

1. C 【命题点】核衰变、半衰期

选项	分析	正误
A	根据原子核符号的书写规律可知 ^{26}Al 核与 ^{26}Mg 核的质量数相等,此数值为原子的相对原子质量,并非实际质量,且衰变过程放出能量,伴随质量亏损,故 ^{26}Al 核与 ^{26}Mg 核的质量并不相等	×
B	由原子核的结构可知, ^{26}Al 核的中子数为13, ^{26}Mg 核的中子数为14,故 ^{26}Al 核的中子数小于 ^{26}Mg 核的中子数	×
C	放射性元素衰变的快慢是由原子核自身决定的,与外界的物理和化学状态无关,即原子核的半衰期不受温度、压强等外界因素的影响	✓
D	半衰期的定义为:放射性元素的原子核有半数发生衰变所需的时间。按照半衰期的定义,在144万年后,银河系中现有的铝同位素 ^{26}Al 将剩余 $\frac{1}{4}$,不会全部衰变为 ^{26}Mg	×

知识拓展 相对原子质量(质量数)是以碳12原子质量的 $\frac{1}{12}$ 为标准,其他原子的平均质量与一个碳12原子质量的 $\frac{1}{12}$ 相比所得到的比值作为这种原子的相对原子质量,即该原子的质量数。

2. C 【命题点】平抛运动、竖直上抛运动的性质

【解析】图1中铯原子在真空中做平抛运动,可分解为竖直方向的自由落体运动和水平方向的匀速直线运动,则有 $x=d=v_0t_1$,解得 $t_1=\frac{1}{500}\text{s}$,图2中铯原子在真空中做竖直上抛运动,

则有 $y=d=\frac{1}{2}g\left(\frac{t_2}{2}\right)^2$,解得 $t_2=\frac{2}{5}\text{s}$,故 $\frac{t_1}{t_2}=\frac{1}{200}$,故C正确。

易错警示 图2中铯原子在真空中做竖直上抛运动的整个过程用时为 t_2 ,即铯原子上升与下落的时间均为 $\frac{t_2}{2}$,学生易错误地将 t_1 与 $\frac{t_2}{2}$ 进行对比。

3. B 【命题点】国际单位制

【解析】根据题意可知普朗克常量 h 的单位为 $\text{J}\cdot\text{s}$,有 $1\text{J}=1\text{N}\cdot\text{m}=1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2\cdot\text{m}=1\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$,即功的单位可表示为 $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$,故 $\frac{h}{m_e c}$ 的单位为 $\frac{\text{J}\cdot\text{s}}{\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}}=\frac{\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2\cdot\text{s}}{\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}}=\text{m}$,B正确。

4. D 【命题点】万有引力定律的应用

【解析】由于某飞船绕火星做匀速圆周运动,地球同步卫星绕

地球做匀速圆周运动,万有引力提供做圆周运动的向心力,

得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$, 解得 $r^3 = \frac{GMT^2}{4\pi^2}$, 则 $\frac{r_{\text{船}}^3}{r_{\text{卫}}^3} = \frac{M_{\text{火}}}{M_{\text{地}}} \left(\frac{T_{\text{船}}}{T_{\text{卫}}} \right)^2 = \frac{2}{5}$, 得

$\frac{r_{\text{船}}}{r_{\text{卫}}} = \sqrt[3]{\frac{2}{5}}$, **D** 正确。

学霸解题·技巧 天津大学 贾子辰

天体运动问题的分析思路

(1) 将天体的运动看成匀速圆周运动, 其所需向心力由万有引力提供。

(2) 基本公式:

$$G \frac{Mm}{r^2} = ma = \begin{cases} m \frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \\ mr\omega^2 \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \\ mr \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \\ mv\omega \end{cases}$$

5. B 【命题点】磁流体发电机的结构原理与倾斜平行金属导轨相结合的综合问题

【解析】由题意可知, 等离子体在洛伦兹力的作用下, 正离子向金属板 Q 移动, 负离子向金属板 P 移动, 故金属板 P 带负电, 金属板 Q 带正电, 金属板带电后, 根据磁流体发电机的原理可知, 当等离子体所受电场力大小等于洛伦兹力大小, 即

$Eq = \frac{U}{d}q = qvB_1$ 时, 两金属板间的电势差 U 达到最大; P 为负极, Q 为正极, 金属棒中电流方向为 $a \rightarrow b$, 对金属棒进行受力分析, 由于金属棒恰好处于静止状态, 故金属棒的重力沿导轨平面的分力大小等于安培力大小, 即 $mg \sin \theta = B_2 IL$, 根据左手定则可知, 导轨处磁场的方向垂直于导轨平面向下, 根据 $U = IR$, 联立解得 $v = \frac{mgR \sin \theta}{B_1 B_2 L d}$, **B** 正确。

6. A 【命题点】重力做功的特点以及动能定理的应用

【解析】小球由静止释放, 当与圆柱体未接触部分的细绳竖直时, 细绳与圆柱体接触部分的长度为 $\frac{1}{4} \times 2\pi R = \frac{\pi R}{2}$, 故小球下落的高度为 $h = R + \frac{\pi R}{2}$, 由动能定理可得 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$, 解得 $v = \sqrt{(2+\pi)gR}$, **A** 正确。

7. A 【命题点】含电容器的电磁感应现象

选项	分析	正误
A	金属棒匀速向右运动, 运动的位移 $x = vt$, 切割磁感线的有效长度 $L = 2x \tan \theta = 2vt \tan \theta$, 故产生的感应电动势 $E = BLv = 2Bv^2 t \tan \theta$, 电容器充电, 由电流的定义式 $I = \frac{Q}{t}$ 和 $Q = CE$, 可得 $I = 2BCv^2 \tan \theta$	✓
B	金属棒到达 x_0 时, 电容器极板上的电荷量 $Q = CE = 2BCvx_0 \tan \theta$	×

选项	分析	正误
C	由楞次定律和右手定则可知,感应电流方向为逆时针方向,故电容器上极板带正电	×
D	金属棒匀速运动,处于平衡状态,外力 F 大小等于安培力大小,即 $F=BIL$,外力做功的功率 $P=Fv=BILv=4B^2Cv^4(\tan\theta)^2t$,可知外力 F 做功的功率与运动时间成正比	×

易错警示 金属棒运动过程中有效切割长度与时间成正比,感应电动势与时间成正比,故电容器持续充电,电路中出现稳定的电流。

8. BC 【命题点】交变电流与变压器相结合的问题

【解析】由题可知,发电机产生的感应电动势的最大值 $E_m =$

$2NBL^2\omega$,电动势的有效值 $U_0 = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}NBL^2\omega$,设 R_1 、 R_2 两端

的电压分别为 U_1 、 U_2 ,则 $I = \frac{U_1}{R_1}$,由理想变压器的原理有 $\frac{U_0}{U_1} =$

$\frac{n_0}{n_1}$, $\frac{U_0}{U_2} = \frac{n_0}{n_2}$,可得 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$,则 R_2 两端的电压为 $U_2 = \frac{n_2}{n_1}U_1 =$

$\frac{n_2IR_1}{n_1}$,通过电阻 R_2 的电流为 $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{n_2IR_1}{n_1R_2}$,**A 错误,B 正确;**

$\frac{n_0}{n_1} = \frac{U_0}{U_1} = \frac{\sqrt{2}NBL^2\omega}{IR_1}$,**C 正确;**发电机的功率 $P = U_1I + U_2I_2 =$

$\sqrt{2}NBL^2\omega I \left(\frac{n_1}{n_0} + \frac{n_2^2R_1}{n_0n_1R_2} \right)$,**D 错误。**

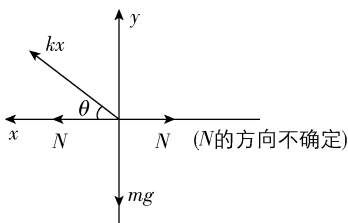
易错警示 在涉及变压器原、副线圈的电压比问题时,线圈的匝数比等于电压最大值之比,也等于电压有效值之比,学生易漏选 C 项,将变压器原线圈两端电压的最大值与 n_1 线圈两端电压的有效值进行比较。

学霸解题·技巧 北京大学 李安

当线圈绕垂直于磁场的轴匀速转动时,产生感应电动势的最大值 $E_m = NBS\omega$,与线圈的形状和转轴的位置无关。

9. BD 【命题点】小球绕金属框做匀速圆周运动的受力分析

【解析】小球受到重力、弹簧弹力、杆的支持力 N ,受力如图所示,

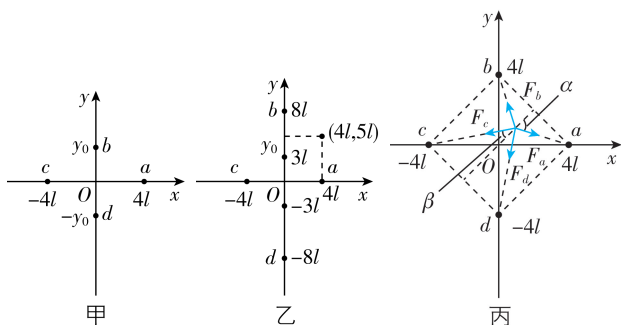


竖直方向有 $kx\sin\theta = mg$,由于杆对小球的支持力方向不确定,故水平方向有 $kx\cos\theta + N = m\omega^2r$ 或 $kx\cos\theta - N = m\omega^2r$,角速度不同时,竖直方向小球受力平衡,若弹簧的形变量增加,则小球向下移动,夹角 θ 变大, $kx\sin\theta$ 增大,竖直方向合力不为零,小球不能平衡,若弹簧的形变量减小,小球向上移动, θ

变小, $kx\sin\theta$ 减小, 竖直方向合力不为零, 小球不能平衡, 因此小球的位置不变, **A 错误, B 正确**; 弹簧弹力不变, 角速度增大, 向心力增加, 则小球所受合力增大, 由于开始时杆对小球的支持力方向不确定, 故杆对小球的支持力变化情况无法确定, 由牛顿第三定律可知, 小球对杆压力的大小变化情况无法确定, **C 错误**; 小球所受合力提供做匀速圆周运动的向心力, 角速度增大, 则合力增大, **D 正确**。

10. ACD 【命题点】等量异种电荷形成的电场+对称性

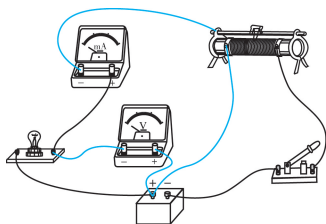
【解析】将四个点电荷分别编号为 a 、 b 、 c 、 d , 如图甲所示, 在菱形外第一象限取一点, a 、 b 两点电荷合场强方向斜向右上, c 、 d 两点电荷合场强方向也斜向右上, 总场强一定不为零, 且方向斜向右上, 同理第二、三、四象限内菱形外各点场强也不为零, **A 正确**; 原点 O 场强为零, 除此点外, 若菱形内有一点场强为零, 则必有和此点关于原点对称的一点场强为零, 则场强为零的点不可能为两个, **B 错误**; 如图乙所示, $(0, -3l)$ 点与 $(0, 3l)$ 点电势相同, 且 $(0, 3l)$ 与 $(4l, 5l)$ 两点到 a 、 b 两点电荷的距离相同, 则 a 、 b 两点电荷对试探电荷做功为零, c 、 d 两点电荷对试探电荷均做正功, **C 正确**; 作出 (l, l) 点处负试探电荷所受四个静电力如图丙所示, 由几何知识可知 $\cos\alpha = \sqrt{\frac{1}{5}}$, $\cos\beta = \sqrt{\frac{9}{13}}$, c 、 d 两点电荷到试探电荷的距离 $r_2 = \sqrt{26}l$, a 、 b 两点电荷到试探电荷的距离 $r_1 = \sqrt{10}l$, 计算有 $2k\frac{Qq}{r_1^2}\cos\alpha - 2k\frac{Qq}{r_2^2}\cos\beta > 0$, 可知 (l, l) 处负试探电荷所受静电力合力与 x 轴正方向成 45° 斜向上, **D 正确**。



11. (1) 见解析(2分) (2) C(2分) (3) 27.0(2分)

【命题点】研究小灯泡的伏安特性实验

【解析】(1) 实物连线如图所示。



(2) 灯丝被烧断, 说明灯泡两端电压过大, 若电流表短路, 对灯泡两端电压影响不大, 灯丝不会烧断; 若滑动变阻器的滑片接触不良, 灯泡两端可能没有电压, 灯丝不会烧断; 若闭合开关前, 滑动变阻器的滑片置于 b 端, 灯泡两端电压大于其额定电压, 会使灯丝烧断, **C 正确**。

(3) P 点对应的电压 $U = 2\text{ V}$, 电流 $I = 74\text{ mA}$, 由欧姆定律得

灯丝电阻为 $R = \frac{U}{I} = 27.0 \Omega$ 。

12. (1) 0.980 (2分) (2) 0.588 (2分) (3) 见解析图 (2分)
0.40 (3分)

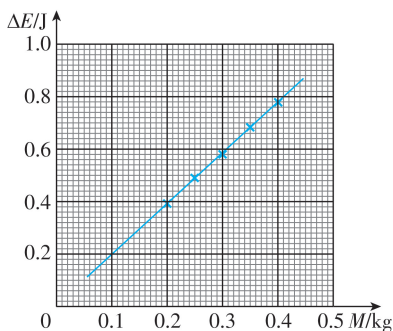
【命题点】探究机械能变化量与做功的关系实验

【解析】(1) 轻细绳所悬挂钩码重力势能的减少量为 $mgs = 0.2 \times 9.80 \times 0.5 \text{ J} = 0.980 \text{ J}$ 。

(2) 系统总机械能的减少量等于重力势能减少量与动能增加量之差, 即 $\Delta E = mgs - \Delta E_k = (0.980 - 0.392) \text{ J} = 0.588 \text{ J}$ 。

(3) 由于滑块与木板之间的摩擦力做负功, 系统总机械能减少, 所以系统总机械能的减少量 $\Delta E = \mu Mgs$, 对照绘出 $\Delta E - M$ 图

像, 得 $k = \mu gs = \frac{0.785 - 0.393}{0.4 - 0.2} \text{ m}^2/\text{s}^2 = 1.96 \text{ m}^2/\text{s}^2$, 所以 $\mu = 0.40$ 。



13. (1) 9 m (2) 7.44 m/s, 方向水平向右

【命题点】追及相遇问题和动量守恒定律的应用

【解析】(1) 设背包由静止滑下过程中的加速度为 a_1 , 有

$$m_1 g \sin \theta - \mu m_1 g \cos \theta = m_1 a_1 \quad (2 \text{分})$$

设滑雪者运动时间 t 追上背包, 有

$$\frac{1}{2} a_1 (t+1 \text{ s})^2 = v_0 t + \frac{1}{2} a_2 t^2 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{滑道 AB 段的长度 } l = \frac{1}{2} a_1 (t+1 \text{ s})^2 \quad (1 \text{分})$$

$$\text{联立解得 } l = 9 \text{ m} \quad (1 \text{分})$$

(2) 设滑雪者追上背包时的速度为 v_2 , 有

$$v_2 = v_0 + a_2 t \quad (1 \text{分})$$

$$\text{背包的速度为 } v_1 = a_1 (t+1 \text{ s}) \quad (1 \text{分})$$

滑雪者拎起背包过程, 以水平向右为正方向, 滑雪者和背包组成的系统水平方向上动量守恒, 有

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v \quad (2 \text{分})$$

$$\text{联立解得速度大小为 } v = 7.44 \text{ m/s, 方向水平向右} \quad (2 \text{分})$$

14. (1) $\frac{B^2 L_0^2 q}{8m} - \frac{mv_0^2}{2q}$ (2) $\frac{7mv_0^2}{18q}$ (3) $CH = \left(\frac{2}{3}n + 2 \right) \frac{mv_0}{Bq} (n \geq 2)$

$$CS = \left(\frac{2n}{3} + \frac{8}{3} \right) \frac{mv_0}{Bq} (n \geq 2)$$

【命题点】带电粒子在电磁场中的运动

【解析】(1) 对粒子在电场中加速过程由动能定理可得

$$U_0 q = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mv_0^2 \quad (1 \text{分})$$

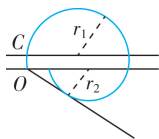
粒子在磁场中偏转, 由洛伦兹力提供向心力可得 $Bqv = m \frac{v^2}{r}$

$$(1 \text{分})$$

由几何关系可知 $r = \frac{L_0}{2}$ (1分)

联立解得 $U_0 = \frac{B^2 L_0^2 q}{8m} - \frac{mv_0^2}{2q}$ (1分)

(2) 电压取最小值 U_{\min} 时, 粒子再次穿过电场, 在下方磁场中偏转的运动轨迹恰与挡板相切, 如图所示,



粒子第一次穿过电场的过程由动能定理可

得 $U_{\min} q = \frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2$ (1分)

由洛伦兹力提供向心力可得 $Bq v_1 = m \frac{v_1^2}{r_1}$ (1分)

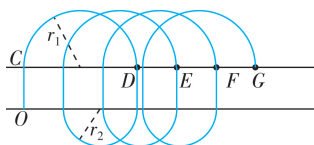
粒子第二次穿过电场后速率变为 v_0 , 在下方磁场中做匀速

圆周运动, 则有 $Bq v_0 = m \frac{v_0^2}{r_2}$ (1分)

由几何关系可得 $r_2 + \frac{r_2}{\sin 37^\circ} = 2r_1$ (1分)

联立解得 $U_{\min} = \frac{7mv_0^2}{18q}$ (1分)

(3)



粒子靶能接收到 n ($n \geq 2$) 种能量的粒子, 则粒子不能打到 OM 上,

由(2)可知当粒子刚不打到 OM 上时有 $r_1 = \frac{4mv_0}{3Bq}$, $r_2 = \frac{mv_0}{Bq}$ (1分)

粒子轨迹如图所示,

粒子第二次打在上极板 E 点, 粒子第三次打在上极板 F 点, 则当靶在 EF 之间时可接收两种能量的粒子,

则有 $CH = CE = 2r_2 + 2(2r_1 - 2r_2)$ (1分)

$CS = CF = 2r_2 + 3(2r_1 - 2r_2)$ (1分)

粒子第四次打在 G 点,

则当靶在 FG 之间时, 可接收三种能量的粒子,

此时有 $CH = CF = 2r_2 + 3(2r_1 - 2r_2)$ (1分)

$CS = CG = 2r_2 + 4(2r_1 - 2r_2)$ (1分)

依此类推, 可得 $CH = 2r_2 + n(2r_1 - 2r_2) = \left(\frac{2n}{3} + 2\right) \frac{mv_0}{Bq}$ ($n \geq 2$) (1分)

$CS = 2r_2 + (n+1)(2r_1 - 2r_2) = \left(\frac{2n}{3} + \frac{8}{3}\right) \frac{mv_0}{Bq}$ ($n \geq 2$) (1分)

15. (1) 大于 (2分) ① (2分)

【命题点】理想气体内能、分子速率

【解析】由于汽缸绝热, 所以 $Q = 0$, A 中细沙的质量大, 则 A 中气体压强大, 体积小, 细沙重力势能转化为气体内能的转化量较大, 即汽缸 A 内气体的内能大于汽缸 B 内气体的内能; 气体的内能越大, 气体分子的平均动能越大, 运动的平均速率越大, 由于汽缸 B 内气体的内能较小, 所以其气体分

子的平均速率较小,因此曲线①表示汽缸 B 中气体分子的速率分布规律。

$$(2)(i) 3.1 \times 10^3 \text{ Pa} \quad (ii) \frac{97}{3}$$

【命题点】气体实验定律的应用

【解析】(i) 由题意可知,夹层中的空气做等容变化,由查理

$$\text{定律得} \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得} p_2 = 3.1 \times 10^3 \text{ Pa} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 设夹层的体积为 V_1 ,夹层中空气压缩到与外界气压相等时的体积为 V_2 ,有

$$p_1 V_1 = p_0 V_2 \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{夹层中增加的空气体积为} V_1 - V_2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{则夹层中增加的空气与原有空气质量之比为} \frac{V_1 - V_2}{V_2} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得} \frac{V_1 - V_2}{V_2} = \frac{97}{3} \quad (1 \text{ 分})$$

16. (1) 4 (2 分) 0.2 (2 分)

【命题点】弹簧振子的振动

【解析】由题可知,弹簧振子从 A 到 B 振动了半个周期,即

$$\frac{T}{2} = 2 \text{ s}, \text{ 可知弹簧振子的周期为 } 4 \text{ s}, \text{ 又在 } 2 \text{ s 内弹簧振子}$$

走过的路程为 $2A$,即振幅 $A = 0.2 \text{ m}$ 。

$$(2)(i) \frac{2}{3} \sqrt{3} \quad (ii) \sqrt{2} \left(h - \frac{R}{2} \right)$$

【命题点】光的折射和全反射

【解析】(i) 由题意可知,当 $\theta = 60^\circ$ 时,入射光恰好发生全反

$$\text{射,有} \sin 60^\circ = \frac{1}{n} \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{解得} n = \frac{2}{3} \sqrt{3} \quad (1 \text{ 分})$$

(ii) 当 $\theta = 30^\circ$ 时,有光线沿 B 的半径射出,光路如图所示,由光的折射

$$\text{定律,有} n = \frac{\sin \alpha}{\sin \theta} \quad (2 \text{ 分})$$

由几何知识得 $h = d \tan \alpha + R \sin \theta$

$$(1 \text{ 分})$$

$$\text{解得} d = \sqrt{2} \left(h - \frac{R}{2} \right) \quad (2 \text{ 分})$$

