的万有引力为 F , 物体自西向东运动时所受地面的支持力为 N_1 , 自东向西运动时所受地面的支持力为 N_2 , 则

有 $F - N_1 = m \frac{(v + v_0)^2}{R}$, $F - N_2 = m \frac{(v_0 - v)^2}{R}$, 两式相减并根据牛

顿第三定律可知 $\Delta N = N_2 - N_1 = \frac{4mv_0 v}{R}$, 则 $T = \frac{8\pi m v}{\Delta N}$, **A 正确**.

3. **C** 【解析】设拨浪鼓半径为 R , 细绳长为 l , 细绳与竖直方向夹角为 θ , 小球在水平面内做匀速圆周运动, 则有 $mg \tan\theta =$

$m(R + l \sin\theta) \omega^2$, 解得 $l = \frac{\frac{g}{\omega^2} \tan\theta}{\cos\theta}$, 由题意可知两小球角速度

相同, 由于 $L_A < L_B$, 则根据公式可知 $\alpha < \beta$, **A、B 错误**; 两小球轨道半径满足 $r_A < r_B$, 角速度 $\omega_A = \omega_B$, 则 $v_A < v_B$, **C 正确**; 细绳的拉

力大小为 $F = \frac{mg}{\cos\theta}$, 由于 $\alpha < \beta$, 则可得 $F_A < F_B$, **D 错误**.

4. **B** 【解析】摩托车沿弯道中心线做圆周运动, 最大静摩擦力提供向心力, 由 $kmg = m \frac{v_0^2}{R}$, 得车在弯道允许的最大速度

$v_0 = \sqrt{kgR} = \sqrt{\frac{18}{25} \times 10 \times 20} \text{ m/s} = 12 \text{ m/s}$, 要使在直道运动时



间最短,假设摩托车先匀加速、后匀减速,到达 B 点时速度恰好为车在弯道允许的最大速度 $v_0 = 12 \text{ m/s}$, 设加速过程的最大速度为 v_m , 则加速位移 $x_1 = \frac{v_m^2}{2a}$, 减速位移 $x_2 = \frac{v_m^2 - v_0^2}{2a}$, 总位移

$x_1 + x_2 = x_{AB} = 294 \text{ m}$, 解得 $v_m = 60 \text{ m/s} < 84 \text{ m/s}$, 说明车在直道无匀速阶段, 仅为先加速后减速, 假设成立, 加速时间 $t_1 = \frac{v_m}{a} = \frac{60}{12} \text{ s} = 5 \text{ s}$, 减速时间 $t_2 = \frac{v_m - v_0}{a} = \frac{60 - 12}{12} \text{ s} = 4 \text{ s}$, 总时间 $t = t_1 + t_2 = 9 \text{ s}$, **B 正确**.

5. **B** 【解析】游客在竖直平面内做匀速圆周运动, 则加速度的水平方向分量是由摩擦力产生的, 加速度的竖直分量是由重力和支持力的合力产生的, 设当游客与圆心连线与竖直方向的夹角为 θ 且静摩擦力达到最大时, 根据动力学关系有 $\mu N = m\omega^2 R \sin \theta$, $|mg - N| = m\omega^2 R \cos \theta$, 联立求得 $\omega^2 =$

$\frac{\mu g}{R(\mu \cos \theta + \sin \theta)}$ 或 $\omega^2 = \frac{\mu g}{R(\sin \theta - \mu \cos \theta)}$, 根据数学方法可知

ω 有最小值为 $\omega_{\min} = \sqrt{\frac{\mu g}{R \sqrt{1 + \mu^2}}}$, 所以 $\omega > \sqrt{\frac{\mu g}{R \sqrt{1 + \mu^2}}}$ 时, 游客

与座位将在某一位置处发生相对滑动, 题中要求的是游客和座位始终保持相对静止, 则角速度不能超过 $\sqrt{\frac{\mu g}{R \sqrt{1 + \mu^2}}}$, 即

线速度有最大值 $v_{\max} = \omega_{\min} R = \sqrt{\frac{\mu g R}{\sqrt{1 + \mu^2}}}$, **B 正确**.

易错警示

当计算出 ω 的表达式后可以判断 ω 有最小值, 不能直接认为线速度就有最小值, 需要根据物理含义判断临界条件.

6. **C** 【解析】小球通过与圆心等高点 A 时, 受重力和杆的作用力, 合力提供向心力, 方向水平指向圆心, 由矢量合成可知 $\sqrt{F_A^2 - (mg)^2} = m\omega^2$, 代入数据解得 $\omega = \sqrt{15} \text{ rad/s}$, **A 错误**; 小球通过最高点时, 根据牛顿第二定律有 $mg - F_1 = m\omega^2$, 解得 $F_1 = 1.0 \text{ N}$, **B 错误**; 小球通过最低点时, 根据牛顿第二定律有 $F_2 - mg = m\omega^2$, 解得 $F_2 = 7.0 \text{ N}$, **C 正确**; 小球从最高点向最低点运动的过程中, 根据矢量三角形及余弦定理可知 $F^2 = F_n^2 + G^2 - 2F_n G \cos \theta$, 其中 $F_n = m\omega^2$, $G = mg$, θ 代表 F_n 与 G 的夹角, θ 从 0 增大到 180° , 则杆对小球的作用力持续增大, **D 错误**.

7. **D** 【解析】对于质量为 M 、转动半径为 R 的物体, 根据

$\mu Mg = M\omega_0^2 R$, 可得临界角速度 $\omega_0 = \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$, 因 B 的转动半径较大, 则临界角速度较小, 则物体 B 先达到最大静摩擦力 (关键: 临界角速度和质量无关, 无需考虑质量), **A 错误**; 随着转盘的角速度从 0 开始增大, 根据 $f = m\omega^2 \cdot 2r$, 可知物体 B 所受静摩擦力指向圆心并逐渐增大, 当静摩擦力达到最大值

时, 有 $\mu mg = m\omega_1^2 \cdot 2r$, 即 $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{2r}}$, 此后轻绳出现张力, 以后

随角速度变大, 轻绳张力变大, 但 B 受到的静摩擦力不变, 直到 A 的静摩擦力达到最大; 因 $3m\omega^2 r > m\omega^2 \cdot 2r$, 可知随着角速度继续增大, B 的静摩擦力由指向圆心的最大值逐渐减小

然后反向增加到最大值, 最终当两物体再次达到最大静摩擦力时 B 的最大静摩擦力方向背离圆心, A 的最大静摩擦力方向指向圆心, 则 B 的静摩擦力大小先逐渐增加, 后保持不变, 然后逐渐减小, 再逐渐变大, 则 B 达到最大静摩擦力

时, 转盘的角速度不一定为 $\sqrt{\frac{\mu g}{2r}}$, **B、C 错误**; 当 A 指向圆心的静摩擦力刚达到最大时, 对 A 有 $T_1 + 3\mu mg = 3m\omega_2^2 r$, 对 B 有



$T_1 + \mu mg = m\omega_2^2 \cdot 2r$, 解得 $\omega_2 = \sqrt{\frac{2\mu g}{r}}$, 当 $A、B$ 将要相对转盘滑动时, 则对 A 有 $T_2 + 3\mu mg = 3m\omega_3^2 r$, 对 B 有 $T_2 - \mu mg = m\omega_3^2 \cdot 2r$, 解得 $\omega_3 = \sqrt{\frac{4\mu g}{r}}$, 可知在 $\sqrt{\frac{2\mu g}{r}} \leq \omega \leq \sqrt{\frac{4\mu g}{r}}$ 范围内, A 所受的摩擦力大小一直保持最大值不变, **D 正确**.

突破点 3 天体运动 (轨道分析法)

- 1. A** 【解析】鹊桥二号卫星在环月椭圆轨道运行时, 根据开普勒第三定律有 $\frac{a^3}{T^2} = k$, 同理对卫星互联网高轨卫星根据开普勒第三定律有 $\frac{r^3}{T^2} = k'$, 又根据万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$, 则有 $\frac{r^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$, 可知开普勒常量与中心天体的质量成正比, 所以 $\frac{M_{\text{地}}}{M_{\text{月}}} = \frac{k'}{k}$, 联立可得 $\frac{M_{\text{地}}}{M_{\text{月}}} = \frac{r^3}{a^3}$, **A 正确**.
- 2. D** 【解析】由图乙, 太空电梯与地心的距离为 $r_0 + R$ 时, 航天员所受地球的引力完全提供其随地球自转所需的向心力, 此时, 航天员与电梯舱间的弹力为零, **A 错误**. 航天员随地球自转所需的向心力 $F_n = ma_n = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 随着 r 的增加, 所需的向心力逐渐增加, 在 $r = r_0 + R$ 处, 引力完全提供所需的向心力, 此时航天员与电梯舱间的弹力为零; 当 $R < r < r_0 + R$ 时, 电梯舱对航天员的弹力表现为支持力, 则 $G \frac{Mm}{r^2} - F_n = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 解得 $F_n = G \frac{Mm}{r^2} - m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, F_n 随着 r 的增大而减小; 当 $r > r_0 + R$ 时, 电梯舱对航天员的弹力表现为指向地心的压力, 此时 $F_n = m \frac{4\pi^2}{T^2} r - G \frac{Mm}{r^2}$, F_n 随着 r 的增大而增大, **B 错误**. 在同步轨道高度处向心加速度大小 $a = \omega^2 (R + r_0)$, ω 为地球自转角速度, 则 $\omega = \frac{2\pi}{T}$, 代入数据解得 $a \approx 0.22 \text{ m/s}^2 \neq \frac{g}{3}$, **C 错误**. 太空电梯在同步轨道高度处时, 由于航天员受到的万有引力完全提供其所需的向心力, 则 $G \frac{Mm}{(r_0 + R)^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} (r_0 + R)$, 解得地球的质量为 $M = \frac{4\pi^2 (r_0 + R)^3}{GT^2}$, **D 正确**.
- 3. C** 【解析】由几何知识得, 静止轨道卫星的轨道半径为 $r = \frac{R}{\sin \theta}$, 由牛顿第二定律得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2 r}{T^2}$, 地球的平均密度为 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$, 联立解得 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2 \sin^3 \theta}$, **C 正确**.
- 4. B** 【解析】对物体 c , 根据万有引力与重力的关系有 $\frac{GMm_c}{R^2} - m_c g = m_c R \frac{4\pi^2}{T^2}$, 解得地球质量 $M = \frac{4\pi^2 R^3}{GT^2} + \frac{gR^2}{G}$, **A 错误**; 设静止卫星距地面的高度为 H , 则有 $\frac{GMm}{(R+H)^2} = m (R+H) \frac{4\pi^2}{T^2}$, 解得 $H = \left(R^3 + \frac{gR^2 T^2}{4\pi^2} \right)^{\frac{1}{3}} - R$, **B 正确**; 根据 $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$, 解得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$, 因为 a 的轨道半径小于 b 的轨道半径, 则有 $v_a > v_b$, 静止卫星和赤道上物体的周期相同, 由 $v = \frac{2\pi r}{T}$, 则有 $v_b > v_c$, 综合以上有 $v_a > v_b > v_c$, **C 错误**; 由万有引力



提供向心力有 $\frac{GMm}{r^2} = mr \frac{4\pi^2}{T^2}$, 解得 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$, 因为 a 的轨道半径小于 b 的轨道半径, 则有 $T_b > T_a$, 即 $T_c = T_b > T_a$, **D** 错误.

5. **D** 【解析】探测器在地球表面附近做匀速圆周运动的周期为 T_0 , 地球半径为 R_0 , 由万有引力提供向心力有 $G \frac{Mm}{R_0^2} = m \frac{4\pi^2}{T_0^2} R_0$, 则 $M = \frac{4\pi^2 R_0^3}{GT_0^2}$, **A** 错误; 地球的密度 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R_0^3} = \frac{3\pi}{GT_0^2}$, 由于小行星的密度与地球相同, 则小行星的质量 $M_{\text{行}} = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4\pi^2 R^3}{GT_0^2}$, 小行星的第一宇宙速度 $v = \sqrt{\frac{GM_{\text{行}}}{R}} = \frac{2\pi R}{T_0}$, **B** 错误; 由于该小行星绕太阳运行的轨道半长轴大于地球公转轨道半径, 根据开普勒第三定律可知, 小行星绕太阳运行的周期大于地球的公转周期, **C** 错误; 探测器在小行星表面附近做匀速圆周运动, 有 $\frac{GM_{\text{行}} m}{R^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$, 解得 $T = T_0$, **D** 正确.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——颜开

先定性分析, 同一中心天体, 环绕行星的轨道半长轴或轨道半径越大, 周期越大, **C** 错误; 根据 $T =$

$$2\pi \sqrt{\frac{R^3}{G\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}} = 2\pi \sqrt{\frac{3}{4\pi G\rho}}, \text{ 可知表面附近的环绕周期只取决于中心天体的密度, 因此探测器在小行星和地球表面附近环绕周期相同, 均为 } T_0, \text{D 正确.}$$

期只取决于中心天体的密度, 因此探测器在小行星和地球表面附近环绕周期相同, 均为 T_0 , **D** 正确.

6. **C** 【解析】由万有引力提供向心力得 $G \frac{m_1 m_2}{d^2} = m_1 \omega^2 r_1 = m_2 \omega^2 r_2$, 化简可得 $\frac{m_1}{m_2} = \frac{r_2}{r_1}$, 根据已知条件无法求得轨道半径的比值, 因此无法得到质量比, **A** 错误; 根据题意可得双星系统周期为 $T = 2(t_2 - t_1)$, 双星系统的角速度为 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2(t_2 - t_1)} = \frac{\pi}{t_2 - t_1}$, **B** 错误; 因为 $\frac{Gm_1 m_2}{d^2} = m_1 \omega^2 r_1$, 得 $Gm_2 = \omega^2 d^2 r_1$, 根据 $\frac{Gm_1 m_2}{d^2} = m_2 \omega^2 r_2$, 得 $Gm_1 = \omega^2 d^2 r_2$, 两式相加可得 $Gm_2 + Gm_1 = \omega^2 d^2 r_1 + \omega^2 d^2 r_2 = \omega^2 d^3$, 双星系统的总质量为 $m_1 + m_2 = \frac{\omega^2 d^3}{G} = \frac{\pi^2 d^3}{G(t_2 - t_1)^2}$, **C** 正确; 双星做圆周运动的速率之和为 $v_1 + v_2 = \omega(r_1 + r_2) = \frac{\pi d}{t_2 - t_1}$, **D** 错误.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——颜开

“较亮遮较暗”在 t_1 时刻, “较暗遮较亮”在 t_2 时刻, 两次“掩食”之间间隔半个周期, 因此 $T = 2(t_2 - t_1)$; 已知周期

优先利用双星系统的结论 $m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 d^3}{GT^2}$, 代入 T 得 $m_1 +$

$$m_2 = \frac{\pi^2 d^3}{G(t_2 - t_1)^2}, \text{C 正确.}$$

7. **D** 【解析】该卫星与月球同步绕地球运动, 可知卫星绕地球运动的周期等于月球公转周期, **A** 错误; 该卫星在 L_2



点绕地球做匀速圆周运动时,所受的合外力为地球和月球对它引力的合力,这两个引力方向相同,合力不为零,该卫星处于非平衡状态(点拨:静止或做匀速直线运动时为平衡状态,除此之外都为非平衡状态),**B 错误**;由 A 选项可得卫星与月球的角速度相等,根据 $v = \omega r$,可知 $v_{\text{卫}} : v_{\text{月}} = (L + d) : L$,**C 错误**;设地球的质量为 M ,月球的质量为 m_1 ,卫星的质量为 m_2 ,则对月球有 $G \frac{Mm_1}{L^2} = m_1 \omega^2 L$,对卫星有 $G \frac{Mm_2}{(L+d)^2} + G \frac{m_1 m_2}{d^2} = m_2 \omega^2 (L+d)$ (点拨:地球和月球对卫星的合力提供向心力,卫星的轨道半径为 $L+d$),其中 $M = km_1$,联立解得 $\frac{1}{(L+d)^2} + \frac{1}{kd^2} = \frac{L+d}{L^3}$,**D 正确**.

8. **B** 【解析】在地球表面,有 $GM = gR^2$,根据引力势能公式可知航天器在近地轨道上的 A 点引力势能为 $E_{pA} = -\frac{mgR^2}{R} = -mgR$,根据万有引力提供向心力则有 $\frac{GMm}{R^2} = \frac{mv_A'^2}{R}$,在近地轨道上的 A 点航天器机械能为 $E_A' = E_{pA} + \frac{1}{2}mv_A'^2 = -\frac{1}{2}mgR$,在转移轨道上的 B 点航天器引力势能为 $E_{pB} = -\frac{mgR^2}{R+h}$,在转移轨道上的 B 点航天器机械能为 $E_B = E_{pB} + \frac{1}{2}mv_B^2 = -\frac{mgR^2}{R+h} + \frac{1}{2}mv_B^2$,同理,在转移轨道上的 A 点航天器机械能为 $E_A = E_{pA} + \frac{1}{2}mv_A^2 = -mgR + \frac{1}{2}mv_A^2$,根据开普勒第二定律则有 $v_A R = v_B (R+h)$,航天器在转移轨道上运行时机械能守恒,则有 $E_A = E_B$ (点拨:利用航天器在转移轨道上运行时机械能守恒和开普勒第二定律求出其在转移轨道上的 A 点的速度),根据功能关系可知航天器从近地轨道加速进入转移轨道的过程中所做的功至少为 $W = E_A - E_A'$,联立可得 $W = E_A - E_A' = \frac{mgRh}{2(2R+h)}$,**B 正确**.

9. **C** 【解析】根据万有引力提供向心力有 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$,可得线速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$,所以火星与地球的线速度之比为 $\frac{v_M}{v_E} = \sqrt{\frac{r_E}{r_M}} = \sqrt{\frac{1}{1.5}} = \sqrt{\frac{2}{3}}$,**A 错误**;根据开普勒第三定律有 $\frac{r^3}{T^2} = k$,可得 $\left(\frac{T_M}{T_E}\right)^2 = \left(\frac{r_M}{r_E}\right)^3 = 1.5^3 = \frac{27}{8}$,所以火星与地球绕太阳公转的周期之比为 $\frac{T_M}{T_E} = \sqrt{\frac{27}{8}} = \frac{3\sqrt{3}}{2\sqrt{2}}$,**B 错误**;根据万有引力提供向心力有 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$,可得周期 $T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}}$,由于地球轨道半径更小,所以地球公转周期更短、角速度更大,相邻两次“火星合日”的时间间隔 Δt 满足 $(\omega_E - \omega_M) \Delta t = 2\pi$,这意味着在此期间地球绕太阳比火星绕太阳多运动了一圈,其中 $\omega = \frac{2\pi}{T}$,可得 $\Delta t = \frac{T_E T_M}{T_M - T_E}$,由开普勒第三定律可得 $T_M = \sqrt{1.5^3} T_E \approx 1.84$ 年,解得 $\Delta t \approx 2.19$ 年,从 2026 年 1 月 9 日算起,下一次“火星合日”约在 2.19 年后(即 2028 年初),显然在 2027 年 1 月 9 日之后,**C 正确, D 错误**.



突破点4 功、能类运动问题(速选功能角度)

1. **B** 【解析】根据动能定理有 $mgH = \frac{1}{2}mv_N^2$, 可得小球 a 和 b

到达轨道终点 N 的速度大小均为 $v_N = \sqrt{2gH}$, 小球 b 沿直线轨道做匀加速直线运动, 其 $v-t$ 图像为一条倾斜的直线, 小球 a 沿曲线轨道 I 运动过程中, 加速度逐渐减小, 则其 $v-t$ 图像的切线斜率逐渐减小, 且小球 a 所用时间小于小球 b 所用时间, **B 正确, A 错误**; 根据动能定理有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 小球 a 和 b 下滑过程速率平方 v^2 与下滑高度 h 的关系为 $v^2 = 2gh$, 可知小球 a 和 b 的 v^2-h 图像均为一条过原点的倾斜直线, **C、D 错误**.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——颜开

小球所受重力沿轨道切线方向的分力提供切向加速度, a 球的加速度逐渐减小, b 球做匀加速运动, a 的 $v-t$ 图线是一条曲线, 其斜率逐渐减小; 两球末速率相等, 所以 a 运动的时间更短, **B 正确**.

2. **D** 【解析】对物块 A 根据牛顿第二定律有 $mg - T = ma$ (易错: 错误地认为沿轻绳方向的加速度相等, 直接分解加速度), 对物块 B 根据牛顿第二定律有 $T \cos \theta = ma_B$, 解得 $a_B = (g - a) \cos \theta$, **A、B 错误**; 对物块 A 和 B 整体, 根据机械能守恒有 $mgh = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2$, 物块 A 和 B 的速度有 $v_A = v_B \cos \theta$, 联立解得 $v_A = \sqrt{\frac{2gh \cos^2 \theta}{1 + \cos^2 \theta}}$, **C 错误, D 正确**.

3. **A** 【解析】根据开普勒第二定律可知 $\frac{1}{2} \times 2Rv_0 \Delta t = \frac{1}{2} \times 4Rv_B \Delta t$, 飞船运动到 B 点时的速率 $v_B = \frac{2R}{4R}v_0 = \frac{1}{2}v_0$, 飞船由 A 运动到 B 的过程中机械能守恒 (注意: 飞船在一条轨道上运动, 机械能不变), 则有 $\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GMm}{2R} = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{GMm}{4R}$, 解得 $v_0 = \sqrt{\frac{2GM}{3R}}$, 飞船在半径为 $4R$ 的圆轨道上运行时有 $G \frac{Mm}{(4R)^2} = m \frac{v^2}{4R}$, 它的速率 $v = \sqrt{\frac{GM}{4R}} = \frac{\sqrt{6}}{4}v_0$, 飞船变轨过程根据动能定理有 $W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{16}mv_0^2$, **A 正确**.

4. **B** 【解析】运动员在圆弧轨道运动时, 加速度垂直轨道向上, 处于超重状态, **A 错误**; 运动员在圆弧轨道最低点时, 由牛顿第二定律得 $N_1 - mg = m \frac{v_1^2}{R}$, 由图乙知 $N_1 = 8mg$, 解得运动员在圆弧轨道最低点的速率为 $v_1 = \sqrt{7gR}$, 在 B 点时, 对运动员, 由牛顿第二定律得 $F_B - mg \cos \theta_1 = m \frac{v_B^2}{R}$, 从 B 点到最低点, 由机械能守恒定律得 $mgR(1 - \cos \theta_1) + \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv_1^2$, 由图乙知 $\cos \theta_1 = \frac{1}{2}$, 联立解得 $F_B = 6.5mg$, **B 正确, C 错误**; 运动员从 C 点做斜抛运动到最高点时, 水平速度不为 0, 动能不为 0, 由机械能守恒知, 其上升的最大高度小于 H , **D 错误**.

5. **B** 【解析】当滑块 A 滑上木板 B 后, 滑块 A 做匀减速直线运动, 木板 B 做匀加速直线运动, 二者共速后一起做匀速直



线运动,结合图乙可知 $E_{kA} = \frac{1}{2}m_A v^2 = 40 \text{ J}$, $E_{kB} = \frac{1}{2}m_B v^2 = 20 \text{ J}$,所以 $\frac{m_A}{m_B} = \frac{2}{1}$, **A 错误**; 设 A 、 B 间滑动摩擦力大小为 f , 对木板 B , 根据动能定理可得 $f x_{\text{板}} = E_{kB}$ (**关键: 已知位移和动能, 优选动能定理**), $x_{\text{板}} = 4 \text{ m}$, 解得 $f = 5 \text{ N}$, **B 正确**; 对滑块 A , 根据动能定理可得 $-f x_{\text{块}} = E_{kA} - E_{k0}$, $x_{\text{块}} = 10 \text{ m}$, 解得 $E_{k0} = 90 \text{ J}$, **C 错误**; A 和 B 之间因摩擦产生的热量为 $Q = f(x_{\text{块}} - x_{\text{板}}) = 5 \times (10 - 4) \text{ J} = 30 \text{ J}$, **D 错误**.

6. **D****思路导引**

题目描述的是通过滑轮连接的质量相等的两个物体 A 和 B 在解除锁定后运动的过程, 关键在于识别动滑轮的特性, 即 B 的位移大小是 A 的两倍, 从而确定两者的速度关系和高度变化关系. 系统机械能守恒, 重力势能减少量等于动能增加量, 结合速度关系可分别分析 A 和 B 的动能.

【解析】 根据动滑轮的性质, 当物体 B 下降距离 h 时, 物体 A 上升的高度为 $h_A = \frac{1}{2}h$, 物体 A 的重力势能增加量为 $\Delta E_{pA} = mgh_A = \frac{1}{2}mgh$, 系统重力势能的变化量 $\Delta E_p = mgh_A - mgh = -\frac{1}{2}mgh$, 即系统的重力势能减少了 $\frac{1}{2}mgh$, **A、B 错误**; 根据机械能守恒定律, 系统动能的增加量 $\Delta E_k = -\Delta E_p = \frac{1}{2}mgh$, **D 正确**; A 与 B 的速度大小关系为 $v_B = 2v_A$, 系统的动能增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{5}{8}mv_B^2$, 由此解得物体 B 的动能增加量 $E_{kB} = \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{2}{5}mgh$, **C 错误**.

7. **C** **【解析】** 滑块进入 AB 段, 滑动摩擦力逐渐增大, 最初动摩擦因数较小, 重力沿斜面向下的分力大于滑动摩擦力, 故先做加速度减小的加速运动, 后重力沿斜面向下的分力小于滑动摩擦力, 做加速度增大的减速运动, **A 错误**; 从 $O \rightarrow A$, 有 $mgd \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2$, 经过 A 点时重力的功率为 $P = mgv \sin \theta = mg \sin \theta \sqrt{2gd \sin \theta}$, **B 错误**; 滑块下滑一段微小距离 Δx 由动能定理有 $mg \Delta x \cdot \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot \Delta x = \Delta E_k$, 对 OB 段求和得 $mg \cdot 3d \sin \theta - mg \cos \theta \cdot \sum \mu \Delta x = 0$, 由图乙可得 $\sum \mu \Delta x = \frac{1}{2} \times 2d \mu_B$, 解得 $\mu_B = 3 \tan \theta$, **C 正确**; 从 $x = \frac{d}{2}$ 处到 $x = 2d$ 处, 重力做功为 $W_G = \frac{3}{2}mgd \sin \theta$, 摩擦力做功为 $W_f = -mg \cos \theta \cdot \frac{1}{2}d \cdot \frac{\mu_B}{2} = -\frac{3}{4}mgd \sin \theta$, 因 $W_G > |W_f|$, 故滑块从 $x = \frac{d}{2}$ 处由静止释放能到达 $x = 2d$ 处, **D 错误**.

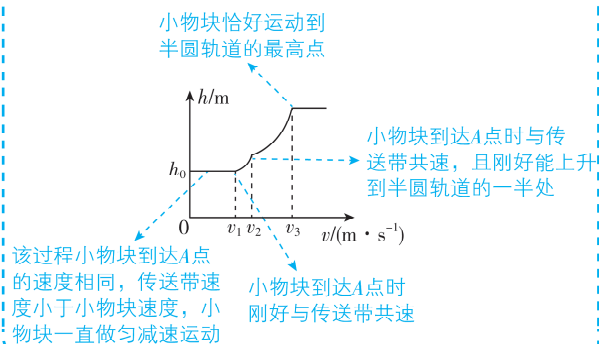
8. **C** **【解析】** 滑动摩擦力 $f = \mu mg = 0.5 \times 2 \times 10 \text{ N} = 10 \text{ N}$, 缓慢移动过程中, 根据功能关系, 外力 F 做的功等于弹性势能增加量与克服摩擦力做功之和, 即 $W_F = \frac{1}{2}kx_1^2 + fx_1 = \frac{1}{2} \times 100 \times 0.5^2 \text{ J} + 10 \times 0.5 \text{ J} = 17.5 \text{ J}$, **A 错误**; 撤去外力后, 设物块向右运动到最远处距离弹簧原长处 x_2 , 根据能量守恒定律有 $\frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}kx_2^2 + f(x_1 + x_2)$, 解得 $x_2 = 0.3 \text{ m}$, 则向右运动的最大距离为 $x_1 + x_2 = 0.8 \text{ m}$, **B 错误**; 分析可知, 各阶段分别满足简谐运



动, 简谐运动周期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\sqrt{2}\pi}{5} \text{ s}$, 物块从释放到向右运动到最远处速度减为零, 历时 $t_1 = \frac{T}{2}$, 此时弹簧弹力大小 $F_{\text{弹}} = kx_2 = 30 \text{ N} > f$, 物块将向左运动, 根据能量守恒定律有 $\frac{1}{2}kx_2^2 = \frac{1}{2}kx_3^2 + f(x_3 + x_2)$, 解得 $x_3 = 0.1 \text{ m}$, 此时弹簧弹力大小 $F'_{\text{弹}} = kx_3 = 10 \text{ N} = f$, 物块最终静止, 历时 $t_2 = \frac{T}{2}$, 总时间 $t = \frac{T}{2} + \frac{T}{2} = T = \frac{\sqrt{2}\pi}{5} \text{ s}$, **C 正确**; 从释放物块到最终静止过程产生的热量等于克服摩擦力做的总功, 路程 $s = (0.5 + 0.3) \text{ m} + (0.3 + 0.1) \text{ m} = 1.2 \text{ m}$, 产生的热量 $Q = fs = 10 \times 1.2 \text{ J} = 12 \text{ J}$, **D 错误**.

9. **C**

题图剖析



【解析】若小物块从开始运动到第一次到达 A 点的过程中一直做匀减速运动, 由动能定理得 $-\mu mgL = \frac{1}{2}mv_A^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v_A = \sqrt{3} \text{ m/s}$, 则传送带的速度 $v \leq \sqrt{3} \text{ m/s}$ 时, 小物块第一次到达 A 点的速度均为 $\sqrt{3} \text{ m/s}$, 故小物块在半圆轨道上上升的高度不随 v 的变化而变化, 即 $v_1 = \sqrt{3} \text{ m/s}$, 小物块在半圆轨道上运动过程, 由动能定理得 $-mgh_0 = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$, 解得 $h_0 = 0.15 \text{ m}$, **A、D 错误**; 若小物块到达 A 点时与传送带共速, 且刚好能上升到半圆轨道的一半处, 由动能定理得 $0 - \frac{1}{2}mv_2^2 = -mgR$, 解得 $v_2 = \sqrt{2gR} = 2 \text{ m/s}$, **B 错误**; 若传送带速度大于小物块速度, 小物块做匀加速运动, 假设小物块一直加速, 根据动能定理有 $\mu mgL = \frac{1}{2}mv'^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $v' = \sqrt{15} \text{ m/s}$, 即当传送带的速度 $v \geq \sqrt{15} \text{ m/s}$ 时, 小物块第一次到达 A 点的速度均为 $\sqrt{15} \text{ m/s}$, 若小物块恰好能到半圆轨道最高点, 则有 $mg = m\frac{v_m^2}{R}$, 解得 $v_m = \sqrt{gR} = \sqrt{2} \text{ m/s}$, 由能量守恒定律得 $\frac{1}{2}mv_{A1}^2 = \frac{1}{2}mv_m^2 + mg \times 2R$, 解得 $v_{A1} = \sqrt{10} \text{ m/s} < \sqrt{15} \text{ m/s}$, 即当小物块第一次到达 A 点时的速度 $v_{A1} \geq \sqrt{10} \text{ m/s}$ 时, 小物块在半圆轨道上上升的高度不变, 即 $v_3 = \sqrt{10} \text{ m/s}$, **C 正确**.

突破点 5 交变电流综合计算 (两步判断法)

1. **D** **【解析】**滑动变阻器滑片向上滑动时, 接入电路的阻值 R 增大, 将副线圈负载等效到原线圈一侧电路, 等效电阻 $R' = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 R = \frac{R}{16}$, 故等效电阻 R' 增大, 电源电压有效值 U_0



不变,原线圈电流 $I_1 = \frac{U_0}{R_0 + R}$ 减小,原线圈两端电压 $U_1 = U_0 - I_1 R_0$ 增大,根据 $\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} = 4$,可得 $U_2 = 4U_1$, U_1 增大,因此 U_2 增大,故电压表示数变大, **A、B 错误**;根据 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ 可知, I_1 减小,因此 I_2 减小,故电流表示数变小, **C 错误**;电源输出功率 $P = U_0 I_1$, U_0 不变, I_1 减小,因此 P 减小, **D 正确**.

快解**等效电源法**

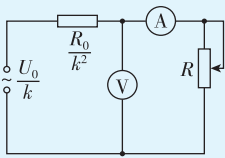
原线圈串联有定值电阻,用等效

电源法,令 $\frac{n_1}{n_2} = k$,则等效电源电

动势为 $\frac{U_0}{k}$,原线圈电阻等效为

$\frac{R_0}{k^2}$,等效电路如图所示,滑动变阻器滑片向上滑动时,接入

电路的阻值 R 增大,则总电阻增大,等效电源电动势不变,总电流减小,即电流表示数减小,电源输出功率减小, **C 错误, D 正确**;将定值电阻看作内阻,则内电压减小,则外电压增大,即电压表示数增大, **A、B 错误**.



2. **C** 【解析】将变压器与负载等效为一个电阻,则有 $R_{\text{等}} = \frac{U_1}{I_1}$,根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, $U_2 = I_2 (R_0 + R)$,联立解得 $R_{\text{等}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 (R_0 + R)$,理想变压器原线圈接 $e = 220\sqrt{2} \sin(100\pi t) \text{ V}$ 的交流电,则原线圈电路中接入的交流电源电压有效值 $E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} = 220 \text{ V}$,在等效电路中,根据闭合电路欧姆定律,可得 $I_1 = \frac{E}{r + R_{\text{等}}}$,滑片向下滑动的过程中, R 接入电路的阻值变大,根据 $R_{\text{等}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 (R_0 + R)$,可知 $R_{\text{等}}$ 变大,故原线圈中的电流 I_1 变小,根据 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$,可知副线圈中的电流 I_2 变小,即电流表的示数变小;在原线圈电路中有 $E = I_1 r + U_1$,可知原线圈两端的电压 U_1 变大,根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$,可知副线圈两端的电压 U_2 变大,即电压表的示数变大, **A 错误**. 将电阻 r 视为 **关键点** 电源内阻,可知当外电阻等于电源内阻时,外电阻消耗的功率最大,即 $R_{\text{等}} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 (R_0 + R) = r$,代入数据解得 $R = 100 \Omega$,即当 $R = 100 \Omega$ 时变压器输出功率最大,又因 R 的最大阻值为 120Ω ,故滑片向下滑动的过程中,理想变压器的输出功率先增大再减小, **B 错误, C 正确**. 在原线圈电路中有 $E = I_1 r + U_1$,根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$,联立解得 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} E - I_2 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 r$,可得 $\frac{\Delta U}{\Delta I} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 r = \left(\frac{5}{2}\right)^2 \times 20 \Omega = 125 \Omega$, **D 错误**.

关键点拨

在 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 的计算中,若 U 、 I 测的是定值电阻两端的电压、电流,则比值为定值电阻阻值;若测的是可变化电阻两端的电压、电流,则需根据闭合电路欧姆定律,找出电源内阻或等效电源内阻.

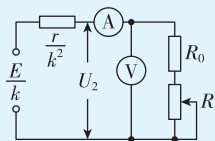


1 min 速解

哈尔滨工业大学——颜开

等效电路如图所示, 令 $\frac{n_1}{n_2} = k$, 则

$$E_{\text{效}} = \frac{E}{k}, r_{\text{效}} = \frac{r}{k^2} = 125 \Omega, U_2 = E_{\text{效}} -$$



$I_2 r_{\text{效}}$. k 不变, 滑片向下滑, R 增大, $r_{\text{效}}$ 不变, $E_{\text{效}}$ 不变, I_2 减小, 等效内阻分压减小, 则 U_2 增大, 即电流表示数减小, 电压表示数增大, **A 错误**. 当外电阻等于等效电源内阻时, 有最大输出功率, 即 $r_{\text{效}} = R_0 + R$, 解得 $R = 100 \Omega$ 时变压器输出功率最大, 滑片继续下滑, 变压器输出功率减小, **B 错误, C 正确**. 由 $U_2 = E_{\text{效}} - I_2 r_{\text{效}}$ 知 $\frac{\Delta U}{\Delta I} = r_{\text{效}} = 125 \Omega$, **D 错误**.

3. **D** 【解析】原线圈输入电压的有效值为 $U_1 = \frac{220\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \text{ V} =$

220 V, 根据理想变压器电压与匝数的关系, 有 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$, 解得

$U_2 = 55 \text{ V}$, 根据理想变压器电流与匝数的关系, 有 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$, 解得

$I_2 = 2 \text{ A}$, R_1 消耗的功率为 $P_{R1} = I_2^2 R_1 = 2^2 \times 5.5 \text{ W} = 22 \text{ W}$, **A 错误**; 变压器的输入功率 $P_1 = U_1 I_1 = 220 \times 0.5 \text{ W} = 110 \text{ W}$, **B 错误**; 电阻 R_1 两端的电压为 $U_{R1} = I_2 R_1 = 2 \times 5.5 \text{ V} = 11 \text{ V}$, 电阻 R_2 和电动机两端电压均为 $U_{\text{并}} = U_2 - U_{R1} = 44 \text{ V}$, 通过 R_2 的电

流为 $I_{R2} = \frac{U_{\text{并}}}{R_2} = \frac{44}{44} \text{ A} = 1 \text{ A}$, 通过电动机的电流为 $I_M = I_2 - I_{R2} =$

1 A, 电动机消耗的总功率为 $P_{\text{机}} = U_{\text{并}} I_M = 44 \times 1 \text{ W} = 44 \text{ W}$, 电动机的内阻消耗的功率为 $P_{\text{热}} = I_M^2 r_M = 1^2 \times 11 \text{ W} = 11 \text{ W}$, 电动机的输出功率为 $P_{\text{出}} = P_{\text{机}} - P_{\text{热}} = 33 \text{ W}$, **C 错误, D 正确**.

易错警示

电动机属于非纯电阻元件, 当电动机正常工作时, 消耗的功率包含电动机输出的功率和内阻产热功率两部分, 即 $UI = I^2 r + P_{\text{出}}$, 所以计算其两端电压时, 不可以直接用 $U = Ir$ 计算.

4. **D** 【解析】设最大阻值为 40Ω 的滑动变阻器 R_3 滑片与最左端之间的电阻阻值为 R , 则滑动变阻器接入电路的等效

电阻 $R'_3 = \frac{R \cdot (40 - R)}{R + 40 - R} \Omega = \frac{R \cdot (40 - R)}{40} \Omega$, 将滑动变阻器 R_3

的滑片从左端滑至 c 点的过程中 R'_3 先增大后减小, 副线圈的

$$\text{等效电阻 } R_{\text{效}} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{\frac{n_1}{n_2} U_2}{\frac{n_1}{n_2} I_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \cdot \frac{U_2}{I_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \cdot$$

$\left[R_2 + \frac{R \cdot (40 - R)}{40} \right] \Omega$, $R_{\text{效}}$ 先增大后减小, 因此等效总电阻

$R_{\text{总}} = R_1 + R_{\text{效}}$ 也先增大后减小, 总电流 $I_1 = \frac{U}{R_{\text{总}}}$, 故原线圈电流

I_1 先减小后增大, 定值电阻 R_1 消耗的电功率 $P_1 = I_1^2 R_1$, 故 R_1 消耗的电功率先减小后增大, **A 错误**; 理想变压器输出功率等于等效电阻 $R_{\text{效}}$ 的功率 (关键: 理想变压器的输出功率等于输入功率, 也等于负载电阻总的消耗功率), 电源等效内阻

为 $R_1 = 10 \Omega$, 而 $R_{\text{效}} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \cdot \left[R_2 + \frac{R \cdot (40 - R)}{40} \right] \Omega =$

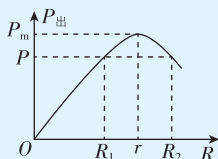
$\left[40 + \frac{R \cdot (40 - R)}{10} \right] \Omega$, 因此 $R_{\text{效}}$ 最小值为 40Ω , 大于 R_1 , 根



据电源输出功率规律“外电阻大于内阻时,外电阻越大,输出功率越小”可知,由于 $R_{\text{效}}$ 先增大后减小,因此输出功率先减小后增大, **B 错误**;原线圈电流 I_1 先减小后增大,原线圈电压 $U_1 = U - I_1 R_1$,故 U_1 先增大后减小, **C 错误**;原线圈电压 $U_1 = U - I_1 R_1$, $U_1 = \frac{n_1}{n_2} U_2$, $I_1 = \frac{n_2}{n_1} I_2$,故 $\frac{n_1}{n_2} U_2 = U - \frac{n_2}{n_1} I_2 R_1$,即 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 I_2 R_1$, $\left| \frac{\Delta U_2}{\Delta I_2} \right| = R_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = 10 \times \left(\frac{110}{220}\right)^2 \Omega = 2.5 \Omega$, **D 正确**.

关键点拨

等效电路中理想变压器的输出功率问题,可类比于纯电阻电路中电源的最大输出功率图像分析,如图所示.



5. **B** 【解析】题图中“500 kV”指交流电的有效值, **A 错误**;

根据理想变压器原、副线圈电压与线圈匝数的关系 $\frac{U_3}{U_4} =$

$\frac{n_3}{n_4}$,解得 $U_3 = 1\,060\text{ kV}$,直流输电线损失的电压为 $\Delta U = U_2 -$

$U_3 = 40\text{ kV}$, **B 正确**;输电线上的电流为 $I_2 = \frac{\Delta U}{R} = 4\,000\text{ A}$,功

率为 $P = I_2 U_2 = 4\,000 \times 1\,100 \times 10^3\text{ W} = 4.4 \times 10^9\text{ W}$, **C 错误**;当用户端负载增加时, T_1 输出端增加的功率等于用户端增加的功率与输电线上增加的损失功率之和,故用户端增加的功率小于 T_1 输出端增加的功率, **D 错误**.

6. **D** 【解析】将理想变压器及两副线圈回路视为等效电

阻,由 $\frac{U_0^2}{R_{\text{等}}} = \frac{U_1^2}{R_1} + \frac{U_2^2}{R_L}$, $\frac{U_0}{n_0} = \frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2}$,有 $\frac{1}{R_{\text{等}}} = \frac{n_1^2}{n_0^2} \cdot \frac{1}{R_1} + \frac{n_2^2}{n_0^2} \cdot \frac{1}{R_L}$,令

$R'_1 = \frac{n_1^2}{n_0^2} R_1$, $R'_L = \frac{n_2^2}{n_0^2} R_L$,作出等效电路图如图所示, P 上滑, R_1

变大、 R'_1 变大,根据串反并同,灯泡将变亮, R_2 消耗的功率将增大, **A、B 错误**;将交流电源、 R_2 、 R_3 作为等效电源 1,电源电

压有效值为 $U = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\text{ V} = 120\text{ V}$,则 $U'_1 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} U = 80\text{ V}$, $r_1 =$

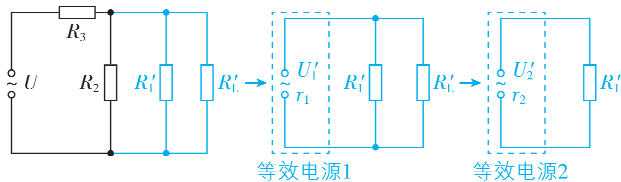
$\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 8\ \Omega$, $R_1 = 2\ \Omega$ 时, $R'_1 = R'_L = 8\ \Omega$, $R_{\text{并}} = \frac{R'_1 R'_L}{R'_1 + R'_L} = 4\ \Omega$,则

$U_0 = \frac{U'_1}{r_1 + R_{\text{并}}} R_{\text{并}} = \frac{80}{3}\text{ V}$,变压器输入功率为 $P_{\text{入}} = \frac{U_0^2}{R_{\text{并}}} = \frac{1\,600}{9}\text{ W}$, **C**

错误;将等效电源 1、 $R'_L = 8\ \Omega$ 作为等效电源 2,则有 $U'_2 = \frac{R'_L U'_1}{r_1 + R'_L} =$

40 V , $r_2 = \frac{r_1 R'_L}{r_1 + R'_L} = 4\ \Omega$, $R_1 = 1\ \Omega$ 时, $R'_1 = 4\ \Omega = r_2$, R_1 消耗的电功率

最大, $P_{1\text{m}} = \frac{U'^2_2}{4r_2} = 100\text{ W}$, **D 正确**.

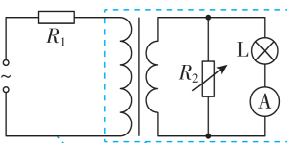




7. **C** 【解析】由变压器电压与匝数的关系得 V_2 示数 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$, 电压表 V_1 示数 $U'_1 = \frac{1}{n_1} U_1$ (关键: V_1 所在副线圈为单匝线圈), 由题图可得 $U_2 > U'_1$, **A 错误**; 根据电压关系 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 由闭合电路欧姆定律可得 U_1 满足 $U_1 = U - I_1 R_1$, U_2 满足 $U_2 = I_2 R_2$, 再联立电流关系 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$, 可得 $U = I_1 R_1 + I_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 R_2$, 则原线圈电流 $I_1 = \frac{U}{R_1 + \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 R_2}$, 增大 R_2 , 则 I_1 减小, 根据 $P = I_1^2 R_1$ 可得 R_1 的功率减小, **B 错误**; 增大 R_2 后 I_1 减小, 由 $U_1 = U - I_1 R_1$ 可知 U_1 增大, V_1 示数 $U'_1 = \frac{1}{n_1} U_1$ 增大, 又 $U_2 = \frac{n_2}{n_1} U_1$, 因此 U_2 也增大, 即 V_2 示数增大, 两电压表示数均增大, **C 正确**; 由 B 选项分析, 可将变压器与负载等效为一个电阻 $R = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 R_2$, R_2 的功率等于原线圈输入功率, 可将 R_1 与交流电源等效为一个新的电源, 原线圈输入功率为新电源输出功率, 等效电源输出功率在 $R_1 = R$ 时最大, 因此增大 R_2 时, 若 $R = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 R_2$ 初始小于 R_1 , R_2 功率会先增大, 不是一定减小, **D 错误**.

8. **C**

题图剖析



等效为一个电阻, 阻值为 $R_{\text{等效}} = \frac{\left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 R_2 R_L}{R_2 + R_L}$

原线圈中的电流有效值为 $I_1 = \frac{U}{R_1 + R_{\text{等效}}}$

变压器的输出功率即为等效电阻消耗的功率

- 【解析】初始时, R_2 和灯泡 L 并联后的电阻为 $R_{\text{副}} = \frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L} = 15 \Omega$, 变压器以及副线圈负载的等效电阻为 $R_{\text{等效}} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 R_{\text{副}} = 60 \Omega$, 则原线圈中的电流有效值为 $I_1 = \frac{U}{R_1 + R_{\text{等效}}} = \frac{220}{20 + 60} \text{ A} = 2.75 \text{ A}$, 副线圈中的电流有效值为 $I_2 = \frac{n_1}{n_2} I_1 = 5.5 \text{ A}$, 由于电阻箱与灯泡电阻相等, 故电流表的示数为 2.75 A , **A 错误**; 逐渐增大 R_2 的阻值, 则等效电阻 $R_{\text{等效}}$ 变大, 则原线圈中的电流减小, R_1 两端的电压变小, **B 错误**; 将 R_1 等效为电源内阻, 则当 $R_{\text{等效}} = R_1$ 时, 变压器的输出功率最大, 即 $R_1 = R_{\text{等效}} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 R_{\text{副}} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L} = 20 \Omega$, 解得 $R_2 = 6 \Omega$, **C 正确**; 若将 R_1 换为导线, 根据 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$, 解得 $U_2 = 110 \text{ V}$, 若将 R_1 换为理想二极管, 由于二极管具有单向导电性, 则灯泡 L 两端电压的有效值将小于 110 V , **D 错误**.



突破点 6 热力学综合问题 (双列式)

1. **B** 【解析】 ab 反向延长线过原点, 故该过程为等压过程, 外界对气体做功为 $W = p(V_1 - V_2)$, **A 错误**; 由 $\frac{pV}{T} = C$, 得 $V_1 = \frac{CT_1}{p}$, $V_2 = \frac{CT_2}{p}$, 气体对外界做功 $W' = p(V_2 - V_1) = C(T_2 - T_1)$, **B 正确**; 由热力学第一定律得, 气体内能变化 $\Delta U = p(V_1 - V_2) + Q$, **C、D 错误**.
2. **B** 【解析】瓶内空气的压强 $p = p_0 + \rho gh$, 下降过程中, h 增大, 气体压强增大, 气体温度不变, 由玻意耳定律 $pV = C$ 可知, 气体体积减小, 所以外界对瓶中空气做正功, 即 $W > 0$, **A 错误**; 气体温度不变, 则理想气体的内能不变, 即 $\Delta U = 0$, 由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知, $Q < 0$, 所以瓶内空气向外界放出热量, **B 正确**; 下降过程中水温不变, 则气体的温度不变, 所以气体分子的平均动能不变, **C 错误**; 气体的温度不变, 气体分子的平均动能不变, 平均速率不变, 气体体积减小, 气体分子数密度增大, 所以单位时间与单位面积瓶壁碰撞的分子数增加, **D 错误**.
3. **D** 【解析】将变质量问题转化为定质量问题, 由玻意耳定律得 $p_1(nV_0 + V_1) = p_2V_1$, 壶中原来空气的体积 $V_1 = 0.6 \text{ L}$, 解得 $n = 10$ 次, **A 错误**; 充气后气体温度不变而分子数增加, 故充气后瓶内气体内能较大, **B 错误**; 喷液过程中, 温度不变, 分子平均运动速率不变, 但是体积变大, 单位体积内分子数量减少, 压强减小, 所以气体分子单位时间内对器壁单位面积上的碰撞次数减少, **C 错误**; 外界对气体做负功, $W = -\frac{(p_1 + p_2)}{2} \times \Delta V = -90 \text{ J}$, 由热力学第一定律 $\Delta U = W + Q = 0$, 解得 $Q = 90 \text{ J}$, **D 正确**.
4. **B** 【解析】假设 $a \rightarrow b$ 为绝热过程, $a \rightarrow b$ 气体体积增大, 气体对外做功, 根据热力学第一定律知, 气体内能减小, 气体温度降低, $b \rightarrow c$ 气体做等容变化, 气体压强减小, 气体温度降低, 则 a 状态的温度大于 c 状态的温度, 与 $c \rightarrow a$ 为等温过程不符, 故假设不成立, 则 $a \rightarrow b$ 为等温过程, $c \rightarrow a$ 为绝热过程, **A 错误**; $a \rightarrow b$ 为等温过程, $b \rightarrow c$ 气体做等容变化, 气体压强减小, 气体温度降低, 故气体在状态 c 时温度最低, 气体在状态 c 时分子平均动能最小 (点拨: 温度是分子平均动能的标志), **B 正确**; $c \rightarrow a$ 过程中, 气体温度升高, 气体内能增大, 气体体积减小, 外界对气体做功, $c \rightarrow a$ 为绝热过程, 由热力学第一定律知, $c \rightarrow a$ 过程中外界对气体做的功等于气体内能的增加量, **C 错误**; 根据 $p-V$ 图像知, $a \rightarrow b$ 过程气体对外界做的功比 $c \rightarrow a$ 过程外界对气体做的功多, 则 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ 过程气体对外界做功, $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ 过程气体温度不变, 内能不变, 由热力学第一定律知, $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$ 过程中气体放出的热量小于吸收的热量, **D 错误**.
5. **C** 【解析】根据 $\frac{pV}{T} = C$, 可知 $a \rightarrow b$ 过程中气体压强增大, **A 错误**; $b \rightarrow c$ 过程中, $V-T$ 图线的反向延长线是过原点的直线, 气体压强不变, 又该过程中气体温度升高, 分子的平均速率增大, 则气体分子单位时间撞击单位面积器壁的次数减少, **B 错误**; 外界对气体做的功大小和气体对外界做的功大小均等于 $p\Delta V$ (点拨: 计算气体做功, 使用 $p\Delta V$ 较为

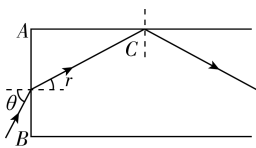


简单), $a \rightarrow b$ 过程和 $b \rightarrow c$ 过程的 ΔV 相同, 但 $a \rightarrow b$ 过程中气体的压强小于 $b \rightarrow c$ 过程中气体的压强, 所以 $a \rightarrow b$ 过程中外界对气体做的功小于 $b \rightarrow c$ 过程中气体对外界做的功, **C 正确**; $c \rightarrow a$ 过程中, 气体体积不变, 外界不对气体做功, 又温度降低, 气体内能减小, 根据热力学第一定律可知气体放出的热量等于其内能减小量, **D 错误**.

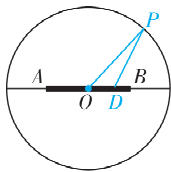
6. **B** 【解析】对汽缸和活塞整体分析有 $F_{\text{弹}} = (m+M)g \sin \theta$, 对活塞受力分析有 $F_{\text{弹}} + p_1 S = mg \sin \theta + p_0 S$ (关键: 灵活使用整体法与隔离法), 解得 $p_1 = 8 \times 10^4 \text{ Pa}$, **A 错误**; 汽缸内气体的温度从 T_1 上升到 T_2 , 此时汽缸底部恰好接触到斜面底端的挡板, 此过程中封闭气体的压强不变, 则有 $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$, 且内能增加量 $\Delta U = kT_2 - kT_1$, 外界对气体做的功 $W = -p_1(V_2 - V_1)$, 根据热力学第一定律有 $\Delta U = W + Q$, 解得 $Q = 0.1 \text{ J}$, **B 正确**; 当温度达到 T_3 时弹簧恰好恢复原长, 对活塞根据受力平衡有 $p_0 S + mg \sin \theta = p_3 S$, 代入得 $p_3 = \frac{p_0 S + mg \sin \theta}{S} = 1.1 \times 10^5 \text{ Pa}$, **C 错误**; 由理想气体状态方程得 $\frac{p_1 L_1 S}{T_1} = \frac{p_3 (L_1 + L_2 + \Delta x) S}{T_3}$, 再由胡克定律知 $k_1 \Delta x = (M+m)g \sin \theta$, 代入数据得 $T_3 \approx 399 \text{ K}$, 因为 $380 \text{ K} < 399 \text{ K}$, 故温度为 380 K 时弹簧处于伸长状态, **D 错误**.

突破点 7 折射与全反射问题 (画图法)

1. **B** 【解析】为使光能从玻璃丝的 AB 端面传播到另一端面, 则光在玻璃丝内发生全反射, 光路图如图所示, 根据折射定律有 $n = \frac{\sin \theta}{\sin r}$, 又根据全反射临界角公式 $n = \frac{1}{\sin C}$, 由几何关系得 $C + r = 90^\circ$, 联立解得 $\sin \theta = \sqrt{n^2 - 1}$, 当入射角 θ 越小时, 在上下表面越容易发生全反射, 所以应该满足 $\sin \theta < \sqrt{n^2 - 1}$, **B 正确**.



2. **A** 【解析】如图所示, 对于 OB 间任意发光点 D , 其发出光线到球面 P 点, 由正弦定理得 $\frac{R}{\sin \angle ODP} = \frac{OD}{\sin \angle OPD}$, 则有



$\sin \angle OPD = \frac{OD}{R} \sin \angle ODP$, 可知 $\angle ODP =$

90° , $OD = OB$ 时, $\sin \angle OPD$ 最大, 结合题意可知, 从 B 点垂直 AB 射出的光在半球面上的入射角 θ 恰好为全反射的临界角, 根据几何关系则有 $\sin \theta = \frac{OB}{R} = \frac{2.5 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = \frac{1}{2}$, 所选玻璃的

折射率最大值为 $n = \frac{1}{\sin \theta} = 2$, **A 正确**.

3. **A** 【解析】全反射的临界角满足 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{3}{4}$, 当入射角为临界角时, 在上表面能折射出光线的最大半径为 r , 光路图如图 1 所示, 根据几何关系可得 $\tan C = \frac{r}{h}$, 解得 $r = 3a$, 水面

的对角线长度为 $l = \sqrt{2} \times 3\sqrt{2}a = 6a = 2r$, 区域如图 2 所示 (关键: 作图分析), 故小甲虫能在整个水面上看到点光源的活动区域面积为 $S = (3\sqrt{2}a)^2 = 18a^2$, A 正确.

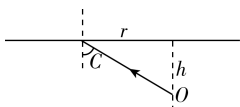


图 1

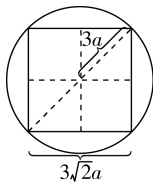
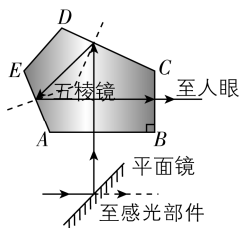


图 2

4. **D** 【解析】在水面上观察到的发光体到水面的距离 $h' = \frac{h}{n} = \frac{3}{4} \times \frac{3\sqrt{7}}{10} \text{ m} < \frac{3\sqrt{7}}{10} \text{ m}$, A 错误; 设圆环发出的光射到圆环中心正上方的水面处时入射角为 θ , 则 $\sin \theta = \frac{r}{\sqrt{r^2 + h^2}} = \frac{3}{4}$, 红光的临界角 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{3}{4}$, 则 $\theta = C$, 即红光在该点刚好发生全反射, 故发红光时水面被照亮的区域为圆形, 绿光的频率比红光大, 则水对绿光的折射率更大, 绿光的临界角小, 故发绿光时水面被照亮的区域为圆环, B 错误; 能从水面射出的光恰好不发生全反射时在水中传播时间最长, $\cos C = \sqrt{1 - \sin^2 C} = \frac{\sqrt{7}}{4}$, 传播距离 $s = \frac{h}{\cos C} = 1.2 \text{ m}$, $v = \frac{c}{n} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$, 则传播时间 $t = \frac{s}{v} \approx 5.3 \times 10^{-9} \text{ s}$, C 错误; 发红光时, 水面被照亮区域的半径 $R = r + h \tan C = 1.8 \text{ m}$, 被照亮区域的面积为 $S = \pi R^2 = 3.24 \pi \text{ m}^2$, D 正确.

5. **D** 【解析】光只有从光密介质射向光疏介质时才可能发生全反射 (关键: 发生全反射的条件), 又因为光在光疏介质中传播速度大于光密介质中的传播速度, 故光在空气中的传播速度大于光在五棱镜中的传播速度, A 错误; 红光在五棱镜中发生的全反射临界角 $\sin C = \frac{1}{n}$, 绿光的折射率大于红光的折射率, 绿光的临界角较小, 所以更容易发生全反射, 若将红光改为绿光, 则在 EA 上能发生全反射, B 错误; 在可见光波段的各种单色光中, 红光折射率最小, 临界角最大, 故所有色光都能在 CD 和 EA 面发生全反射, 不会发生色散现象, 所以人眼不会观察到彩色光束, C 错误; 设 CD 面上的入射角为 θ , 因为红光在 CD 和 EA 上都发生全反射, 且两次反射的入射角相等, 光路如图, 根据几何关系有 $4\theta = 90^\circ$, 解得 $\theta = 22.5^\circ$, 当光刚好在 CD 和 EA 面上发生全反射时, 折射率最小, 根据上述分析可知折射率最小时 $\theta = C$, 解得最小折射率为 $n = \frac{1}{\sin \theta} = \frac{1}{\sin 22.5^\circ}$, D 正确.



6. **C** 【解析】光路如图所示, 由几何关系知 $\alpha = 30^\circ$, 且 $DB = \tan 30^\circ \times (R - BC) = \frac{\sqrt{3}}{6} R$, 则 $\tan \theta = \frac{DB}{PB} = \sqrt{3}$, 则 $\theta = 60^\circ$, 故该光线从球冠形透明介质左表面出射时的折射角不是 53° , A 错



误; 折射率 $n = \frac{\sin \theta}{\sin \alpha}$ (易错: 计算介质的折射率时应注意区分入射角和折射角), 联立解得

$n = \sqrt{3}$, **B 错误**; 光在介质中的传播速度 $v = \frac{c}{n}$, 由几何关系知 $AD = R - \frac{R-BC}{\cos 30^\circ} = \frac{3-\sqrt{3}}{3}R$, 光

线在透明介质中传播的时间 $t = \frac{AD}{v}$, 联立解

得 $t = \frac{(\sqrt{3}-1)}{c}R$, **C 正确**; 若该光线从透明介质的左侧平面内任意一点水平向右入射, 假设射向 E 点, 则入射角为 60° , $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} > \sin C' = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, 故在右侧球面的入射角大于临界角 C' , 光线在右侧球面会发生全反射, 不能从右侧球面出射, **D 错误**.

7. A 【解析】根据题意, 由几何关系可知, 光在 P 点的折射

角的正弦值 $\sin i = \frac{\frac{\sqrt{3}R}{3}}{\sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{3}R\right)^2 + R^2}} = \frac{1}{2}$, 由折射定律可

得, 玻璃砖对光的折射率为 $n = \frac{\sin 45^\circ}{\sin i} = \sqrt{2}$, 由 $\sin C' = \frac{1}{n}$

可得临界角 $C' = 45^\circ$, 保持入射方向不变, 将入射点从 A 点缓慢移到 B 点, 如图所示, 设 M 点和 N 点为可以从圆弧面上射出的入射光入射的临界点, 根据几何关系可知 $\angle MOE = 180^\circ - 60^\circ - 45^\circ = 75^\circ$, $\angle NOF = 60^\circ - 45^\circ = 15^\circ$, 则圆弧面上透光区域的

长度为 $s = \frac{180^\circ - \angle NOF - \angle MOE}{360^\circ} \cdot 2\pi R = \frac{1}{2}\pi R$ (点拨: E 、 F 两

点是发生全反射的临界点, 利用几何关系求出 $\angle EOF$), **A 正确**.

