

24、一质点在水平面上运动，已知该质点的运动方程为 $\vec{v}(t) = 3t^2\vec{i} + 6t^2\vec{j}$ ，则该质点做（ ）。

- A、匀速直线运动
- B、变速直线运动
- C、抛物线运动
- D、一般曲线运动

选项：B。

解析：

将矢量表达式写成分量式，并分别求导数：

$$\begin{cases} v_x = 3t^2 \\ v_y = 6t^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_x = 6t \\ a_y = 12t \end{cases}$$

两方向的速度和加速度都随时间变化，且满足： $\frac{v_x}{v_y} = \frac{a_x}{a_y} = \frac{1}{2}$

故，合运动为变加速直线运动。

25、用水平压力 \vec{F} 把一个物体压着靠在竖直墙面上保持静止，当 \vec{F} 逐渐增大时，物体所受的静摩擦力（ ）。

- A、恒为 0
- B、不为 0，但保持不变
- C、随 \vec{F} 压力正比地增大
- D、开始随 \vec{F} 增大，达到某一最大值后就保持不变

选项：B。

解析：

物体静止，受力平衡。静摩擦力恒等于重力，所以不变。

26、对于功的概念，以下说法：

- (1) 保守力做正功时，系统的相应的势能增加；
- (2) 质点运动经一闭合路径，保守力对质点做的功为 0；
- (3) 作用力和反作用力大小相等，方向相反，所以两力做功之和必为 0。

在上述说法中（ ）。

- A、只有 (2) 正确
- B、只有 (3) 正确
- C、(1)、(2) 正确
- D、(2)、(3) 正确

选项：A。

解析：

根据功能关系，保守力做正功，相应的势能应减小，(1) 错误。

保守力做功仅与初末位置有关，沿闭合路径运动，保守力做功为 0。

反例：爆炸。

27、一个沿 x 轴正方向的力作用在一个质量为 3.0kg 的质点上，已知质点的运动学方程为： $x = 3t - 4t^2 + t^3(\text{SI})$ ，则当 $t = 1\text{s}$ 时，力的瞬时功率为（ ）。

A、2W B、3W C、8W D、12W

选项：D。

解析：

由质点的运动学方程，可得：

$$v = 3 - 8t + 3t^2(\text{SI})$$

$$a = -8 + 6t(\text{SI})$$

当 $t = 1\text{s}$ 时：

$$v = -2\text{m/s}, a = -2\text{m/s}^2, F = ma = -6\text{N}$$

则：

$$P = Fv = 12\text{W}$$

28、一个船浮于静水中，船长 L ，质量为 m ，一质量也为 m 的人从船尾走到船头，不计水和空气的阻力，则在此过程中船将（ ）。

A、不动 B、后退 L C、后退 $L/2$ D、后退 $L/3$

选项：C。

解析：

人船模型。人与船构成的系统不受外力作用，动量守恒。

初动量为 0，二者速度时刻满足：

$$mv_1 + mv_2 = 0 \implies v_1 + v_2 = 0 \implies v_1 dt + v_2 dt = 0$$

$$dx_1 + dx_2 = 0 \implies x_1 + x_2 = 0$$

又： $x_1 - x_2 = L$

$$\text{解得：} x_1 = \frac{L}{2}, x_2 = -\frac{L}{2}$$

即，船后退了 $L/2$ 。

29、体重、身高相同的甲乙两人，分别用双手握住跨过无摩擦的轻滑轮的轻绳的一端。他们从同一高度分别由初速度为零向上爬，经过一定时间，甲相对绳子的速率是相对绳子的速率的两倍，则到达顶点的情况是（ ）。

A、甲先到达

B、乙先到达

C、同时到达

D、谁先到达不能确定

选项：C。

解析：

不妨先设绳子的质量为 M ，且长度无限，即绳子对于转轴始终处于转动平衡状态。

甲、乙两人及绳子的动力学方程为：

$$f_1 - mg = ma_1, f_2 - mg = ma_2, f_1 - f_2 = Ma_3$$

对于轻绳， $M=0$ ，所以有： $f_1 = f_2$ 。前两式相左右分别相减得：

$$f_1 - f_2 = m(a_1 - a_2) = 0 \implies a_1 = a_2$$

这说明，两人地地的加速度始终相等，又因为二者都是从静止开始运动，所以运动情况完全相同（对地）。

说明：绳子的速度可能来自于微小扰动，本题中为干扰因素。

30、两瓶不同种类的理想气体，若其分子和平均平动动能相同，但分子数密度不同，则两瓶气体（ ）。

- A、温度相同，压强相同
- B、温度相同，体积不同
- C、温度相同，压强不同
- D、温度不同，压强不同

选项：C。

解析：

平均平动动能： $\bar{w} = \frac{3}{2}kT$ 。相同说明，两气体温度相同。

分子数密度

由理想气体状态方程：

$$pV = nRT \implies p = \frac{n}{V} RT = \frac{nN_A}{V} \frac{R}{N_A} T = \frac{nN_A}{V} kT$$

分子数密度不同，则压强不同。

31、两窗口内分别盛有氢气和氦气，若它们的温度和质量分别相等，则（ ）。

- A、两种气体分子的平均动能相等
- B、两种气体分子的平均平动动能相等
- C、两种气体分子的平均速率相等
- D、两种气体的内能相等。

选项：B。

解析：

设质子的质量为 m_0 ，则一个氢气分子和一个氦气分子的质量分别为： $2m_0, 4m_0$ 。

气体	自由度	平均动能	平均平动动能	平均速率	内能
氢气	5	$\frac{5}{2}kT$	$\frac{3}{2}kT$	$\sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot 2m_0}}$	$\frac{M}{2m_0} \cdot \frac{5}{2}kT = \frac{5}{4} \cdot \frac{M}{m_0} kT$
氦气	3	$\frac{3}{2}kT$	$\frac{3}{2}kT$	$\sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot 4m_0}}$	$\frac{M}{4m_0} \cdot \frac{3}{2}kT = \frac{3}{8} \cdot \frac{M}{m_0} kT$

32、三个容器 A、B、C 中装有同种理想气体，其分子密度 n 相同，而方均根速率之比为 $(\bar{v}_A^2)^{1/2} : (\bar{v}_B^2)^{1/2} : (\bar{v}_C^2)^{1/2} = 1:2:3$ ，则其压强之比 $P_A:P_B:P_C$ 为（ ）。

- A、1: 2: 4
- B、4: 2: 1
- C、1: 4: 16
- D、1: 4: 9

选项：D。

解析：

方均根速率： $\sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ 。

对于同种气体，其比值为 1: 2: 3，说明温度之比为：1: 4: 9。

由理想气体状态方程：

$$pV = nRT \implies p = \frac{n}{V} RT = \frac{nN_A}{V} \frac{R}{N_A} T = \frac{nN_A}{V} kT$$

在分子数密度相同的情况下，压强与温度成正比，故：

$$P_A:P_B:P_C = 1:4:9$$

33、热力学第二定律表明 ()。

- A、不可能从单一热源吸收热量使之全部变为有用功
- B、在一个可逆过程中，工作物质净吸热等于对外做功
- C、有摩擦生热的过程是不可逆的
- D、热量不可能从温度低的物体传到温度高的物体

选项：C。

解析：

A 项：等温过程就是将吸收的热量全部变为功。应该补上“而不产生其他变化”。

B 项：由热力学第一定律，如果在某一过程中，净吸热等于对外做功，则有：

$$\begin{cases} Q = W + \Delta E \\ Q = W \end{cases} \Rightarrow \Delta E = 0 \Rightarrow \Delta T = 0, \text{ 这是一个等温过程, 也就是说, 只有在准静}$$

态等温过程中, 此结论才成立。应该改为在一个可逆循环中, 净吸热等于对外做功。

D 项：制冷机。应表述为不可能自发地从低温物体传到高温物体。

34、某电荷 Q , 分成 q 和 $(Q-q)$ 两部分, 并将两部分分离开一定距离, 则它们之间的库仑力为最大的条件是 ()。

- A、 $q=Q/2$
- B、 $q=Q/4$
- C、 $q=Q/8$
- D、 $q=Q/16$

选项：A。

解析：

$$\text{设两电荷的距离为 } d. \text{ 则库仑力为: } F = \frac{q(Q-q)}{4\pi\epsilon_0 d^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 d^2} (-q^2 + Qq)$$

括号前为正值常数, 括号中的内容为开口向下的二次函数, 在顶点处取最值:

$$q = -\frac{Q}{2 \times (-1)} = \frac{Q}{2}$$

35、两个正电荷 q_1, q_2 , 当它们相距为 d 时, 运动速度分别为 v_1, v_2 , 如图所示, 则作用于 q_1 上的电磁力为 ()。

- A、 $\frac{q_1 q_2}{4\pi d^2} \sqrt{\mu_0^2 v_1^2 v_2^2 + \frac{1}{\epsilon_0^2}}$
- B、 $\frac{q_1 q_2}{4\pi d^2} \sqrt{\mu_0^2 v_1^2 v_2^2 - \frac{1}{\epsilon_0^2}}$
- C、 $\frac{q_1 q_2}{4\pi d^2}$
- D、 $\frac{q_1 q_2}{2\pi\epsilon_0 d^2}$

选项：A。

解析：

$$q_2 \text{ 受到的库仑相互作用为: } F_1 = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 d^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi d^2} \cdot \frac{1}{\epsilon_0} \text{ (向下)}$$

q_1 的运动可看成是以 q_2 为圆心的圆, 半径为 d 。

$$\text{其等效电流为: } I = \frac{q_1}{T} = \frac{q_1}{2\pi d/v_1} = \frac{q_1 v_1}{2\pi d}$$

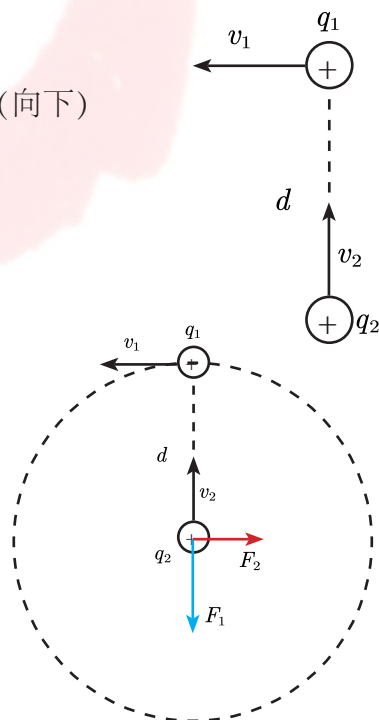
$$\text{在 } q_2 \text{ 处产生的磁场为: } B = \frac{\mu_0 I}{2d} = \frac{\mu_0 q_1 v_1}{4\pi d^2} \text{ (向外)}$$

q_2 受到的洛伦兹力:

$$F_2 = q_2 \vec{v}_2 \times \vec{B} = \frac{\mu_0 q_1 q_2 v_1 v_2}{4\pi d^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi d^2} \cdot \mu_0 v_1 v_2 \text{ (向右)}$$

$$\text{合力为: } F = \frac{q_1 q_2}{4\pi d^2} \sqrt{\mu_0^2 v_1^2 v_2^2 + \frac{1}{\epsilon_0^2}}$$

由牛顿第三定律, q_1 受的力与此合力等大反向。



36、下列函数 $f(x, t)$ 可表示弹性媒介中的机械波。其中 A, a, b 为正常量，其中表示沿 x 轴正向传播的行波函数是 ()。

- A、 $f(x, t) = A \cos(ax + bt)$ B、 $f(x, t) = A \cos(ax - bt)$
C、 $f(x, t) = A \cos ax \cos bt$ D、 $f(x, t) = A \sin ax \sin bt$

选项：B。

解析：

右行波应表示为： $f(x, t) = A \cos(\omega t - kx)$ 。但选项中没有相同的形式。

考虑到余弦函数的性质，此函数与 B 项数值一致，故选 B。

A 项表示的是左行波。

CD 两项表示驻波。

37、设空气中声速为 $330m/s$ 。一列火车以 $30m/s$ 的速度行驶，机车上汽笛的频率为 $600Hz$ 。一静止的观察者在机车正前方听到的声音的频率是 ()。

- A、 $660Hz$ B、 $550Hz$ C、 $600Hz$ D、 $680Hz$

选项：A。

解析：

考察多普勒效应。

$$\frac{\nu'}{\nu} = \frac{V + v_D}{V - v_s}$$

代入数据： $V = 330m/s, \nu = 600Hz, v_s = 30m/s$

解得： $\nu' = 660Hz$ 。

38、一平面简谐波在弹性媒介中传播时，某一时刻媒介中某质元在负的最大位移处，则它的能量时 ()。

- A、动能为零，势能为零 B、动能为零，势能最大
C、动能最大，势能为零 D、动能最大，势能最大

选项：A。

解析：

平面简谐波的动能和势能都随时间及空间周期变化。它们的相位始终相等、大小始终相等。故，在负振幅处量，二者都为 0。推导过程如下：

能量密度表示单位体积内的总能量。总能量由振动动能和形变势能两部分组成。

用 $y(x, t)$ 表示任意一处质点的位移，对于某一微元 Δm ，其动能为：

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \Delta m \dot{y}^2 = \frac{1}{2} \rho S \Delta x \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2$$

由 $F = SY \frac{\partial y}{\partial x} = k \Delta x$ 可得： $k = \frac{YS}{\Delta x}$ ，则弹性势能：

$$\Delta E_p = \frac{1}{2} k (\Delta y)^2 = \frac{1}{2} \frac{YS}{\Delta x} (\Delta y)^2 = \frac{1}{2} SY \Delta x \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)^2$$

总能量为：

$$\Delta E = \Delta E_k + \Delta E_p = \frac{1}{2} \rho S \Delta x \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 + \frac{1}{2} SY \Delta x \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \right)^2$$

能量密度为：

$$w = \frac{\Delta E}{\Delta x} = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{\partial y}{\partial t} \right)^2 + \frac{1}{2} Y \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2$$

等号右侧两项分别对应动能、势能的能量密度。

对于平面简谐波 $y = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$ ，能量密度为：

$$w = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t - kx + \varphi_0) + \frac{1}{2} Y k^2 A^2 \sin^2(\omega t - kx + \varphi_0)$$

又 $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$, $v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$ ，代入上式：

$$\begin{aligned} w &= \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t - kx + \varphi_0) + \frac{1}{2} \rho v^2 \cdot \frac{\omega^2}{v^2} A^2 \sin^2(\omega t - kx + \varphi_0) \\ &= \rho \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t - kx + \varphi_0) \end{aligned}$$

可见，平面简谐波的能量密度是一个与时间、位置有关的变量。

从能量密度的表达式可以看出：

(1) 当位置 x 固定时，两种能量密度随时间呈周期分布，且 $w_k = w_p$ 。这说明对于某一特定位置，两种能量密度时刻相等。

(2) 当时刻 t 固定时，两种能量密度随位置呈周期分布，平衡位置时，两者都达到最大值，振幅位置时，两者都为零。

平均能量密度为：

$$\begin{aligned} \bar{w} &= \frac{1}{T} \int_0^T w dt = \frac{1}{T} \rho \omega^2 A^2 \int_0^T \sin^2(\omega t - kx + \varphi_0) dt \\ &= \frac{1}{T} \rho \omega^2 A^2 \int_0^T \frac{1 - \cos 2(\omega t - kx + \varphi_0)}{2} dt \\ &= \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2 \end{aligned}$$

39、一火箭的固有长度为 L ，相对于地面作匀速直线运动的速度为 v_1 ，火箭上有一个从火箭的后端向火箭前端上的一个靶子发射一枚相对于火箭速度为 v_2 的子弹。则在火箭上测得子弹从射出到击中靶的时间间隔为（ ）。

A、 L/v_2 B、 $L/(v_1 + v_2)$ C、 $L/(v_2 - v_1)$ D、 $\frac{L}{v_1} \sqrt{1 - (v_1/c)^2}$

选项：A。

解析：

自己看自己，一切正常。

40、已知电子的静能为 0.51 MeV ，若电子的动能为 0.25 MeV ，则它所增加的质量 Δm 与静质量 m_0 的比值近似为（ ）。

A、 0.1 B、 0.2 C、 0.5 D、 0.9

选项：C。

解析：

$$m_0 c^2 = 0.51 \text{ MeV}$$

$$E_k = mc^2 - m_0 c^2 = \Delta m c^2 = 0.25 \text{ MeV}$$

$$\frac{\Delta m}{m_0} = \frac{0.51}{0.25} \approx 0.5$$

- 41、光电效应中的红限依赖于（ ）。
- A、入射光的强度 B、入射光的频率
C、金属的逸出功 D、入射光的颜色

选项：C。

解析：

红限频率是指能使金属发生光电效应所需要的最低光照频率。

由最大初动能公式： $E_k = h\nu - W_0$ ，能发生光电效应，则： $h\nu - W_0 \geq 0$

解得最低频率： $\nu_0 = \frac{W_0}{h}$ 。

即，红限频率由金属的逸出功决定。

- 42、当电子的动能等于它静止的能量时，用 m_{e0} 表示电子的静止质量， c 表示真空中的光速， h 表示普朗克常量，则该电子的德布罗意波长是（ ）。

- A、 $\frac{h}{3m_{e0}c}$ B、 $\frac{h}{\sqrt{3}m_{e0}c}$ C、 $\frac{2h}{3m_{e0}c}$ D、 $\frac{2h}{\sqrt{3}m_{e0}c}$

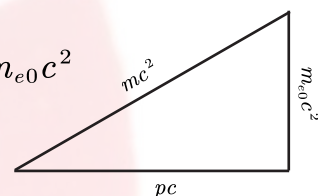
选项：B。

解析：

$$E_k = mc^2 - m_{e0}c^2 = m_{e0}c^2 \Rightarrow mc^2 = 2m_{e0}c^2$$

由相对论能量三角形可直接得到：

$$pc = \sqrt{3}m_{e0}c^2 \Rightarrow p = \sqrt{3}m_{e0}c$$



故，德布罗意波长：

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{3}m_{e0}c}$$

- 43、不确定关系式 $\Delta x \cdot \Delta p \geq h$ 表示，在 x 方向上（ ）。

- A、粒子位置不能准确确定 B、粒子动量不能准确确定
C、粒子位置和动能都不能准确确定
D、粒子位置和动量不能同时准确确定

选项：D。

解析：略。

- 44、路灯距离路面高度为 h_1 ，一个身高为 h_2 的人在路灯下以匀速 v_1 沿着直线靠近或远离路灯行走，则人影顶端的速度大小为（ ）。

- A、 $\frac{h_1 + h_2}{h_1}v_1$ B、 $\frac{h_1}{h_1 - h_2}v_1$ C、 $\frac{h_1 - h_2}{h_2}v_1$ D、 $\frac{h_1}{h_1 + h_2}v_1$

选项：B。

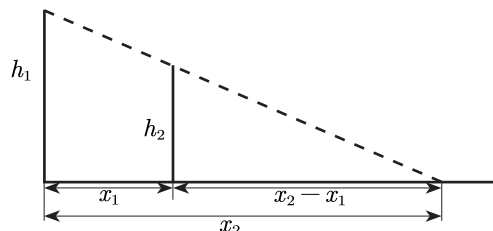
解析：

由三角形相似： $\frac{h_2}{h_1} = \frac{x_2 - x_1}{x_2}$

解得： $x_2 = \frac{h_1}{h_1 - h_2}x_1$

两边同时求时间的微商：

$$v_2 = \frac{dx_2}{dt} = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \frac{dx_1}{dt} = \frac{h_1}{h_1 - h_2}v_1$$



45、一水平旋转的飞轮可绕通过其中心的竖直轴转动，飞轮辐条上装有一个小滑块，它可以辐条上无摩擦地滑动。一轻弹簧一端固定在飞轮转轴上，另一端与滑块连接。当飞轮以角速度 ω 转动时，弹簧的长度为原长的 f 倍，已知 $\omega = \omega_0$ 时， $f = f_0$ 。则 ω 与 f 的函数关系为（ ）。

A、 $\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{f_0}{f} \cdot \frac{f-1}{f_0-1}}$

B、 $\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{f_0}{f} \cdot \frac{f+1}{f_0-1}}$

C、 $\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{f_0}{f} \cdot \frac{f-1}{f_0+1}}$

D、 $\omega = \omega_0 \sqrt{\frac{f}{f_0} \cdot \frac{f-1}{f_0-1}}$

选项：A。

解析：

设弹簧原长为 x_0 ，劲度系数为 k ，振子质量为 m 。则当振子绕轴转动时：

$$x = fx_0 \Rightarrow \Delta x = x - x_0 = (f-1)x_0 \Rightarrow T = k(f-1)x_0$$

由牛顿第二定律，弹簧弹力提供向心力：

$$k(f-1)x_0 = \omega^2 fx_0 m \Rightarrow \omega^2 \frac{f}{f-1} = \frac{k}{m} \equiv C$$

代入初值条件：

$$\omega^2 \frac{f}{f-1} = \omega_0^2 \frac{f_0}{f_0-1} \Rightarrow \omega = \omega_0 \sqrt{\frac{f_0}{f_0-1} \cdot \frac{f-1}{f}} = \omega_0 \sqrt{\frac{f_0}{f} \cdot \frac{f-1}{f_0-1}}$$

46、竖直上抛一小球。若空气阻力的大小不变，则球上升到最高点所需要的时间与从最高点下落到原位置所需要的时间相比（ ）。

A、前者短

B、前者长

C、两者相等

D、无法判断

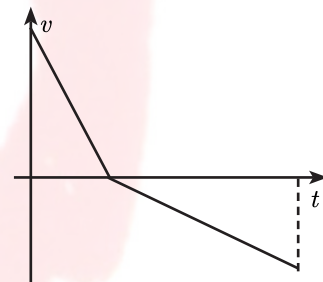
选项：A。

解析：

对两个过程进行受力分析。上升过程，重力和阻力都向下，合力为二者之和，加速度大；下降过程重力仍然向下，阻力向上，合力为二者之差，加速度小。

$$h = \frac{1}{2} a_1 t_1^2 = \frac{1}{2} a_2 t_2^2 \Rightarrow t_1 < t_2$$

这一结论也可由 v-t 图像直接得出。



47、一质点在几个外力同时作用下运动时，下列说法正确的是（ ）。

A、质点的动量改变时，质点的动能一定改变

B、质点的动能不变时，质点的动量也一定不变

C、外力的功为零时，外力的冲量一定为零

D、外力的冲量为零时，外力的功一定为零

选项：D。

解析：

ABC 在匀速圆周运动中均不成立。

D 项：

$$I = 0 \Rightarrow P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{P_1^2}{2m} = \frac{P_2^2}{2m} \Rightarrow E_k = E_k' \Rightarrow W = 0$$

48、一个物体正在绕固定光滑轴自由转动，则（ ）。

- A、它受热膨胀时，角速度变大；遇冷收缩时，角速度变小
- B、它受热膨胀或遇冷收缩时，角速度不变
- C、它受热膨胀时，角速度变小；遇冷收缩时，角速度变大
- D、它受热膨胀或遇冷收缩时，角速度均变大

选项：C。

解析：

整个过程，角动量守恒。

以圆盘为例， $J = \frac{1}{2}mR^2$ 。

当受热膨胀时，质量不变，半径变大，转动惯量变大，角速度变小。

当遇冷收缩时，质量不变，半径变小，转动惯量变小，角速度变大。

49、如图所示，两个大小不同的容器用均匀的细管相连，管中有一个水银滴作为活塞，大容器装有氧气，小容器装有氢气。当温度相同时，水银滴静止于细管中央，则此时这两种气体中（ ）。

- A、氧气的密度较大
- B、氢气的密度较大
- C、两种气体的密度一样大
- D、哪种气体的密度较大无法判断

选项：A。

解析：

水银滴静止说明此时它受力平衡，即两侧气体压强相等。

由理想气体状态方程：

$$pV = nRT \Rightarrow \frac{n}{V} = \frac{p}{RT} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{Mn}{V} = \frac{Mp}{RT}$$

其中，M 为气体的摩尔质量。

在等温、等压的情况下，摩尔质量大的气体密度大。

50、在标准状态下体积比为 1: 2 的氧气和氮气（均可视为刚性分子理想气体）相混合。混合气体中氧气和氮气的内能之比为（ ）。

- A、5: 6
- B、5: 3
- C、1: 2
- D、10: 3

选项：A。

解析：

标准状况下的体积之比，即为物质的量之比。故氧气和氮气的物质的量之比为 1: 2，分子个数比为：

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{2}$$

氧气为双原子分子，每个氧气分子的平均动能为：

$$\bar{\varepsilon}_1 = \frac{5}{2}kT$$

氮气为单原子分子，每个氮气分子的平均动能为：

$$\bar{\varepsilon}_2 = \frac{3}{2}kT$$

二者的内能之比为：

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1 \bar{\varepsilon}_1}{N_2 \bar{\varepsilon}_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5}{3} = \frac{5}{6}$$

51、一定量的某种理想气体，若体积保持不变，则其平均自由程 $\bar{\lambda}$ 和平均碰撞频率 \bar{Z} 与温度的关系是（ ）。

- A、温度升高， $\bar{\lambda}$ 和 \bar{Z} 均增大
- B、温度升高， $\bar{\lambda}$ 减小而 \bar{Z} 增大
- C、温度升高， $\bar{\lambda}$ 增大而 \bar{Z} 减小
- D、温度升高， $\bar{\lambda}$ 保持不变而 \bar{Z} 增大

选项：D。

解析：

平均自由程和平均碰撞频率的表达式为：

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2}n\sigma} = \frac{V}{\sqrt{2}N\sigma} \text{ 和 } \bar{z} = \pi d^2 \cdot n \cdot \sqrt{2} \sqrt{\frac{3kT}{m}}$$

可知，当温度升高而体积不变时，平均自由程不变，平均碰撞频率增大。

52、摩尔数相同的三种气体： H_2, N_2, O_2 （均视为刚性分子理想气体），它们从相同的初态出发，都经历等体吸热过程，若吸收相同的热量，三者压强的关系是（ ）。

- A、 $\Delta p_{H_2} > \Delta p_{N_2} > \Delta p_{O_2}$
- B、 $\Delta p_{O_2} > \Delta p_{N_2} > \Delta p_{H_2}$
- C、 $\Delta p_{O_2} = \Delta p_{N_2} = \Delta p_{H_2}$
- D、无法判断

选项：C。

解析：

三种气体都是双原子分子，自由度都是 5。

所以等容摩尔热容相同，都是 $C_V = \frac{5}{2}R$ 。

由 $Q = nC_V \Delta T$ 可知，吸热后温度变化量也相同，由于三种气体初态温度相同，所以末态温度也相同。由 $pV = nRT \Rightarrow p = \frac{nRT}{V}$ ，三种气体末态压强也相同。

53、对于理想气体系统来说，在下列过程中，系统所吸收的热量、内能的增加量和地外做功三者均为正值的是（ ）。

- A、等体升压过程
- B、等温膨胀过程
- C、绝热膨胀过程
- D、等压膨胀过程

选项：D。

解析：

A 等体升压过程中，做功为 0。

B 等温膨胀过程中，内能变化为 0。

C 绝热膨胀过程，吸热为 0。

D 等压膨胀过程，体积变大，对外做功为正值；温度升高，内能变化为正值；由热力学第一定律，吸热也为正值。

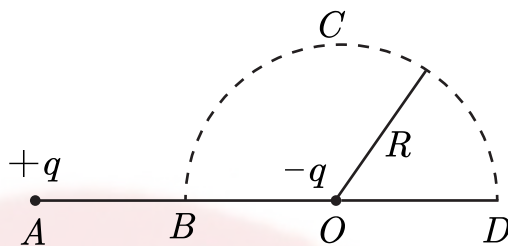
54、图中BCD是以O为圆心，以R为半径的半圆弧。在A点有一个电量为+q的点电荷，O点有一个电量为-q的点电荷，线段BA=R。现将一个单位正电荷量从B点沿半圆弧轨道BCD移到D点，则电场力所做的功为（ ）。

A、 $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$

B、 $-\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$

C、 $\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R}$

D、 $-\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R}$



选项：C。

解析：

由叠加原理可求得：

$$B \text{ 点电势: } \varphi_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{+q}{R} + \frac{-q}{R} \right) = 0$$

$$D \text{ 点电势: } \varphi_D = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{+q}{3R} + \frac{-q}{R} \right) = -\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R}$$

$$\text{从 B 点运动到 D 点, 电势变化了 } \Delta\varphi = \varphi_B - \varphi_D = -\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R} \text{ (降低)}$$

$$\text{电势能变化了: } \Delta E_p = -\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R} \cdot 1 = -\frac{q}{6\pi\epsilon_0 R} \text{ (降低)}$$

$$\text{所以, 电场力做功: } W = -\Delta E_p = \frac{q}{6\pi\epsilon_0 R} \text{ (正功)}$$

55、两个半径相同的金属球，一个为空心，一个为实心，把两者各自孤立时的电容值加以比较，则（ ）。

A、实心球电容值大

B、两球电容值相等

C、空心球电容值大

D、大小关系无法确定

选项：B。

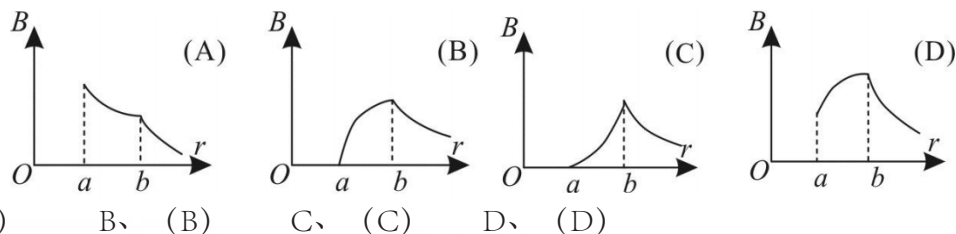
解析：

当球电带电量为Q时，两种情况，球外表面的电势均为： $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ 。以无穷远点为

另一极，则： $U = \varphi - 0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ 。故，电容值为：

$$C = \frac{Q}{U} = 4\pi\epsilon_0 R$$

56、无限长载流空心圆柱导体的内外半径分别为 a 、 b ，电流在导体截面上均匀分布，则空间各处的 \vec{B} 的大小与场点到圆柱中心轴线的距离 r 的关系定性地如图所示。正确的图是 ()。



A、(A)

B、(B)

C、(C)

D、(D)

选项：B。

解析：

设：截面上电流强度为 I 。

①当 $r < a$ 时： $B = 0$ 。

②当 $a \leq r \leq b$ 时：

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 j S = \mu_0 \frac{I}{\pi(b^2 - a^2)} \pi(r^2 - a^2)$$

则：

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi(b^2 - a^2)} \frac{r^2 - a^2}{r} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(b^2 - a^2)} \left(r - \frac{a^2}{r} \right)$$

$$\frac{dB}{dr} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(b^2 - a^2)} \left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) > 0, \text{ 且随着 } r \text{ 的增大, 微分值变小。}$$

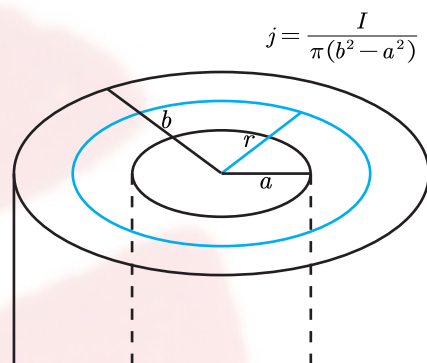
这说明， B 随着 r 的增加而增加，且变化率逐渐减小。

③当 $r > b$ 时：

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I \implies B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{1}{r} \text{ (反比例函数)}$$

易知： B 为连续函数。

综上：图 (B) 符合要求。



57、有一 N 匝细导线绕成的平面三角形线圈，边长为 a ，通有电流 I ，置于匀强外磁场 \vec{B} 中，当线圈平面的法向量与外磁场同向时，该线圈所受的磁力矩 M 值为 ()。

A、0 B、 $\sqrt{3} Na^2 IB/4$ C、 $\sqrt{3} Na^2 IB \sin 60^\circ$ D、 $\sqrt{3} Na^2 IB/2$

选项：A。

解析：

平面载流线圈在磁场中所受的磁力矩为：

$$\vec{M} = IS\vec{n} \times \vec{B}$$

当 B 与平面载流线圈的法向量共线时， $M=0$ 。

58、闭合线圈共有 N 匝，电阻为 R ，当每匝线圈中磁通量改变 $\Delta \Phi$ 时，则线圈中流过的电荷量为 ()。

A、 $N \frac{\Delta \Phi}{R}$ B、 $R \frac{\Delta \Phi}{N}$ C、 $\frac{N}{\Delta \Phi R}$ D、 $NR \Delta \Phi$

选项：A。

解析：略。

59、关于位移电流，下列说法正确的是（ ）。

- A、位移电流的热效应服从焦耳 - 楞次定律
- B、位移电流是指随时间变化的电场
- C、位移电流是由线性变化的磁场产生的
- D、位移电流的磁效应不服从安培定理。

选项：B。

解析：略。

60、一平面简谐波的表达式为 $y = -0.05 \sin \pi(t - 2x)$ (SI)，则该波的频率 ν (Hz)、波速 u (m/s) 及波线上各点振动的振幅 A (m) 依次为（ ）。

- A、 $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, -0.05$
- B、 $\frac{1}{2}, 1, -0.05$
- C、 $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0.05$
- D、 $2, 2, 0.05$

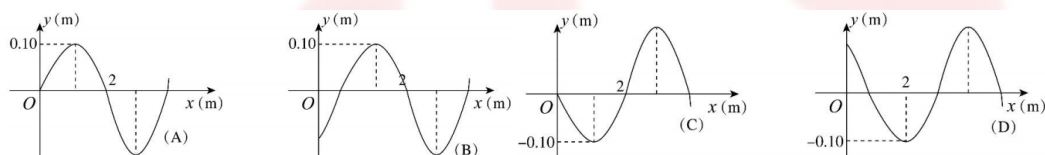
选项：C。

解析：

由机械波的表达式可知： $\omega = \pi, k = 2\pi, A = 0.05$

$$\text{则：} \nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2}, u = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{2}。$$

61、一平简谐波沿 Ox 正方向传播，表达式为 $y = 0.10 \cos \left[2\pi \left(\frac{t}{2} - \frac{x}{4} \right) + \frac{\pi}{2} \right]$ (SI)，该波在 $t = 0.5s$ 时刻的波形图是（ ）。



- A、(A)
- B、(B)
- C、(C)
- D、(D)

选项：B。

解析：

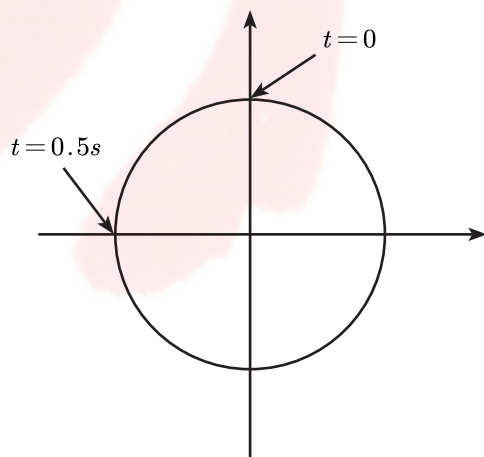
由表达式可知： $\omega = \pi \Rightarrow T = 2s$

关注 $x = 0$ 处质点的运动情况。

当 $t = 0$ 时，该质点的相位为 $\frac{\pi}{2}$

当 $t = 0.5s = \frac{T}{4}$ 时，质点的旋转矢量如图所示。

此时，该质点应在负向最大位移处。



62、在双缝干涉实验中，屏幕 E 上的 P 点处是明条纹。若将缝 S_2 盖住，并在 S_1S_2 连线的垂直平分线处放一高折射率介质反射面 M，如图所示，则此时（ ）。

- A、P 点处为暗条纹
- B、P 点处为明条纹
- C、不能确定 P 点处是明条纹还是暗条纹
- D、无干涉条纹

选项：A。

解析：

考查劳埃德镜。

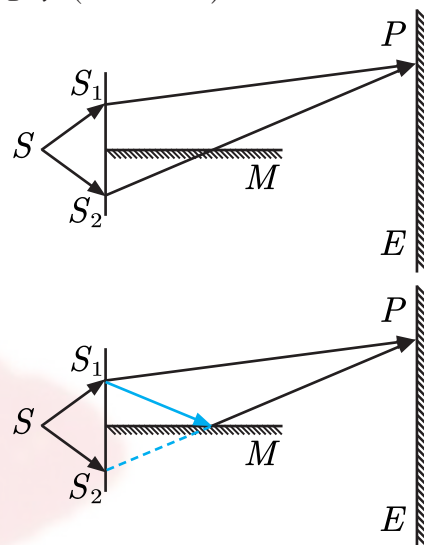
反射光路与原光路相比，几何光程差相同。

但由于光在此平面镜反射时会产生半波损失，所以

两光路之间会产生 $\lambda/2$ 的附加光程差。

原先是明条纹说明几何光程差为波长的整数倍，改为反射镜后，光程差为波长的整数倍再加上半个波长。

符合干涉相消的条件，所以 P 处为暗条纹。



63、波长为 λ 的单色光垂直入射于光栅常数为 d 、缝宽为 a 、总缝数为 N 的光栅上。

取 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ ，则决定出现主极大的衍射角的公式可写成（ ）。

- A、 $Na \sin \theta = k\lambda$
- B、 $a \sin \theta = k\lambda$
- C、 $Nd \sin \theta = k\lambda$
- D、 $d \sin \theta = k\lambda$

选项：D。

解析：略。

64、如图所示，一质量为 m 的均质细杆 AB，A 端靠在光滑的竖直墙壁上，B 端置于粗糙水平地面上而静止。杆身与竖直方向成 θ 角，则 A 端对墙壁的压力大小为（ ）。

- A、 $\frac{1}{4}mg \cos \theta$
- B、 $mg \sin \theta$
- C、 $\frac{1}{2}mg \tan \theta$
- D、不能唯一确定

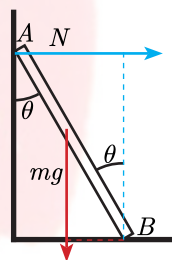
选项：C。

解析：

设细杆长为 L 。

以 B 为转轴，由转动平衡：

$$L \cos \theta \cdot N = \frac{L}{2} \sin \theta \cdot mg \implies N = \frac{1}{2}mg \tan \theta$$



65、速度 $300m/s$ 的子弹，打穿一块不动的木板后速度变为零。设木板对子弹的阻力是恒定的。那么当子弹射入木板的深度等于其厚度的一半时，子弹的速度是（ ）。

- A、 $100m/s$
- B、 $75m/s$
- C、 $212m/s$
- D、 $150m/s$

选项：C。

解析：

设：木板厚度为 d ，阻力大小为 f ，子弹质量为 m 。由动能定理：

$$\begin{cases} -fd = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 \\ -f \frac{d}{2} = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \end{cases} \implies v = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0 \approx 212m/s$$

66、如图所示，由三根长为 l ，质量为 m 的匀质细杆组成一个三脚架，则它对通过其中心 O ，并与架平面垂直的轴的转动惯量为（ ）。

A、 $\frac{7}{2}ml^2$

B、 $\frac{5}{2}ml^2$

C、 $\frac{3}{2}ml^2$

D、 $\frac{1}{2}ml^2$

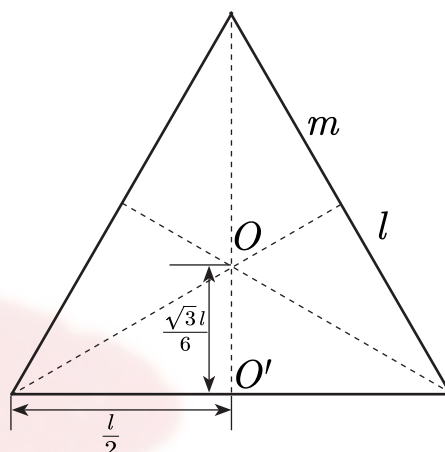
选项：D。

解析：

先算一根杆的转动惯量。

一根杆相对于自身中点 O' 的转动惯量为：

$$J_1 = \frac{1}{12}ml^2$$



由平行轴定理，它相对于 O 点的转动惯量为：

$$J_2 = J_1 + md^2 = \frac{1}{12}ml^2 + m\left(\frac{\sqrt{3}l}{6}\right)^2 = \frac{1}{6}ml^2$$

所以三根杆的转动惯量为：

$$J = 3J_2 = \frac{1}{2}ml^2$$

67、已知氮气的摩尔质量为 $28g/mol$ ，将质量 $0.28kg$ 的氮气由 $20^\circ C$ 加热到 $40^\circ C$ ，则氮气的内能增加量是（ ）。

A、4986J

B、4155J

C、2493J

D、1247J

选项：B。

解析：

氮气是双原子分子，自由度为5，则每摩尔氮气的内能为：

$$E = \frac{5}{2}RT$$

$0.28kg$ 氮气的物质的量为 $10mol$ ，则：

$$\Delta E = n \cdot \frac{5}{2}R\Delta T \approx 10 \times \frac{5}{2} \times 8.31 \times 20 = 4155J$$

68、已知某单原子分子理想气体做等压加热，体积膨胀为原来的两倍，气体对外所做的功与其吸收的热量的比值为（ ）。

A、 $\frac{1}{2}$

B、 $\frac{3}{2}$

C、 $\frac{1}{5}$

D、 $\frac{2}{5}$

选项：D。

解析：

等压摩尔热容 $C_p = \frac{i}{2}R + R$ 的表达式中： $\frac{i}{2}R$ 对应于内能变化， R 对应于对外做功。

对于单原子分子， $i=3$ 。所以：

$$\frac{W}{Q} = \frac{R}{\frac{3}{2}R + R} = \frac{2}{5}$$

推导过程:

在等压变化中, 由 $pV = nRT$ 可得:

$$V = \frac{nR}{p}T \Rightarrow dV = \frac{nR}{p}dT$$

所以:

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{T_1}^{T_2} p \cdot \frac{nR}{p} dT = nR(T_2 - T_1) = nR\Delta T$$

$$\Delta E = nN_A \frac{i}{2} k \Delta T = n \frac{i}{2} R \Delta T$$

由热力学第一定律, 可推出等压摩尔热容为:

$$Q = W + \Delta E = n \left(\frac{i}{2} R + R \right) \Delta T \Rightarrow C_p = \frac{Q}{n\Delta T} = \frac{i}{2} R + R$$

可见: 在等压变化中, 可将吸热 Q 分为 $\left(\frac{i}{2} + 1\right)$ 份。其中, $\frac{i}{2}$ 份用于内能的增加, 1

份用于对外做功。(或分成 $i + 2$ 份, 其中 i 份用于内能增加, 2 份用于对外做功。)

69、如图所示, 一半径为 R 的带电塑料圆盘, 其中有一半径为 r 的阴影部分均匀带正电, 面电荷密度为 σ , 其余部分带负电荷, 面电荷密度为 $-\sigma$, 当圆盘以角速度 ω 旋转时, 在圆盘中心 O 点带负电部分产生的磁感应强度为带正电部分产生的磁感应强度的 2 倍, 则 R 与 r 的关系是 ()。

A、 $R=3r$ B、 $R=2r$ C、 $R=1.5r$ D、 $R=4r$

选项: A。

解析:

研究一般情况: 内、外径分别为 R_1 、 R_2 的均匀环状带电平面, 以固定角速度旋转, 求在圆心处产生的磁场。

微元面积为: $dS = 2\pi r dr$

所带电量为: $dQ = \sigma dS = \sigma \cdot 2\pi r dr$

转动周期为: $T = 2\pi/\omega$

等效电流为: $dI = \frac{dQ}{T} = \sigma\omega r dr$

微元产生的磁场: $dB = \frac{\mu_0 dI}{2r} = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} dr$

总磁场: $B = \int_{R_1}^{R_2} dB = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} (R_2 - R_1)$

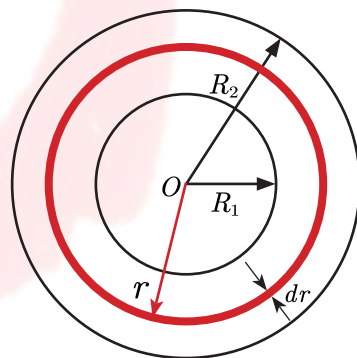
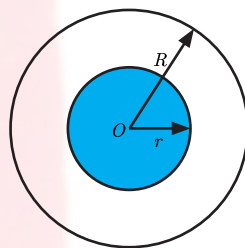
在本题中:

内圈正电荷 ($R_1 = 0, R_2 = r$): $B_+ = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} \cdot r$

外圈负电荷 ($R_1 = r, R_2 = R$): $B_- = \frac{\mu_0 \sigma \omega}{2} (R - r)$

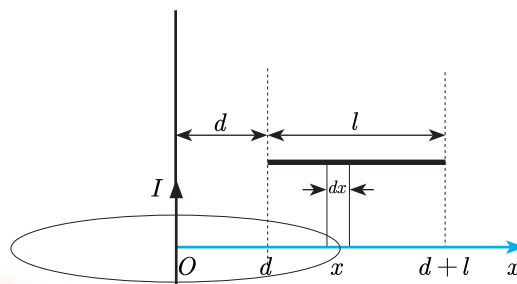
故:

$$B_- = 2B_+ \Rightarrow R - r = 2r \Rightarrow R = 3r$$



70、如图所示，无限长直导线中通有电流 I ，另一长为 l 的导体棒 ab 以速率 v 平行于长直导线做匀速运动，棒与长直导线共面且正交，棒的 a 端与导线的距离为 d ，则棒中产生的感应电动势的大小为（ ）。

- A、 $\frac{\mu_0 I}{2\pi} v \ln \frac{d+l}{d}$ B、 $\frac{\mu_0 I}{2\pi} v \ln \frac{d-l}{d}$
 C、 $\frac{\mu_0 I}{2\pi} v \ln \frac{d}{d-l}$ D、 $\frac{\mu_0 I}{2\pi} v \ln \frac{d}{d+l}$



选项：A。

解析：

建系如图。

由环路定理：

$$B(x) \cdot 2\pi x = \mu_0 I \implies B(x) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \cdot \frac{1}{x}$$

位于此处的导线产生的电动势为：

$$d\varepsilon = Blv = B(x) \cdot dx \cdot v = \frac{\mu_0 I}{2\pi} v \cdot \frac{1}{x} dx$$

则：

$$\varepsilon = \int_d^{d+l} d\varepsilon = \int_d^{d+l} \frac{\mu_0 I}{2\pi} v \cdot \frac{1}{x} dx = \frac{\mu_0 I}{2\pi} v \ln \frac{d+l}{d}$$

71、在弹性媒质中有一沿 x 轴正向传播的平面波，其表达式为：

$$y = 0.01 \cos(4\pi t - \pi x - \pi/2) \text{ (SI)}$$

若在 $x = 5.00\text{m}$ 处有一媒质分界面，且在分界面处是固定端，设反射波强度不变，则反射波的表达式为（ ）。

- A、 $y = 0.01 \cos(4t + \pi x + \pi)$ B、 $y = 0.01 \cos(4t - \pi x + \pi)$
 C、 $y = 0.01 \cos(4t + \pi x + \pi/2)$ D、 $y = 0.01 \cos(4t - \pi x + \pi/2)$

选项：C。

解析：

反射波的振幅、频率和波数与入射波相同，所以反射波的形式为：

$$y = 0.01 \cos(4t + \pi x + \varphi)$$

当 $t = 0$ 时，入射波在 $x = 5.00\text{m}$ 处的相位为： -5.5π

反射波有半波损失，所以反射波在 $x = 5.00\text{m}$ 处的相位为：

$$5\pi + \varphi = -5.5\pi + \pi + 2k\pi \implies \varphi = 2k\pi - 9.5\pi$$

当 $k = 5$ 时， $\varphi = \pi/2$ 。

72、一艘宇宙飞船自身固有长度为 $L_0 = 90m$ ，相对于地面以 $v = 0.8c$ 匀速从一观测站的上空飞过。观测站观测飞船船身通过的观测站的时间间隔是（ ）。

- A、 $2.25 \times 10^{-7}s$ B、 $2.05 \times 10^{-7}s$
C、 $3.75 \times 10^{-7}s$ D、 $2.75 \times 10^{-7}s$

选项：A。

解析：

在观测站看来：

飞船的长度为 $L = L_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = 54m$

速度为 $v = 0.8c$

通过用时为：

$$t = \frac{L}{v} = \frac{54m}{0.8 \times 3 \times 10^8 m/s} = 2.25 \times 10^{-7}s$$

73、描述氢原子核外电子量子态的四个量子数 (n, l, m_l, m_s) ，则其能取的值为（ ）。

- A、 $\left(4, 2, 3, \frac{1}{2}\right)$ B、 $\left(4, 2, 3, -\frac{1}{2}\right)$
C、 $\left(3, 2, 2, \frac{1}{2}\right)$ D、 $\left(2, 2, 2, \frac{1}{2}\right)$

选项：C。

解析：

核外电子的前三个量子数的取值，应参照前一个量子数的取值。

当 n 给定时， l 的取值为：

$$l = n - 1, \dots, 1$$

当 l 选定时， m_l 的取值为：

$$m_l = -l, -(l-1), \dots, -1, 0, 1, \dots, l-1, \dots, l$$

自旋量子数 $m_s = \pm \frac{1}{2}$ 。

AB 项： l 取 2 时， m_l 取不到 3。

D 项： n 取 2 时， l 取不到 2。