



小卷提速 · 满分

满分小卷 ▶ 1

1. **D** 【解析】本题考查核反应与半衰期.

根据核反应的电荷数守恒和质量数守恒有 $95 = X + 2$, $241 = Y + 4$, 解得 $X = 93$, $Y = 237$, **A 错误**; 由题图可知, 从 $\frac{m}{m_0} = \frac{4}{5}$ 到 $\frac{m}{m_0} = \frac{2}{5}$, 镅的剩余质量变为原来的一半, 对应的时间为 $T = 645 \text{ 年} - 213 \text{ 年} = 432 \text{ 年}$, 因此镅的半衰期为 432 年, **B 错误**; 放射性元素的半衰期由原子核本身的性质决定, 与外界环境、时间无关, 是一个固定值, 不会随衰变过程变长, **C 错误**; 根据半衰期的定义可知, 放射性元素每经过一个半衰期, 没有发生衰变的原子核数目是衰变前的一半, **D 正确**.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

先定性分析选项, 元素的半衰期不变, 每经过一个半衰期有半数原子核发生衰变, 选 D.

2. **A** 【解析】本题考查气体状态变化.

以袋内气体为研究对象, 由题意可知, 初始状态 $T_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$, 压强为 p_0 , 设体积为 V_1 , 最终状态 $T_2 = 7 \text{ }^\circ\text{C} = 280 \text{ K}$, 压强为 $0.8p_0$ (关键: “薯片袋均未张紧”, 袋子没有张力, 袋内气体压强与外界相同), 设体积为 V_2 , 由理想气体状态方程可得 $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$, 解得 $V_2 = \frac{280}{300 \times 0.8} V_1 = \frac{280}{240} V_1 \approx 1.167 V_1$, 因此, 袋内气体的体积增大, **B 错误**; 袋内气体温度从 300 K 降低到 280 K, 因此袋内气体分子的平均动能减小, **A 正确**; 因为袋内气体的体积增大, 所以袋内气体对外界做正功, **C 错误**; 根据热力学第一定律可得 $\Delta U = W + Q$, 因为袋内气体温度降低, 所以 $\Delta U < 0$, 又因为袋内气体对外界做正功, 所以 $W < 0$, 则无法确定 Q 与零的关系, 则袋内气体不一定会放出热量, **D 错误**.

知识总结 热力学第一定律 $\Delta U = Q + W$ 中各物理量正负号的含义

$\Delta U > 0$, 内能增加; $\Delta U < 0$, 内能减小.

$Q > 0$, 气体从外界吸热; $Q < 0$, 气体向外界放热.

$W > 0$, 外界对气体做正功; $W < 0$, 气体对外界做正功.

3. **D** 【解析】本题考查运动学与 $x-t$ 图像.

由 a 物体的 $x-t$ 图像分析可知, 前 5 s 内 a 物体沿 x 轴正方向运动, 5~10 s 时间内, a 物体朝 x 轴负方向运动, **A 错误**; 设抛物线方程为 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, $x-t$ 图像的斜率表示速度, 可知

$t_1 = 5 \text{ s}$ 时, 速度大小为零, 则有 $0 = v_0 + a t_1$, 联立并根据题图数据解得 $a = -2 \text{ m/s}^2$, $v_0 = 10 \text{ m/s}$ (关键: 已知前 5 s 内位移和 5 s 时速度, 代入位移、速度公式, 解二元一次方程组), 由运动学知识可知, 当 a 、 b 两物体共速时相距最远, 即 $v_b = v_0 +$

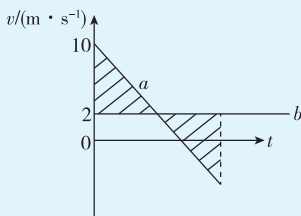


at_2 , 解得 $t_2 = 4 \text{ s}$, **B 错误**; 由运动学知识可知, 两物体相遇时有 $v_0 t + \frac{1}{2} at^2 = v_b t$, 解得 $t = 8 \text{ s}$, 即 $t = 8 \text{ s}$ 时 b 物体追上 a 物体, **C 错误**; 由上述分析可知, b 物体追上 a 物体时, a 物体的速度为 $v_a = v_0 + at = -6 \text{ m/s}$, 故两个物体相遇时, 它们相对速度的大小为 $\Delta v = v_b - v_a = 2 \text{ m/s} - (-6 \text{ m/s}) = 8 \text{ m/s}$ (易错: 注意速度的矢量性), **D 正确**.

**1 min 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

根据图像计算 a 物体的初速度和加速度, D 选项可用相对运动法解决, b 物体匀速运动, a 物体做匀变速直线运动, 且同时同地出发, $v-t$ 图像如图所示,



当两个小阴影三角形面积相等时两个物体相遇, 相对速度大小应该与初始相对速度大小相同, 为 8 m/s , 选 **D**.

4. D 【解析】 本题考查波的干涉.

根据题意和题图可知, 两列波波速相等, 波长相同, 则周期均为

$T = \frac{\lambda}{v} = 4 \text{ s}$, 频率 $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4} \text{ Hz}$, 频率相同, 故两列简谐横波能发生干涉现象 (关键: 干涉条件为两列波频率相同, 相位差恒定, 振动方向相同), **A 错误**; 两列波到达 $x = 7 \text{ m}$ 处叠加减弱, 所以 $x = 7 \text{ m}$ 处的质点振幅为 $(10 - 5) \text{ cm} = 5 \text{ cm}$, 从图示时刻开始, 甲波传到该处的时间为 $t = 1 \text{ s}$, 乙波传到该处的时间为 $t' = 3 \text{ s}$, 4 s 内, 甲波已到达该处但乙波未到达的时间为 $t' - t = 2 \text{ s}$, 甲、乙两波都到达该处的时间为 $4 \text{ s} - t' = 1 \text{ s}$ (关键: 两列波不同时到达, 而干涉的发生是两列波都到达后), 即分别传播半个周期和四分之一周期, 所以 4 s 内该处质点通过的路程 $s = \frac{t' - t}{T} \times 4 \times 10 \text{ cm} + \frac{4 \text{ s} - t'}{T} \times 4 \times 5 \text{ cm} = 25 \text{ cm}$, **B 错误**; 图示时刻

甲波波形的表达式为 $y = 10 \sin \frac{\pi}{2} x (\text{cm})$, 因此可知此时 $x_M =$

$\frac{5}{3} \text{ m}$, $x_N = \frac{13}{3} \text{ m}$, 波向右传播, 经过 1 s 传播距离为 $\Delta x =$

1 m , 即 $x = \frac{2}{3} \text{ m}$ 处的质点的振动形式传给 M , $x = \frac{10}{3} \text{ m}$ 处的

质点的振动形式传给 N , 图示时刻 $x = \frac{2}{3} \text{ m}$ 处的质点的位

移为 $y_1 = 5\sqrt{3} \text{ cm}$, $x = \frac{10}{3} \text{ m}$ 处的质点的位移为 $y_2 = -5\sqrt{3} \text{ cm}$, 可

知两质点相对各自平衡位置的位移大小相等, 则两质点速度大小相等, 根据“同侧法”可知两质点均向下运动, 则速度方向相同, 因此 1 s 后 M 、 N 两质点的速度相同, **C 错误**;

两列波同时到达质点 P , P 为振动加强点, 振幅为两列波的振

关键点

幅之和, 以质点 P 开始振动时刻为计时起点, 则质点 P 的振

动方程为 $y = (A_1 + A_2) \sin \frac{2\pi}{T} t = 15 \sin \frac{\pi}{2} t (\text{cm})$, **D 正确**.

5. C 【解析】 本题考查弹性碰撞与圆周运动.



设 A 球初速度为 v_0 , 第一次碰后 A 、 B 的速度分别为 v_A 和 v_B , 由动量守恒得 $mv_0 = mv_A + 2mv_B$, 由机械能守恒得 $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}(2m)v_B^2$, 解得 $v_A = -\frac{v_0}{3}$, $v_B = \frac{2v_0}{3}$, 第一次碰后 A 、 B 做匀速圆周运动直至第二次碰前, 该过程中 A 、 B 的线速度、角速度、向心力的大小均不变, 即第二次碰前, A 、 B 球向心力大小分别为 $F_A = m \frac{\left(\frac{v_0}{3}\right)^2}{R}$, $F_B = 2m \frac{\left(\frac{2v_0}{3}\right)^2}{R}$, 向心力大小之比为 $1:8$, **A 错误**; 第二次碰前, A 、 B 线速度大小之比为 $1:2$, 运动半径相等, 由 $\omega = \frac{v}{R}$ 得角速度大小之比为 $1:2$, **B 错误**; 第一次碰后 A 速度大小是 B 速度大小的一半, 则再次相遇时 A 走过的路程是 B 走过的路程的一半, 总路程为圆周长 $2\pi R$, a 、 b 、 c 三等分圆周, 相邻两点间劣弧对应的圆心角为 120° , 从 a 出发, A 逆时针走过 120° 、 B 顺时针走过 240° , 最终都到达 c 点, 因此第二次碰撞(发光)在 c 点, **C 正确, D 错误**.

6. D 【解析】 本题考查电路动态分析.

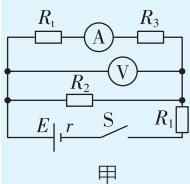
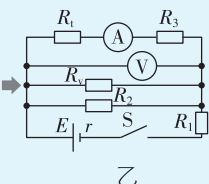
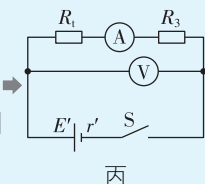
当环境温度升高时, 热敏电阻 R_1 的阻值减小, 则外电路的总阻值 R 减小, 根据闭合电路欧姆定律可知, 干路电流增大, 把定值电阻 R_1 等效成电源内阻, 则等效内电路电压 $U_r = I_{\text{总}}(R_1 + r)$ 增大, 故等效外电路的电压减小, 电压表示数减小, **A 错误**; 结合上述分析可知, 当温度升高时, 热敏电阻 R_1 的阻值减小, 干路电流 $I_{\text{总}}$ 增大, 根据功率 $P = I_{\text{总}} E$, 电源的功率增大, **B 错误**; 根据电路特点可知, 两电表的示数之比 $\frac{U}{I}$ 等于 R_1 、 R_3 与电流表内阻 R_A 串联的总阻值, 当温度升高时, R_1 的阻值减小, 故两电表示数的比值 $\frac{U}{I}$ 减小, **C 错误**; 根据电路特点及闭合电路欧姆定律可得 $U = E - \left(I + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_V}\right) \cdot (R_1 + r)$, 整理可得 $U = \frac{R_2 R_V}{R_2 R_V + (R_2 + R_V) \cdot (R_1 + r)} E - \frac{(R_1 + r) R_2 R_V}{R_2 R_V + (R_2 + R_V) \cdot (R_1 + r)} I$, 所以两电表示数变化量比值的绝对值 $\left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{(R_1 + r) R_2 R_V}{R_2 R_V + (R_2 + R_V) (R_1 + r)}$ 不变, **D 正确**.



1 min 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

当环境温度升高时, 热敏电阻 R_1 的阻值减小, 由“串反并同”知电压表示数减小, 电源功率增大, **A、B 错误**; D 选项可用等效电源法: ①把电压表等效为理想电压表和内阻 R_V 的并联, ②把理想电压表下部分电路等效为新电源, 则 $E' = U + Ir'$, 即 $\frac{\Delta U}{\Delta I} = -r'$, r' 为等效电源的内阻, 为定值, **D 正确**.

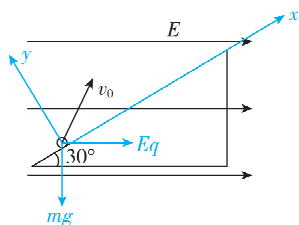


7. D 【解析】 本题考查类抛体运动.

小球从抛出到落回斜面的过程中, 电场力做功会改变小球的



机械能,故机械能不守恒, **A 错误**;以斜面为参考系,建立沿斜面向上(x 轴)和垂直斜面向上(y 轴)的坐标系,小球受竖直向下的重力 mg 和水平向右的电场力 qE , x 轴方向上有电场



力的分量 $Eq \cos 30^\circ = \frac{1}{4}mg$, 沿斜面向上, 重力的分量 $mg \cdot$

$\sin 30^\circ = \frac{1}{2}mg$, 沿斜面向下, 根据牛顿第二定律有

$mg \sin 30^\circ - Eq \cos 30^\circ = ma_x$, 解得加速度 $a_x = \frac{1}{4}g$, 沿斜面向

下, y 轴方向上有电场力分量 $Eq \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{12}mg$, 垂直斜面向

下, 重力分量 $mg \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}mg$, 垂直斜面向下, 根据牛顿第

二定律有 $mg \cos 30^\circ + Eq \sin 30^\circ = ma_y$, 解得加速度 $a_y = \frac{7\sqrt{3}}{12}g$, 垂

直斜面向下, 初速度 v_0 与斜面之间的夹角为 30° , 分解到坐

标系, 沿 x 轴正方向速度为 $v_0 \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$, 沿 y 轴正方向速

度为 $v_0 \sin 30^\circ = \frac{1}{2}v_0$, 离斜面最远时 (点拨: y 轴方向上速度

为 0, 实际速度沿斜面方向), 小球运动时间 $t_1 = \frac{v_0 \sin 30^\circ}{a_y} =$

$\frac{2\sqrt{3}v_0}{7g}$, 此时沿 x 轴方向速度 $v_{0x} = v_0 \cos 30^\circ - a_x t_1 = \frac{3\sqrt{3}}{7}v_0$, 设合

力与竖直方向的夹角为 α , 则 $\tan \alpha = \frac{Eq}{mg} = \frac{\sqrt{3}}{6}$, 故 $\alpha < 30^\circ$, 此

时合力方向与速度方向成钝角, 速度继续减小, 故离斜面最

远时动能不是最小 (关键: 小球做类斜抛运动, 当合力与实际

速度垂直时, 速度最小), **B 错误**; 落回斜面时 $y = 0$, 有

$(v_0 \sin 30^\circ)t - \frac{1}{2}a_y t^2 = 0$, 解得 $t = \frac{4\sqrt{3}v_0}{7g}$, **C 错误, D 正确**.

8. AC 【解析】本题考查变压器。

由图 2 可知, 交流电的周期 $T = 2 \times 10^{-2} \text{ s}$, 根据频率公式 $f =$

$\frac{1}{T}$, 代入解得 $f = \frac{1}{2 \times 10^{-2}} \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$, **A 正确**; 正弦式交流电的

有效值 $U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}}$, 图中电压的最大值 $U_{\max} = 400\sqrt{2} \text{ V}$, 因此有效

值 $U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} = 400 \text{ V}$, **B 错误**; 理想变压器的电压比等于匝数

比, $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2}$, 已知原线圈电压 $U_1 = 400 \text{ V}$, 副线圈电压 $U_2 =$

$10 \text{ kV} = 10^4 \text{ V}$, 因此匝数比 $\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{400}{10^4} = \frac{1}{25}$, **C 正确**; 理想变

压器输入功率等于输出功率, $P_1 = P_2 = 80 \text{ kW} = 8 \times 10^4 \text{ W}$, 原线

圈电流 $I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{8 \times 10^4}{400} \text{ A} = 200 \text{ A}$, **D 错误**.

9. BC 【解析】本题考查线圈切割磁感线问题。

线圈进入磁场过程中, 穿过线圈的磁通量向下增加, 根据楞



次定律,感应电流的磁场方向向上,根据安培定则可知感应电流沿逆时针方向(俯视),**A 错误**;线圈沿垂直 MN 边的方向运动,即沿 PN 方向运动,进入磁场过程中,线圈在磁场边界处的有效切割长度 L 逐渐减小,感应电动势 $E = BLv \sin 45^\circ$ 逐渐减小,感应电流 $I = \frac{E}{R}$ 逐渐减小,**B 正确**;线圈中感应电流沿逆时针方向(俯视),在磁场中的等效导线为线圈截出的磁场边界,电流方向向左,根据左手定则,安培力方向沿 NQ 方向,**C 正确**;线圈匀速运动,拉力大小等于安培力大小,拉力功率 $P = Fv \cos 45^\circ = BILv \cos 45^\circ$,由于 I 和 L 均减小,所以功率 P 逐渐减小,**D 错误**。

10. **AD** 【解析】本题考查弹簧连接体。

从图像分析可知从 0 到 t_3 时刻两图线与时间轴所围面积相等(关键:对称思想),而小球 A 、 B 的初速度为 0 ,即 t_3 时刻两小球速度大小相等,对整体由动量定理得 $2mgt_3 = 2mv_3$,可得两球速度大小 $v_3 = gt_3$,设弹簧对 A 球的冲量为 I_A ,对 A 球由动量定理有 $mgt_3 + I_A = mv_3$,则 $I_A = 0$,**A 正确**; t_2 时刻,两小球加速度大小相等,以小球 A 、 B 整体为研究对象,由牛顿第二定律得 $2mg = 2ma_1$,得此时小球 A 、 B 的加速度大小为 $a_1 = g$,此时小球 A 、 B 均处于完全失重状态,可知此时弹簧弹力 $F_{\text{弹}} = 0$,即弹簧处于原长,弹性势能最小,**B 错误**;从图乙可知,从 0 到 t_2 时刻两者速度差一直在增大, t_2 时刻达到最大,**C 错误**;从 0 到 t_1 时刻,以 A 、 B 两球整体为研究对象,由动量定理得 $2mgt_1 = mv_A + mv_B$,其中 t_1 时刻小球 A 的速度大小为 $v_A = S$ (点拨: 0 到 t_1 时刻 A 、 B 球均做变速运动,根据 $a-t$ 图像与横轴所围面积可求出 A 球末速度大小,忽略过程中的运动细节,找准初、末状态量),联立可得 t_1 时刻 B 球的速度大小为 $v_B = 2gt_1 - S$,**D 正确**。

满分小卷 ▶ 2

1. **C** 【解析】本题考查运动学基本概念。

研究骑行全程的平均速度时,共享单车的大小、形状对研究问题的影响可忽略,可以将其看成质点,**A 错误**;导航显示的“剩余里程 2.5 km ”是预计行驶路径的总长度,是路程,不是位移大小,**B 错误**;瞬时速度的物理意义就是描述某一时刻或某一位置物体运动的快慢,**C 正确**;以路边树木为参考系,骑行过程中共享单车相对树木的位置不断变化,是运动的,**D 错误**。

2. **D** 【解析】本题考查伏安特性曲线。

由题图可知,当元件 a 两端的电压为 3 V 时,对应的电流为 0.3 A ,则根据欧姆定律可知此时元件 a 的电阻为 $R_a = \frac{U}{I} = \frac{3}{0.3} \Omega = 10 \Omega$,元件 b 为线性元件,则由其伏安特性曲线可解得元件 b 的电阻为 $R_b = \frac{U'}{I'} = \frac{8}{0.5} \Omega = 16 \Omega$,所以元件 a 、 b 的电阻之比为 $R_a : R_b = 5 : 8$,**D 正确**。

3. **B** 【解析】本题考查衰变。

放射出 β 粒子,是由于原子核内发生 β 衰变,其中的中子转化为质子和电子放出的,**A 错误**;根据质量数和电荷数守恒

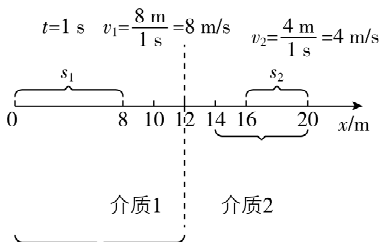
得新核的质子数为 91, 质量数为 234, 则中子数为 $234 - 91 = 143$, **B 正确**; 发生 β 衰变时, 反应前后质量数守恒, 质量不守恒, **C 错误**; 元素的半衰期是由核内部自身的因素决定的, 与元素所处的物理和化学状态无关, **D 错误**.

4. D

题图剖析

由于有不同的介质, 则波传播的速度不同, 根据题意分析两波开始振动到相遇的三个阶段.

阶段1:



阶段2: $t_1 = \frac{12 \text{ m}}{8 \text{ m/s}} = 1.5 \text{ s}$ $x_2 = v_2 t_1 = 6 \text{ m}$
 S_2 产生的波传播至 14 m 处

阶段3: 12~14 m 段两波以 v_2 相向传播

$$t_2 = \frac{(14-12) \text{ m}}{2v_2} = \frac{1 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} = 0.25 \text{ s}$$

相遇用时 $t_1 + t_2 = 1.75 \text{ s}$

【解析】 本题考查波的叠加.

根据题图剖析可知 **A 错误**; S_1 产生的波传到 $x = 14 \text{ m}$ 的时间

$$t'_1 = \left(\frac{12}{8} + \frac{14-12}{4} \right) \text{ s} = 2 \text{ s}, \text{ 到 } t = 4 \text{ s} \text{ 时, 振动时间 } \Delta t'_1 = 4 \text{ s} -$$

$2 \text{ s} = 2 \text{ s} = T$, 振动一个周期后, 质点回到平衡位置, $y_1 = 0$, 加速度 $a_1 = 0$, 速度 $v_1 \neq 0$, S_2 产生的波传到 $x = 14 \text{ m}$ 的时间 $t'_2 =$

$$\frac{20-14}{4} \text{ s} = 1.5 \text{ s}, \text{ 到 } t = 4 \text{ s} \text{ 时, 振动时间 } \Delta t'_2 = (4 - 1.5) \text{ s} =$$

$$2.5 \text{ s} = T + \frac{T}{4}, \text{ 起振方向向上, 振动 } T + \frac{T}{4} \text{ 后, 质点到达正最大}$$

位移 $y_2 = 5 \text{ cm}$, 加速度 $a_2 \neq 0$, 速度 $v_2 = 0$, 叠加后合位移 $y =$

$y_1 + y_2 = 5 \text{ cm}$, 合加速度 $a = a_1 + a_2 \neq 0$, 合速度 $v = v_1 + v_2 \neq 0$, **B、**

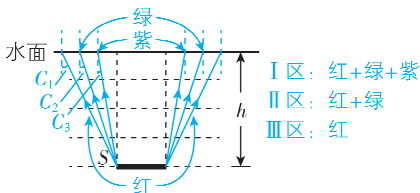
C 错误, D 正确.

5. D

题图剖析

$n_1 < n_2 < n_3$, 由于 $\sin C = \frac{1}{n}$, 得 $C_1 > C_2 > C_3$

临界光线如图所示



【解析】 本题考查光的全反射与线光源.

折射率越大, 临界角越小, 亮区范围越小, 因此亮区从内到

外: 最内侧 I 区域三种光都能射出, II 区域只有红光和绿光

能射出, 最外侧 III 区域只有红光能射出, **A、B 错误**; 光在介质

中传播速度 $v = \frac{c}{n}$, 水对红光折射率 n_1 最小, 因此红光在水

中传播速度最大, **C 错误**; I 区域是有紫光射出的亮区, 对紫



光,临界角 C_3 满足 $\sin C_3 = \frac{1}{n_3}$, 可得 $\tan C_3 = \frac{r}{h} = \frac{1}{\sqrt{n_3^2 - 1}}$, 得

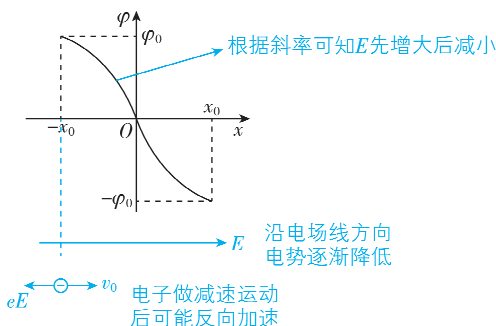
紫光亮区的边缘半径为 $r = \frac{h}{\sqrt{n_3^2 - 1}}$, 线光源长为 L , 亮区形状

为长方形+两端半圆, 总面积等于长方形面积加上整圆面积

积, 为 $S = L \cdot 2r + \pi r^2 = \frac{2Lh}{\sqrt{n_3^2 - 1}} + \frac{\pi h^2}{n_3^2 - 1}$, **D 正确**.

6. D

题图剖析



【解析】 本题考查电场图像.

$\varphi-x$ 图像的斜率 $k = \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} = -E$, 本题中, 电势随 x 增大逐渐降

低, 因此电场强度 E 方向沿 $+x$ 方向, 同时曲线斜率的绝对值先增大后减小, 说明 E 的大小先增大后减小, 电子带负电, 受到的电场力大小 $F = eE$, 电场力方向沿 $-x$ 方向, 由牛顿第二

定律可得 $a = \frac{F}{m} = \frac{e}{m} \left| \frac{\Delta\varphi}{\Delta x} \right|$, $v-t$ 图像的斜率表示加速度, 绝对

值大小变化规律符合电场强度大小变化规律, 但若电子能到达 $x = x_0$ 位置, 则电子做减速运动, 通过前半段位移的平均速度大于后半段位移的平均速度, 因此前半段用时短, 后半段用时长, 时间不是相等的关系, **A 错误**; 直线型 $v-t$ 图像对应加速度恒定的运动, 而在 $-x_0 \leq x \leq x_0$ 区域内不存在 $\varphi-x$ 图像斜率恒定的区域, **B、C 错误**; **D** 项图像说明电子先减速到 0 再反向加速, 并且减速到 0 的点在 $x \leq 0$ 的区域, 减速和加速的图像对称, **D 正确**.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

$\varphi-x$ 图像斜率的绝对值大 $\rightarrow$ 场强大 $\rightarrow$ 受力大 $\rightarrow$ 加速度大, 所以 $v-t$ 图像斜率大小一定变, 排除 B、C; 从 A、D 图像来看, 电子初始一定做减速运动, 若电子的速度一直为正, 位移中点不可能对应中间时刻, 排除 A, 选 D.

7. D

【解析】 本题考查传送带模型、板块模型与弹性碰撞.

小物块 A 在传送带上加速时的加速度大小为 $a = \frac{\mu_1 mg}{m} =$

2.5 m/s^2 , 小物块 A 加速到与传送带共速所用时间为 $t_1 =$

$\frac{v_0}{a} = 1.6 \text{ s}$, 小物块 A 加速阶段通过的位移大小为 $x_1 = \frac{v_0}{2} t_1 =$

$3.2 \text{ m} < L_1 = 4.0 \text{ m}$, 小物块 A 在传送带上匀速运动所用时间

为 $t_2 = \frac{L_1 - x_1}{v_0} = 0.2 \text{ s}$, 则小物块 A 由 M 运动到 N 所用时间为

$t = t_1 + t_2 = 1.8 \text{ s}$, 小物块 A 在传送带上运动过程, 相对传送带



的位移大小为 $\Delta x = v_0 t_1 - x_1 = 3.2 \text{ m}$, 因摩擦产生的内能为 $Q = \mu_1 mg \cdot \Delta x = 8 \text{ J}$, 根据能量守恒定律可知由于运送物块, 传送带多消耗的能量为 $\Delta E = Q + \frac{1}{2} m v_0^2 = 16 \text{ J}$, **A 错误, D 正确**; A 滑上 C 但未与 B 相碰前, 以 B、C 为整体, 根据牛顿第二定律可得 B、C 加速度大小为 $a_2 = \frac{\mu_2 mg}{2m} = 1 \text{ m/s}^2$ (点拨: 以 B、C 为整体, 即认为 B、C 相对静止, B、C 间是静摩擦力, 根据 $f = ma_2$ 可得 $f = 1 \text{ N} < f_m = \mu_2 mg = 2 \text{ N}$, 故 B、C 确实未发生相对滑动), **B 错误**; A 滑上 C 后, A 做减速运动的加速度大小为 $a_1 = \frac{\mu_2 mg}{m} = 2 \text{ m/s}^2$, 设经过 t' 时间 A 与小物块 B 发生碰撞, 则有 $L_2 - L_3 = v_0 t' - \frac{1}{2} a_1 t'^2 - \frac{1}{2} a_2 t'^2$, 解得 $t' = 0.5 \text{ s}$ 或 $t' = \frac{13}{6} \text{ s}$ (舍去), 碰撞前瞬间 A 的速度大小为 $v_1 = v_0 - a_1 t' = 3 \text{ m/s}$, 碰撞前瞬间 B、C 的速度大小为 $v_2 = a_2 t' = 0.5 \text{ m/s}$, A 与 B 发生弹性碰撞, 根据动量守恒定律和机械能守恒定律可得 $m v_1 + m v_2 = m v_A + m v_B$, $\frac{1}{2} m v_1^2 + \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} m v_A^2 + \frac{1}{2} m v_B^2$, 解得碰撞后瞬间 A、B 的速度大小分别为 $v_A = 0.5 \text{ m/s} = v_2$, $v_B = 3 \text{ m/s}$, 可知碰撞后 A、C 保持相对静止一起加速运动, 加速度大小为 $a'_2 = \frac{\mu_2 mg}{2m} = 1 \text{ m/s}^2$, 碰撞后 B 做减速运动, 加速度大小为 $a_B = \frac{\mu_2 mg}{m} = 2 \text{ m/s}^2$, 设再经过 t'' 时间 B 与挡板相碰, 则有 $L_3 = v_B t'' - \frac{1}{2} a_B t''^2 - \left(v_A t'' + \frac{1}{2} a'_2 t''^2 \right)$, 解得 $t'' = 0.5 \text{ s}$ 或 $\frac{7}{6} \text{ s}$ (舍去), 故 A 滑上 C 后, B 与挡板相碰经过的时间为 $t' + t'' = 1.0 \text{ s}$, **C 错误**.

一题多解

因为传送带匀速转动, 多消耗的能量即为传送带克服物块摩擦力所做的功, 即 $\Delta E = \mu_1 mg v_0 t_1 = 0.25 \times 1 \times 10 \times 4 \times 1.6 \text{ J} = 16 \text{ J}$, **D 正确**.

8. AD 【解析】 本题考查多副线圈变压器.

理想变压器的电压与匝数关系满足 $\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2} = \frac{U_3}{n_3}$, 代入 $n_1 = 500$ 匝, $n_2 = 11$ 匝, $n_3 = 20$ 匝, $U_1 = 10 \text{ kV}$, 解得 $U_2 = 220 \text{ V}$, $U_3 = 400 \text{ V}$, **A 正确**; 理想变压器的输入功率等于输出功率 (关键: 这里有两个副线圈, 输出功率等于两副线圈输出功率之和), 满足 $I_1 U_1 = I_2 U_2 + I_3 U_3$, 联立 $\frac{U_1}{n_1} = \frac{U_2}{n_2} = \frac{U_3}{n_3}$, 可得 $I_1 n_1 = I_2 n_2 + I_3 n_3$, 因此 I_2 、 I_3 的比值随可变电阻 R 的变化而发生变化, **B 错误**; 当储能柜的储电功率为零时, 有 $I_1 U_1 = I_2 U_2$, 代入数据解得 $I_2 = \frac{I_1 U_1}{U_2} = 1\,000 \text{ A}$, 由欧姆定律可知, 可变电阻的阻值 $R = \frac{U_2}{I_2} = \frac{220}{1\,000} \Omega = 0.22 \Omega$, **C 错误**; 当可变电阻的阻值变为 1Ω 时, 由欧姆定律可知 $I'_2 = \frac{U_2}{R'} = 220 \text{ A}$, 根据 $I_1 U_1 = I'_2 U_2 + I_3 U_3$, 解得 $I_3 = \frac{2.2 \times 10^5 - 48\,400}{400} \text{ A} = 429 \text{ A}$, **D 正确**.

9. ACD 【解析】 本题考查天体运动与简谐运动.



由题分析可知,有 $mg = m \frac{v^2}{R}$, 则第一宇宙速度 $v = \sqrt{gR}$, **A 正确**;

地球表面近地卫星的周期为 $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\sqrt{gR}} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}}$, 所

以列车从 A 点运动到 B 点的时间为 $t = \frac{T}{2} = \pi \sqrt{\frac{R}{g}}$, **B 错误**;

地球的密度为 $\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$, 将地球看作两部分, 一部分是以 O

为球心、 h 为半径、质量为 M' 的小球, 小球的质量为 $M' = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi h^3$, 另一部分为剩余的球壳, 球壳对 O' 处物体的引力为

零, 列车在 O' 点受到的支持力大小为 $F = G \frac{M'm}{h^2}$ (**关键: 列车**

在球内所受引力大小等于除去球壳的剩余球体对列车的引

力大小, 方向指向地心), 其中 $mg = \frac{GMm}{R^2}$, 解得 $F = \frac{mgh}{R}$, **C 正**

确; 根据 $v_m = A\omega = \frac{2\pi A}{T}$, 列车在 O' 点的速度大小为 $v_m =$

$\sqrt{R^2 - h^2} \cdot \frac{2\pi}{T}$ (**关键: 振幅为 $O'B$, 可由勾股定理求得**), 整理

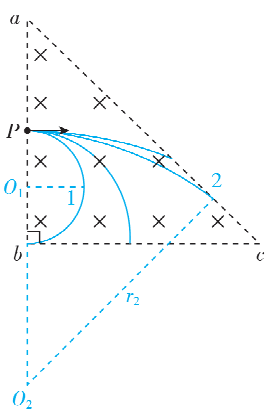
可得 $v_m = \sqrt{\frac{R^2 - h^2}{R}g}$, **D 正确**.

10. **AC** 【解析】本题考查带电粒子在三角形磁场中的运动.

根据磁场边界, 由洛伦兹力提供向心力可知, 粒子速度较小时, 将从 ab 边界飞出, 当粒子速度较大时, 将从 bc 和 ac 边界飞出, 可能的轨迹如图所示, 若粒子沿轨迹 1 运动, 粒子从 b 点飞出磁场, 由几何关系可知, 此时的

轨迹半径为 $r_1 = \frac{L}{4}$, **A 正确**; 与 ac

边相切的粒子, 轨迹如 2, 由几何



关系可知 $\sqrt{2}r_2 = r_2 + \frac{L}{2}$, 轨迹半径为 $r_2 = \frac{(\sqrt{2}+1)L}{2}$, 由几何

关系可知, 切点到 a 点的距离也为 $r_2 = \frac{(\sqrt{2}+1)L}{2} < \sqrt{2}L$, 所

以切点在 c 点上侧, 故粒子不可能过 c 点, **B 错误**; 在能从

ac 边界飞出的粒子中, **当粒子轨迹与 ac 边相切出磁场时, 粒子的轨迹半径最小, 速度最小, 运动时间最长** (**关键: 速度越小, 圆心角越大, 时间越长**), 轨迹如 2, 由几何

关系可知, 此时的圆心角为 $\theta = 45^\circ$, 根据牛顿第二定律

可知 $qv_2B = m \frac{v_2^2}{r_2}$, 解得 $v_2 = \frac{qBr_2}{m} = \frac{(\sqrt{2}+1)qBL}{2m}$, 周期为

$T = \frac{2\pi r_2}{v_2} = \frac{2\pi m}{qB}$, 运动的时间为 $t = \frac{45^\circ}{360^\circ}T = \frac{\pi m}{4qB}$, **C 正确**,

**D 错误.****1 min 速解****哈尔滨工业大学——何翔宇**

连接 P 、 c , 假设磁场变成存在于 P 、 c 连线上的单边界磁场, 若粒子轨迹过 c 点, 入射时速度与边界 Pc 夹角与出射时速度与边界夹角相同, 大于 P 、 c 连线与 ac 的夹角, 所以会出边界 ac , **B 错误**; 轨迹与 ac 相切时从 ac 边界飞出粒子速度最小, 由几何关系可知, 半径系数不会只有 $\sqrt{2}$, 故速度表达式不会如此简洁, **D 错误**, 选 **A**、**C**.

满分小卷 ▶ 3**1. B 【解析】** 本题考查波的干涉与多普勒效应.

由图 (1) 可知在两波源连线的中垂线上的点均是振动加强点 (关键: 中垂线上的点到波源的距离差为 0), 故两波源起振方向相同 (点拨: 波源同步调时, 到波源距离差为波长整数倍的点振动加强), **A 错误, B 正确**; 根据图 (2) 可知, 波源 S_3 左侧波面比右侧波面密集, 可知波源 S_3 向左运动, 且运动速度小于波速, **C 错误**; 由图 (2) 可知 E 点附近波面密集, 则单位时间内 E 点接收到的波面比 F 点多, 故在 E 点观察到的频率大于在 F 点观察到的频率, **D 错误**.

2. B 【解析】 本题考查爱因斯坦光电效应方程与氢原子光谱.

从 $n=3$ 跃迁到 $n=1$ 放出的光子能量最大, 为 $E = -1.51 \text{ eV} - (-13.6) \text{ eV} = 12.09 \text{ eV}$, 根据 $E_{\text{km}} = E - W_0$, 可得此时最大初动能为 $E_{\text{km}} = 9.8 \text{ eV}$, **A 错误**; 根据 $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c}$, $E = h\nu$, 又因为从 $n=3$ 跃迁到 $n=1$ 放出的光子能量最大, 故可知其动量最大, **B 正确**; 大量氢原子从 $n=3$ 的激发态跃迁到基态能放出 $C_3^2 = 3$ 种频率的光子, 其中从 $n=3$ 跃迁到 $n=2$ 放出的光子能量为 $E_1 = -1.51 \text{ eV} - (-3.4) \text{ eV} = 1.89 \text{ eV} < 2.29 \text{ eV}$, 不能使金属钠发生光电效应, 其他两种均可以, **C 错误**; 由于从 $n=3$ 跃迁到 $n=4$ 能级需要吸收的光子能量为 $E_2 = -0.85 \text{ eV} - (-1.51) \text{ eV} = 0.66 \text{ eV} \neq 12.76 \text{ eV}$, 所以用 12.76 eV 的光子照射, 不能使这些氢原子跃迁到 $n=4$ 激发态, **D 错误**.

3. C 【解析】 本题考查 $v-t$ 图像与追及问题.

$v-t$ 图像的斜率表示加速度, 由图可知球员的加速度变小, **A 错误**; $v-t$ 图像与 t 轴围成面积表示位移, 可知在 $0 \sim t_0$ 时间内, 足球的位移大, t_0 时刻球员没有追上足球, **B 错误**; 根据几何关系可知在 $0 \sim t_1$ 时间内, 足球的位移大于 $\frac{v_0}{2}t_1$, **C 正确**; 在整个追赶过程中, 球员的位移与足球的位移相等, 即球员在 $0 \sim t_1$ 时间内, 位移大小大于 $\frac{v_0}{2}t_1$, 根据 $v = \frac{x}{t}$ 可知球员的平均速度大于 $\frac{v_0}{2}$, **D 错误**.

4. C 【解析】 本题考查薄膜干涉.



若表面 3 与表面 2 平行,则不能观察到干涉条纹,**A 错误**;根据薄膜干涉的原理可知,该条纹是由上层玻璃下表面 2 与材料乙的上表面 3 的反射光发生干涉形成的,**B 错误**;

关键点

从劈形空气层的上下表面分别反射的两列光是相干光,发生干涉现象,形成条纹,同一条纹处空气层的厚度是相等的,劈形空气层厚度变大,同一厚度的空气层位置向劈尖移动,条纹向劈尖移动,即条纹向左移动,温度升高时,材料甲和乙均发生热膨胀,体积增大,若干涉条纹向左移动,则说明乙的上表面 3 与上层玻璃下表面 2 之间的空气层厚度增大,则材料甲的热膨胀程度大,**C 正确**;仅减小单色光的频率,根据 $\lambda = \frac{c}{f}$ 可知,光的波长变长,由于波长较长的光干涉形成的同级条纹对应的空气层厚度更大,故干涉条纹将向右移动,**D 错误**.

5. A 【解析】 本题考查感应电动势与理想变压器.

由图可知 $t=0$ 时刻浮杆正随海水向上运动, $0 \sim 2$ s 内浮杆振动了 $\frac{T}{2}$, 所以, $t=2$ s 时刻浮杆正随海水向下运动, **A 正确**; $t=0$ 时刻发电机产生的电动势最大, 为 $E_m = nBLv$, 其中 $L = 2\pi r$, 解得 $E_m = 2\pi rnBv$, **B 错误**; $t=0$ 时刻发电机产生的电动势最大, 则 $t=0$ 时刻开始发电机产生电动势的表达式为 $e = E_m \cos \omega t$, 其中 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 0.5\pi \text{ rad/s}$, 所以 $e = E_m \cos \omega t = 2\pi rnBv \cos 0.5\pi t$ (V), **C 错误**; 根据变压器原、副线圈匝数比可知, 副线圈电压的最大值为 $U_m = \frac{n_2}{n_1} E_m = 100\pi rnBv$, 有效值为 $U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 50\sqrt{2}\pi rnBv$, **D 错误**.

6. B 【解析】 本题考查天体运动与椭圆轨道.

由图可知, A 、 B 周期分别为 $T_A = t_1$, $T_B = 2t_2$, 又因为 $t_2 = \sqrt{2}t_1$, 所以 B 与 A 绕行周期之比为 $\frac{T_B}{T_A} = \frac{2t_2}{t_1} = \frac{2\sqrt{2}}{1}$, 根据开普勒第三定律有 $\frac{T_B^2}{T_A^2} = \frac{a_B^3}{a_A^3}$, 可知行星 B 、 A 轨道半长轴之比为 $\frac{a_B}{a_A} = \frac{2}{1}$, **A 错误**; 由图可知, 当 r_B 最小时 $9F = G \frac{Mm_B}{r_{Bmin}^2}$, 当 r_B 最大时 $F = G \frac{Mm_B}{r_{Bmax}^2}$, 当 r_A 最小时 $8F = G \frac{Mm_A}{r_{Amin}^2}$, 当 r_A 最大时 $2F = G \frac{Mm_A}{r_{Amax}^2}$, 根据开普勒第三定律有 $\frac{T_B^2}{T_A^2} = \frac{\left(\frac{r_{Bmin} + r_{Bmax}}{2}\right)^3}{\left(\frac{r_{Amin} + r_{Amax}}{2}\right)^3}$, 联立解得 $\frac{r_{Amax}}{r_{Bmax}} = \frac{4}{9}$, $\frac{m_A}{m_B} = \frac{32}{81}$, **B 正确**, **C 错误**; 因 $t_2 = \frac{1}{2}T_B$, 可知行星 B 与恒星的连线在任意 t_2 时间内扫过的面积均小于整个椭圆轨道面积, **D 错误**.

7. D 【解析】 本题考查单棒切割与图像的结合.

由 $i-x$ 图像可知 $i = x + 0.25$ (A), 则金属棒在 $x = 2$ m 处的电流为 $I_1 = 2.25$ A, 根据 $E_1 = Bdv_1$, $I_1 = \frac{E_1}{R}$, 解得 $v_1 = 9$ m/s, **A 错误**; 根据 $i = \frac{Bdv}{R} = \frac{v}{4}$ (A) = $x + 0.25$ (A), 即 $v = 4x + 1$ (m/s), 可得



$\frac{\Delta v}{\Delta x} = 4 \text{ s}^{-1}$, $\frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} = \frac{a}{v}$, 解得 $a = 4v (\text{m/s}^2)$, 加速度随 v 增大而增大, **B 错误**; 回路中产生的焦耳热等于克服安培力做的功, 安培力大小为 $F_A = BId = x + 0.25 (\text{N})$, 由安培力与位移的线性关系知从开始到 $x = 2 \text{ m}$ 处回路中产生的焦耳热为 $Q = W_{\text{克}A} = \overline{F_A} x = \frac{0.25 + 2.25}{2} \times 2 \text{ J} = 2.5 \text{ J}$, **C 错误**; 根据 $v = 4x + 1 (\text{m/s})$, 可知金属棒在 $x = 0$ 处的速度 $v_0 = 1 \text{ m/s}$, 在 $x = 2 \text{ m}$ 处的速度 $v_1 = 9 \text{ m/s}$, 根据动能定理有 $W - W_{\text{克}A} - \mu mgx = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$, 解得从开始到 $x = 2 \text{ m}$ 处拉力做功 $W = 90.5 \text{ J}$, **D 正确**.

8. **AC** 【解析】本题考查磁流体发电机.

图甲中, 给汽车加油前触摸静电释放器, 是为了将人体积累的静电导入大地, 防止静电火花引发火灾, **A 正确**; 图乙中, 处于静电平衡状态的导体, 其内部 (包括壳壁 W 内部) 的电场强度处处为 0, **B 错误**; 图丙为磁流体发电机, 根据左手定则, 正离子受洛伦兹力向下偏转, 打在 B 极板上, B 极板电势高于 A 极板, **C 正确**; 图丁为回旋加速器, 根据 $qvB = m \frac{v^2}{R}$, 粒子获得的最大动能 $E_{\text{km}} = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2 B^2 R^2}{2m}$, 与加速电压 U 无关 (关键: 带电粒子之所以能射出, 是因为圆周运动半径达到回旋加速器半径), 增大加速电压只能减少加速次数, 不能增大最大动能, **D 错误**.

9. **AD** 【解析】本题考查带电体在叠加场中的运动.

小球进入电容器时速度方向与极板夹角为 45° , 则小球竖直速度也是 v_0 , 小球抛出点到上极板左端的水平距离为 $x = v_0 \cdot \frac{v_0}{g} = \frac{v_0^2}{g}$, **B 错误**; 若小球进入电容器后在竖直方向上加速, 则竖直方向平均速度必大于 v_0 , 小球到达下极板时水平方向的位移小于 $3L$, 小球必打在极板上, 由于小球运动过程中不与极板碰撞, 则小球在竖直方向必须先减速, 小球所受电场力方向向上, 则电容器上极板带负电, **A 正确**; 若小球出电容器时速度水平, 则有 $3L = v_0 t$, $h = \frac{1}{2}v_0 t = \frac{3}{2}L > L$, **C 错误**; 小球运动过程中恰好与极板不碰撞, 有两种情况: 第一种情况是从上极板右侧边缘飞出, 有 $3L = v_0 t$, $0 = v_0 t - \frac{1}{2} \left(\frac{qU_1}{mL} - g \right) t^2$, 解得 $U_1 = \frac{2mv_0^2 + 3mgL}{3q}$, 第二种情况是竖直分速度刚减小到 0 时刚好达到下极板, 有 $v_0^2 = 2 \left(\frac{qU_2}{mL} - g \right) L$, 解得 $U_2 = \frac{mv_0^2 + 2mgL}{2q}$, **D 正确**.

10. **AC**

思路导引

每两个小球间的碰撞都是弹性正碰, 均有动量守恒和机械能守恒, 根据速度关系可计算 k , 每个小球的运动可近似认为是一小段圆周运动, 在最低点时由轻绳拉力和重力的合力提供向心力, 根据递推关系计算轻绳拉力的大小.

【解析】 本题考查多次碰撞问题.

设碰前瞬间 1 的速度大小为 v_0 , 根据动能定理有 $m_1 gh =$



$\frac{1}{2}m_1v_0^2$, 解得 $v_0 = \sqrt{2gh}$, 规定向右为正方向, 1 碰 2 过程, 根据动量守恒和机械能守恒有 $m_1v_0 = m_1v_1 + m_2v_2$, $\frac{1}{2}m_1v_0^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2$, 解得 $v_1 = \frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0 = \frac{1-k}{1+k}v_0$, $v_2 = \frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0 = \frac{2}{1+k}v_0$, 同理 2 碰 3, 碰后二者速度分别为 $v_{22} = \frac{m_2-m_3}{m_3+m_2}v_2 = \frac{2(1-k)}{(1+k)^2}v_0$, $v_3 = \frac{2m_2}{m_3+m_2}v_2 = \left(\frac{2}{1+k}\right)^2v_0$, 同理 3 碰 4, 碰后二者速度分别为 $v_{33} = \frac{m_3-m_4}{m_3+m_4}v_3 = \frac{4(1-k)}{(1+k)^3}v_0$, $v_4 = \frac{2m_3}{m_3+m_4}v_3 = \left(\frac{2}{1+k}\right)^3v_0$, 同理 4 碰 5, 碰后二者速度分别为 $v_{44} = \frac{m_4-m_5}{m_5+m_4}v_4 = \frac{8(1-k)}{(1+k)^4}v_0$, $v_5 = \frac{2m_4}{m_4+m_5}v_4 = \left(\frac{2}{1+k}\right)^4v_0$, 5 被碰后, 由机械能守恒有 $\frac{1}{2}m_5v_5^2 = m_5g \times 16h$, 联立解得 $k = \sqrt{2}-1$, **A 正确, B 错误**; 小球在最低点时, 根据 $F-mg = m\frac{v^2}{l}$, 可知绳子拉力 $F = m\frac{v^2}{l} + mg$, 以上分析可知 $F_1 = m_1g + m_1\frac{v_0^2}{l} = m_1\left(g + \frac{2gh}{l}\right)$, $F_5 = m_5g + m_5\frac{v_5^2}{l} = k^4m_1\left(g + \frac{32gh}{l}\right)$, 根据数学关系比较 $\left(1 + \frac{2h}{l}\right)$ 与 $k^4\left(1 + \frac{32h}{l}\right) \approx 0.03 + \frac{0.94h}{l}$, 可知 $F_1 > F_5$, 即整个过程中悬挂 1 球的轻绳最容易断, **C 正确, D 错误**.

满分小卷 ▶ 4

1. **D** 【解析】本题考查 $U-I$ 图像.

根据 $R = \frac{U}{I}$ 可知, $U-I$ 图像中某点与原点连线的斜率等于该点对应的电阻值, 由图像可知 a 、 d 两点与原点连线的斜率最接近, 则阻值最接近, **D 正确**.

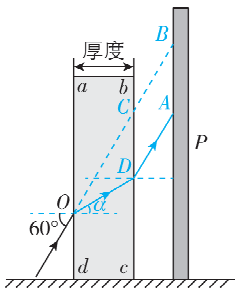
2. **C** 【解析】本题考查光的折射.

由题意作出光线的传播路径, 如图所示, 根据折射定律有 $n = \frac{\sin 60^\circ}{\sin \alpha}$, 解得 $\alpha = 30^\circ$, 经长方体玻璃砖折射后折射光线与入射光线平行, 可知 $ABCD$ 为平行四边形, $\angle COD = \angle DCO = 30^\circ$, ODC 为等腰三角形, 由几何关系可知, $OD = CD = AB = l$, 则厚度 $x = OD \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}l$, **C 正确**.

关键点

光路平行, 可知 $ABCD$ 为平行四边形, $\angle COD = \angle DCO = 30^\circ$, ODC 为等腰三角形, 由几何关系可知, $OD = CD = AB = l$, 则厚度 $x = OD \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}l$, **C 正确**.

l , 则厚度 $x = OD \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}l$, **C 正确**.



3. **A** 【解析】本题考查动量定理.

由图乙可知, 运动员第一次离开蹦床后, 在空中运动的时间



为 1.6 s , 则运动员上升的时间为 $t_1 = 0.8\text{ s}$ (关键: 根据对称性可知上升、下降时间相等), 则上升的最大高度为 $h_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 = 3.2\text{ m}$, **A 正确**; 1.0 s 时运动员刚好离开蹦床, 运动员的速度方向竖直向上, 大小为 $v_1 = gt_1 = 8\text{ m/s}$, 2.6 s 时运动员的速度方向竖直向下, 大小为 $v_2 = gt_1 = 8\text{ m/s}$, 以竖直向下为正方向, 则该时间内运动员动量的变化量为 $\Delta p = mv_2 - (-mv_1) = 800\text{ kg} \cdot \text{m/s}$ (易错: 注意速度方向反向了), **B 错误**; $3.0 \sim 3.8\text{ s}$ 的时间内, 运动员重力的冲量大小为 $I_G = mgt_2 = 50 \times 10 \times 0.8\text{ N} \cdot \text{s} = 400\text{ N} \cdot \text{s}$, **C 错误**; 运动员第二次离开蹦床在空中运动的时间为 0.8 s , 上升的时间为 $t_3 = 0.4\text{ s}$, 离开蹦床的速度方向竖直向上, 大小为 $v_3 = gt_3 = 4\text{ m/s}$, 运动员第二次与蹦床相互作用的时间为 $t_4 = 0.4\text{ s}$, 对该过程, 以竖直向上为正方向, 由动量定理得 $Ft_4 - mgt_4 = mv_3 - (-mv_2)$, 解得 $F = 2\,000\text{ N}$, **D 错误**.

**30 s 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

根据 $F-t$ 图像先分析 B、C, 只需要判断相关物理量是否为 0 即可, $1.0 \sim 2.6\text{ s}$ 内合力不为零, 动量变化量不为 0, **B 错误**; 重力为恒力, 且有作用时间, 冲量不为 0, **C 错误**; A、D 需要定量计算, 根据竖直方向的匀变速直线运动特点, 计算得 **A 正确**.

4. C 【解析】 本题考查超声波与波的反射.

根据波长公式 $\lambda = \frac{v}{f}$, 该超声波在人体内传播的波长 $\lambda_2 = \frac{v_2}{f} = \frac{1\,540}{2 \times 10^6}\text{ m} = 7.7 \times 10^{-4}\text{ m}$, **A 错误**; 超声波从探头传播到脏器表面并反射回来, 经历的时间为 Δt , 传播距离为 $2x$, 则脏器表面到探头的距离 $x = \frac{v_2 \Delta t}{2} = \frac{1\,540 \times 5 \times 10^{-5}}{2}\text{ m} = 0.038\,5\text{ m}$, **B 错误**; 由题意可知, 两种介质的声阻抗相差越大, 反射越多, 为了减少超声波在探头与人体界面处的反射, 使超声波最大限度地进入人体, 凝胶的声阻抗应与人体的声阻抗大致相同, **C 正确**; 通过发射信号和接收信号的时间差确定脏器的位置, 是利用了波的反射原理, **D 错误**.

5. C 【解析】 本题考查圆锥摆.

要让配重小球从静止以速度 v 匀速转动起来, 此时小球的重力势能也要增加 (易错: 易忽略小球转起来后高度增加导致重力势能增加而判断错误), 则悬绳对小球做的功大于 $\frac{1}{2}mv^2$, **A 错误**; 当悬绳与竖直方向夹角为 θ 时, 配重小球做匀速圆周运动的向心力大小为 $F_n = mg \tan \theta$, **B 错误**; 根据 $F_n = mg \tan \theta = m\omega^2(L \sin \theta + R)$, 等式两边可消掉质量, 若更换质量为 $2m$ 的配重小球, 以相同角速度转动小球, 悬绳与竖直方向夹角不变, **C 正确**; 根据 $mg \tan \theta = m\omega^2(L \sin \theta + R)$, 当悬绳与竖直方向夹角保持为 θ 时, 配重小球转动频率 $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \tan \theta}{L \sin \theta + R}}$, **D 错误**.

**1 min 速解**

哈尔滨工业大学——何翔宇

小球重力势能和动能都增加, 悬绳对小球做功的大小不止等于动能的变化量, **A 错误**; 根据受力分析可得, 向心力大小为 $mg \tan \theta$, **B 错误**; 计算转动频率一定会用到圆周运动的半径, 半径表达式为 $L \sin \theta + R$, **D 错误**. 故选 C.

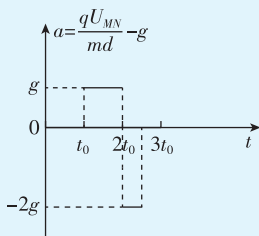


6. C 【解析】本题考查带电体在变化电场中的运动。

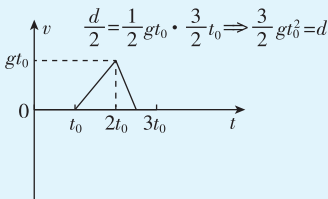
$0 \sim t_0$ 时间内,油滴静止,重力与电场力平衡,有 $q \cdot \frac{U_0}{d} = mg$;
 $t_0 \sim 2t_0$ 时间内, M 、 N 板间电势差为 $2U_0$,电场力大小为 $q \cdot \frac{2U_0}{d} = 2mg$,方向向上,合力 $F_{\text{合}} = 2mg - mg = mg$,加速度 $a_1 = g$,运动时间 t_0 ,位移 $x_1 = \frac{1}{2} a_1 t_0^2 = \frac{1}{2} g t_0^2$, $2t_0$ 时的末速度 $v_1 = a_1 t_0 = g t_0$;
 $2t_0 \sim 2.5t_0$ 时间内, M 、 N 板间电势差为 $-U_0$,电场力方向向下,大小为 mg ,合力 $F'_{\text{合}} = mg + mg = 2mg$,加速度 $a_2 = 2g$,运动时间 $t_2 = 0.5t_0$,取向上为正方向,位移 $x_2 = v_1 t_2 - \frac{1}{2} a_2 t_2^2 = g t_0 \cdot 0.5t_0 - \frac{1}{2} \cdot 2g \cdot (0.5t_0)^2 = \frac{1}{4} g t_0^2$,总位移等于 $\frac{d}{2}$,即 $\frac{d}{2} = x_1 + x_2 = \frac{1}{2} g t_0^2 + \frac{1}{4} g t_0^2 = \frac{3}{4} g t_0^2$,得 $d = \frac{3}{2} g t_0^2$, C 正确。

快解

求出各阶段加速度后,画 $v-t$ 图像可快速得到答案。



图线与横轴所围面积为



7. C

题图剖析

设半径为 L , 两线框匀速转动, 周期相同, 作出

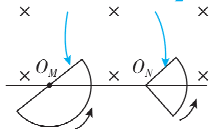
在 $0 \sim \frac{T}{4}$ 、 $\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$ 、 $\frac{T}{2} \sim \frac{3T}{4}$ 、 $\frac{3T}{4} \sim T$ 时间段两线框切割磁感线的情况。

这条边切割磁感线

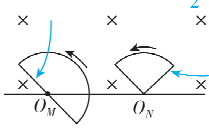
产生电动势大小为 $E = \frac{1}{2} B L^2 \omega$

这条边切割磁感线

产生电动势大小为 $E = \frac{1}{2} B L^2 \omega$



$0 \sim \frac{T}{4}$



$\frac{T}{4} \sim \frac{T}{2}$

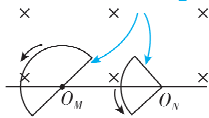
磁通量不变, $E=0$

这条边切割磁感线

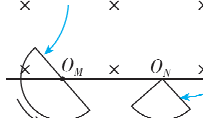
产生电动势大小为 $E = \frac{1}{2} B L^2 \omega$

这条边切割磁感线

产生电动势大小为 $E = \frac{1}{2} B L^2 \omega$



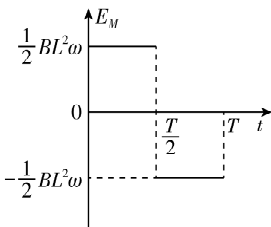
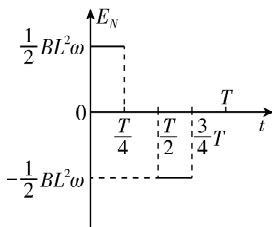
$\frac{T}{2} \sim \frac{3T}{4}$



$\frac{3T}{4} \sim T$

磁通量为0, $E=0$

两线框一个周期内电动势随时间变化情况如图所示。





【解析】本题考查感应电动势的产生。

导线框 M 为半圆形, 绕圆心在磁场边界转动, 进入和离开磁场过程中, 有效切割长度不变, 感应电动势大小为 $E = \frac{1}{2}BL^2\omega$ 为定值, 产生的是方波交流电, 不是正弦交流电, **A 错误**;

两导线框产生的感应电流的周期与线框转动周期相同, **B 错误**;

在 $t = \frac{T}{8}$ 时, 两导线框均转过 45° , 都处于进入磁场的过程中, 有效切割长度均为半径 L , 产生的感应电动势相等, 均为 $E = \frac{1}{2}BL^2\omega$, **C 正确**;

导线框 M 中感应电流始终存在, 方向周期性变化, 有效值 $I_M = \frac{E}{r}$, 导线框 N 中感应电流间

歇四分之一周期存在, 一个周期内有半个周期存在, 根据 $\frac{E^2}{r} \times$

$\frac{1}{2}T = I_N^2 r T$, 解得电流有效值 $I_N = \frac{E}{\sqrt{2}r}$, **D 错误**。



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

导线框 M 的有效切割长度不变, 不会产生正弦交流电, N 全进入磁场后磁通量不变, 会有一段时间无电流, 所以 M 、 N 感应电流有效值不同, 感应电流的周期和线框转动的周期都是 T , 排除 **A**、**B**、**D**, **C 正确**。

8. **BD** 【解析】本题考查核衰变与半衰期。

核衰变过程中电荷数、质量数守恒, 但反应存在质量亏损, 会以能量形式释放, 因此质量不守恒, **A 错误**; 该衰变反应方程式为 ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$, 释放出电子, 属于 β 衰变, **B 正确**; 半衰期是大量原子核衰变的统计规律, 仅对宏观大量样本有意义, 对少量原子核的衰变行为无法准确预测, **C 错误**; 半衰期由原子核内部结构决定, 与外界温度、压强、化学状态等外部因素无关, 因此高温高压不影响衰变速度, **D 正确**。

9. **BC** 【解析】本题考查万有引力定律与能量。

对接后的空间站仍处于原轨道, 由万有引力提供向心力可得

关键点

$\frac{GMm'}{r^2} = m'a$, 则向心加速度 $a = \frac{GM}{r^2}$, 轨道没有变的情况下, 加

速度大小不变, **A 错误**; 对组合体, 由万有引力提供向心力可

得 $\frac{GMm''}{(R+h)^2} = m''\frac{4\pi^2}{T^2}(R+h)$, 再由黄金代换式 $GM = gR^2$, 可得高

度 $h = \sqrt[3]{\frac{gR^2T^2}{4\pi^2}} - R$, **B 正确**; 由万有引力提供向心力可得

$\frac{GMm}{(R+h)^2} = m\frac{v^2}{R+h}$, 可得 $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$, 神舟十九号完成对接后的

机械能为 $E_2 = -\frac{GMm}{R+h} + \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{GMm}{2(R+h)}$, 神舟十九号发射前

的机械能为 $E_1 = -\frac{GMm}{R}$, 故神舟十九号从开始发射至其与空



间站对接需要做的功为 $W = E_2 - E_1 = \frac{GMm}{R} - \frac{GMm}{2(R+h)}$, C 正确;

类比电场强度定义式 $E = \frac{F}{q}$, 在引力场中 $F_{\text{万}} = \frac{GMm}{(R+h)^2}$, 再由黄金代换式 $GM = gR^2$, 所以“组合体”所处轨道的引力场强度大小为 $E' = \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{gR^2}{(R+h)^2}$, D 错误.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

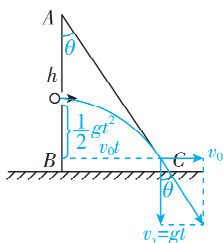
对接后空间站轨道高度不变, 则加速度大小不变, A 错

误; B、C 复杂先不算, 类比可知, 引力场强度 $E' = \frac{F_{\text{万}}}{m}$, 单位应该与 g 单位相同, D 错误. 故选 B、C.

10. AC

题图剖析

设 $\angle A = \theta$, 作出小球轨迹, 小球速度、位移与 θ 的关系如图.



【解析】本题考查平抛运动.

小球恰能粘在 AC 上意味着其落到 AC 时的速度方向与 AC

边平行, 设 $\angle A = \theta$, 可得 $\frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt} = \tan \theta$, 即 $v_0 = gt \tan \theta$, 水平

方向位移 $x = v_0 t$, 小球落点到 A 点的竖直距离为 $y = h +$

$\frac{1}{2}gt^2$, 落点在 AC 上, 由几何关系可得 $x = y \tan \theta$, 即 $v_0 t =$

$\left(h + \frac{1}{2}gt^2\right) \tan \theta$, 代入 $v_0 = gt \tan \theta$, 可得 $gt^2 \tan \theta =$

$\left(h + \frac{1}{2}gt^2\right) \tan \theta$, 化简得 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 结合图 (b) 数据, 当 $t =$

0.2 s 时 $h = 0.196$ m, 代入解得重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ (关

键: 题干没有给重力加速度 g 的取值时, 不可直接取

10 m/s^2 计算), 小球落点到 A 点的竖直距离 $y = h + \frac{1}{2}gt^2 =$

$2h$, 若调整 h 使得 $2h$ 恰好等于直角边 AB 的高度, 则落点即

为底部的 C 点, A 正确; 由 $v_0 = gt \tan \theta$ 及 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 联立可得

$v_0 = \sqrt{2gh} \tan \theta$, 因此初速度 v_0 越大, 对应 h 越大, B 错误;

$t = 0.2$ s 时, 小球刚接触 AC 时竖直方向分速度最大, 为 $v_y =$

$gt = 9.8 \times 0.2 \text{ m/s} = 1.96 \text{ m/s}$, 此时重力的瞬时功率最大, 为

$P = mgv_y = 9.604 \text{ W} < 10 \text{ W}$, C 正确; 平抛运动中, 小球的速度

变化量 $\Delta v = g\Delta t$, 在 $\Delta t = 0.1$ s 内, 速度变化量大小为 $\Delta v =$

$9.8 \times 0.1 \text{ m/s} = 0.98 \text{ m/s}$, D 错误.



满分小卷 ▶ 5

1. **C** 【解析】本题考查波的干涉与振动加强点和减弱点.

由图可知, a 为两列波的波峰相遇点, 为振动加强点; b 为波谷与波峰相遇点, 为振动减弱点; c 为波谷与波谷相遇点, 为振动加强点; c 、 d 在 O_1O_2 连线的中垂线上, 且两波源的振动情况完全相同, 故两波源连线中垂线上的点均为振动加强点, d 为振动加强点; e 为波谷与波峰相遇点, 为振动减弱点, **C** 正确.

2. **C** 【解析】本题考查光电效应与氢原子跃迁.

发生光电效应的条件是入射光子的能量不小于钙的逸出功, 即 $E_{\gamma} \geq 3.2 \text{ eV}$, 氢原子从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时, 光子能量为 $E_{4 \rightarrow 2} = E_4 - E_2 = (-0.85 + 3.40) \text{ eV} = 2.55 \text{ eV}$; 氢原子从 $n=4$ 能级跃迁到 $n=3$ 能级时, 光子能量为 $E_{4 \rightarrow 3} = E_4 - E_3 = (-0.85 + 1.51) \text{ eV} = 0.66 \text{ eV}$; 氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级时, 光子能量为 $E_{3 \rightarrow 1} = E_3 - E_1 = (-1.51 + 13.60) \text{ eV} = 12.09 \text{ eV}$; 氢原子从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=2$ 能级时, 光子能量为 $E_{3 \rightarrow 2} = E_3 - E_2 = (-1.51 + 3.40) \text{ eV} = 1.89 \text{ eV}$. 四种跃迁中, 只有从 $n=3$ 能级跃迁到 $n=1$ 能级产生的光子能量大于钙的逸出功, 能够发生光电效应, **C** 正确.

3. **A** 【解析】本题考查电路动态分析.

理想电压表内阻无穷大, 相当于断路, 理想电流表内阻为零, 相当于短路, 所以等效电路为滑动变阻器左右两部分电阻并联再与 R 串联, 电压表 V_1 、 V_2 、 V_3 分别测量 R 两端电压、路端电压和滑动变阻器左右两部分电阻并联电路的电压, 电流表 A 测量干路电流, 当滑动变阻器滑片从最左侧开始缓慢向右滑动, 并联总电阻先增大后减小 (关键: 当滑片位于 R_1 中点时, 并联总电阻最大), 电路总电阻先增大后减小, 则 A 的示数先减小后增大, **A** 正确; V_2 测量路端电压, 电路总电阻先增大后减小, 总电流先减小后增大, 内电压先减小后增大, 则路端电压先增大后减小, 即 V_2 的示数先增大后减小, **B** 错误; 将 R 等效为电源内阻一部分, U_3 为等效的路端电压, $U_3 = E - I(r + R)$, 则 $\frac{\Delta U_3}{\Delta I} = r + R$ (注意: 题中已说 ΔU_3 、 ΔI 为绝对值), 比值大于 R , **C** 错误; U_2 为实际的路端电压, $U_2 = E - Ir$, 则 $\frac{\Delta U_2}{\Delta I} = r$, 可得 $\Delta U_3 > \Delta U_2$, **D** 错误.

4. **B** 【解析】本题考查气体状态变化图像.

由题意可知, $a \rightarrow b$ 过程图线为双曲线的一部分, 即该过程为等温过程, $T_a = T_b$, 根据玻意耳定律有 $p_a V_a = p_b V_b$, 由图可知 $p_b = p_0$, $V_b = V_0$, $p_a = \frac{1}{3} p_0$, 解得 $V_a = 3V_0$, **A** 错误; $a \rightarrow b$ 过程中, 气体温度不变, 内能不变 (关键: 一定质量理想气体内能只与温度有关), $\Delta U = 0$, 气体体积减小, 外界对气体做功, $W > 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$, 可得 $Q = -W$, 即气体向外界放出的热量等于外界对气体所做的功, **B** 正确; 由图可知 $c \rightarrow a$ 过程为等容过程, $V_c = V_a = 3V_0$, $b \rightarrow c$ 过程为等压膨胀过程, 气体对外界所做的功 $W' = p_0 (V_c - V_b) = p_0 (3V_0 - V_0) = 2p_0 V_0$, **C** 错误; $c \rightarrow a$ 过程中, 气体体积不变, 外界对气体不做功, 即 $W_1 = 0$, 压强减小, 温度降低, 内能减少, 根据热力学第



一定律 $\Delta U = W + Q$, 可知 $Q_1 = \Delta U_1$, 即气体向外界放出的热量等于气体内能的减少量, **D** 错误.



30 s 速解

哈尔滨工业大学——何翔宇

先定性分析, $a \rightarrow b$ 过程图线为双曲线的一部分是关键, 表示 a 到 b 是等温变化, 内能不变, **B** 正确.

5. **C** 【解析】本题考查流体问题.

喷管直径约为 10 cm, 则半径 $r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$, 根据实际情况, 每层楼高约为 3 m, 所以喷水的高度 $h = 30 \times 3 \text{ m} = 90 \text{ m}$, 则根据竖直上抛运动规律, 水离开管口的速度为 $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 10 \times 90} \text{ m/s} = 30\sqrt{2} \text{ m/s}$, 设给喷管喷水的电动机输出功率为 P , 在接近管口很短一段时间 Δt 内水柱的质量为 $\Delta m = \rho S v \Delta t = \rho v \Delta t \cdot \pi r^2$, 根据动能定理得 $P \Delta t = \frac{1}{2} \Delta m \cdot v^2$, 联立以上解得 $P \approx 2.9 \times 10^5 \text{ W}$, **C** 正确.

6. **B** 【解析】本题考查法拉第电磁感应定律.

$t = 0$ 时, 磁感应强度 $B = B_0$, 线圈在磁场中的有效面积 $S = \frac{1}{2} \pi r^2$, 穿过线圈的磁通量 $\Phi = BS = \frac{1}{2} B_0 \pi r^2$, **A** 错误; $t = \frac{t_0}{2}$ 时, 磁感应强度大于零且随时间减小, 根据楞次定律可知, 感应电流的磁场方向向下, 由安培定则可知线圈中感应电流沿顺时针方向, 根据左手定则, 线圈受到的安培力方向水平向左, **B** 正确; $t = t_0$ 时, 磁感应强度为零, 但磁通量的变化率 $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 不为零, 根据法拉第电磁感应定律 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \cdot \frac{1}{2} \pi r^2 \cdot \frac{B_0}{t_0}$, 感应电动势大小不为零, **C** 错误; $t = \frac{3t_0}{2}$ 时, 磁感应强度大小为 $\frac{B_0}{2}$, 感应电动势 $E = \frac{n \pi r^2 B_0}{2t_0}$, 感应电流 $I = \frac{E}{R}$, 线圈受到的安培力 $F = n \cdot \frac{B_0}{2} \cdot I \times 2r = \frac{n^2 \pi r^3 B_0^2}{2Rt_0}$, **D** 错误.

7. **D** 【解析】本题考查圆周运动与斜抛运动.

设圆弧轨道 ABD 的半径为 R , 小球由 A 到 B , 由机械能守恒定律可得 $mg \times 2R = \frac{1}{2} m v_0^2$, 解得 $R = \frac{v_0^2}{4g}$, **A** 错误; 把小球在 C 点的重力分别沿着 CO 和垂直 CO 方向分解, 小球运动到 C 点, 支持力刚好等于 0 (点拨: “刚好脱离”即“接触但不挤压”), 重力沿着 CO 方向的分力充当向心力, 由向心力公式可得 $mg \cos \theta = \frac{m v_c^2}{R}$, 小球从 B 到 C , 由机械能守恒定律可得 $mgR(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2} m v_c^2$, 联立解得 $\cos \theta = \frac{2}{3}$, $v_c = \frac{\sqrt{6}}{6} v_0$, 小球到达 C 点时的动能 $E_k = \frac{1}{2} m v_c^2 = \frac{m v_0^2}{12}$, **B**、**C** 错误; 把小球在 C 点的速度分别沿着水平方向和竖直方向分解, 则水平方向的分速度大小为 $v_x = v_c \cos \theta$, 根据机械能守恒(关键: 小球从进入轨道直到落到水平面, 全程只有重力做功), 小球到达水平面的速度大小为 v_0 , 小球从 C 点到水平面做斜下抛运动, 水平方向的分运动是速度为 $v_x = v_c \cos \theta$ 的匀速直线运动, 则小球到



达水平面时的竖直分速度为 $v_y = \sqrt{v_0^2 - v_x^2}$, 可得小球从 C 点到

达水平面时重力瞬时功率为 $P_C = mgv_y = \frac{5\sqrt{3}}{9}mgv_0$, **D 正确**.

8. **AC** 【解析】本题考查双星系统.

由图像可知, 该双星系统的周期为 $2t_0$, a 与轨道圆心的距离为 $3x_0$, b 与轨道圆心的距离为 $2x_0$, 可得 $r_a : r_b = 3 : 2$, 由线速度 $v = \omega r$ (关键: 双星系统两颗星体角速度相同), 可知 a 、 b 的线速度大小之比为 $v_a : v_b = 3 : 2$, **A 正确, B 错误**; 对 b 由万有引力

提供向心力可知 $G \frac{m_a m_b}{(r_a + r_b)^2} = m_b \frac{4\pi^2}{T^2} r_b$, 又 $T = 2t_0$, 解得 $m_a = \frac{50\pi^2 x_0^3}{G t_0^2}$, **C 正确, D 错误**.

9. **BC** 【解析】本题考查带电粒子在电场与磁场中运动的对比.

若粒子仅受电场力作用, 在 A 点与 B 点速度大小相等, 由动能定理知从 A 点到 B 点电场力做功为零, 这表明 A 、 B 两点电势相等, 电场线垂直于 AB 连线, 粒子带正电, 受到的电场力垂直于 AB 向下, 则粒子做类斜抛运动, 根据运动对称性可知粒子运动到 B 点的速度大小为 v_0 , 方向与 AB 夹角为 30° , 根据平行四边形定则可知粒子从 A 到 B 的过程中速度变化量 $\Delta v = v_0$, 方向垂直于 AB 向下, 由动量定理得电场力冲量 $\Delta I_E = m\Delta v = mv_0$, 方向垂直于 AB 向下, 若粒子仅受洛伦兹力作用, 在磁场中做匀速圆周运动, 通过几何关系知粒子从 A 点以与 AB 夹角为 30° 的速度 v_0 射入, 要到达 B 点且速度大小仍为 v_0 , 其运动轨迹关于 AB 连线的中垂线对称, 轨迹所对圆心角为 60° , 则粒子在 B 点时速度与 AB 夹角为 30° , 故粒子从 A 到 B 的过程中速度变化量 $\Delta v_1 = v_0$, 方向垂直于 AB 向下, 洛伦兹力冲量 $\Delta I_B = m\Delta v_1 = mv_0$, 方向垂直于 AB 向下, 由此可知从 A 到 B 的过程中电场力冲量和洛伦兹力冲量相同 (易错: 冲量是矢量, 冲量相同: 大小相等、方向相同), **A 错误**;

由 **A** 选项分析可知无论该区域存在的是电场还是磁场, 其经过 B 点时的速度方向都与 AB 夹角为 30° , 方向相同, **B 正确**; 由 **A** 选项分析知粒子在电场中做类斜抛运动, 沿 AB 方向以速度为 $v_0 \cos 30^\circ$ 做匀速直线运动, 则有 $v_0 \cos 30^\circ \cdot$

$t_E = L$, 解得 $t_E = \frac{2L}{\sqrt{3}v_0}$, 粒子在磁场中做匀速圆周运动, 运动轨迹

所对的圆心角为 60° , 由几何关系可得其运动轨迹半径 $r =$

L , 则有 $v_0 t_B = \frac{\pi L}{3}$, 解得 $t_B = \frac{\pi L}{3v_0}$, 故 $\frac{t_E}{t_B} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} > 1$, 即在电场中运动的

时间比在磁场中长, **C 正确**; 粒子在电场中垂直于 AB 的方向以初速度为 $v_0 \sin 30^\circ$ 做匀变速直线运动, 可得 $v_0 \sin 30^\circ =$

$a \frac{t_E}{2} = \frac{qE}{m} \cdot \frac{t_E}{2}$, 解得 $E = \frac{\sqrt{3}mv_0^2}{2qL}$, 粒子在磁场中做匀速圆周运

动, 由 $qv_0 B = m \frac{v_0^2}{r}$, 解得 $B = \frac{mv_0}{qL}$, 则二者大小之比为 $\frac{B}{E} =$

$\frac{2}{\sqrt{3}}$, **D 错误**.



快解

在电场和在磁场中运动时间大小的比较

电场中沿 AB 方向的速度不变,一直为在 A 点时沿 AB 方向的分速度;磁场中,因为速度方向的变化,除了 A 、 B 两点外,沿 AB 方向的速度都大于在 A 点时沿 AB 方向的分速度,故磁场中运动时间短, **C 正确**.

10. **AD** 【解析】本题考查弹性碰撞.

由图乙分析可知, $t=0.5\text{ s}$ 时 a 与 b 发生第一次碰撞,根据质量相等的两物块发生弹性碰撞速度互换原理可知, a 的初速度大小 $v_0=4\text{ m/s}$, 中点左侧水平面光滑,则 a 在第一次碰撞前的路程 $s=v_0t=2\text{ m}$, 则两挡板间距为 $L=2\times\frac{s}{2}=2\text{ m}$ (关

键: a 从中点向左碰到挡板后,速度等大反向,回到中点与 b

第一次碰撞), **A 正确**; 第一次碰撞后, a 静止在中点, b 向右运动,与右侧挡板发生弹性碰撞后返回中点,与 a 第二次碰撞, b 静止, a 向左运动与左侧挡板碰撞后返回中点,与 b 第三次碰撞, a 静止, b 向右运动与右侧挡板碰撞返回到中点静止,所以 a 与 b 发生了三次碰撞 (关键: a 、 b 每一次碰撞均在中点处, b 最后在中点停下), **B 错误**; 由 B 选项分析可知, b 运动的路程为 $s_b=2L=4\text{ m}$, 对 b 运动的整个过程,由动能定理有 $-\mu mgs_b=0-\frac{1}{2}mv_0^2$, 解得 $\mu=0.2$, **C 错误**;

设 b 与 a 第二次碰撞前的速度大小为 v , 由动能定理有 $-\mu mgL=0-\frac{1}{2}mv^2$, a 第二次与挡板碰撞后速度大小与 b 、 a 第二次碰撞前 b 的速度大小相等, 则 a 第二次与挡板碰撞后的动能为 $E_k=\frac{1}{2}mv^2$, 联立解得 $E_k=4\text{ J}$, **D 正确**.