高中物理精题集

马祥芸

May 14, 2024

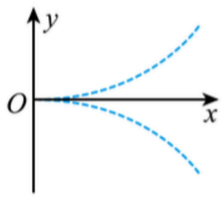
Contents

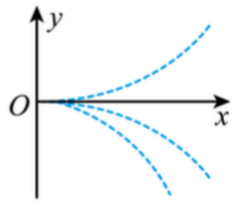
1 高一

1.1 2022-2023 年度 (下) 重庆八中高一期末

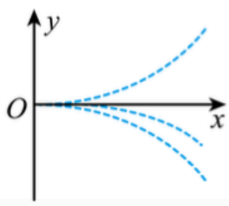
1.1.1 I-7: 荷质比问题

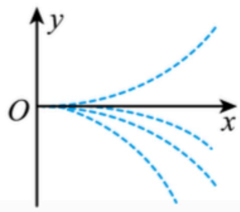
7. 四个带电粒子的电荷量和质量分别是（$+q$，m）、（$+q$，2m）、（$+3q$，3m）和（$-q$，m），它们由静止开始经过大小相同的电压加速后从坐标原点沿 x 轴正方向射入一匀强电场中，电场方向与 y 轴平行，不计重力和粒子间的作用力，下列描绘这四个粒子运动轨迹的图像中，可能正确的是（　　）

A. 

B. 

第2页/共7页

C. 

D. 

- 正解: A
- 总结: 最终要给出**轨迹方程, 即** $y = f(x)$, 同时注意**电荷的正负性**决定着轨迹函数所在的区间
- 扩展: 荷质比相关题目, 粒子回旋加速期、粒子速度筛选器等

1.1.2 II-9: 不同类型的碰撞

9. 质量为 m，速度为 v 的 A 球跟质量为 $3m$ 的静止 B 球发生正碰，碰后 B 球的速度可能是（　　）

A. $0.1v$　　B. $0.3v$　　C. $0.5v$　　D. $0.7v$

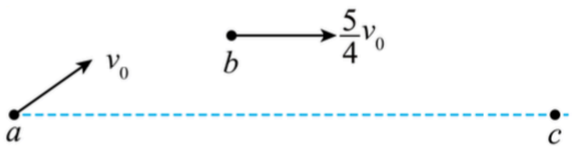
- 正解: BC
- 总结: 容易用不等式解法去求得 $3m$ 物块的最大速度, 但是无法计算最小速度。事实上 $3m$ 物体碰后的**速度区间取决于碰撞过程中的动能损失程度**。
  - **弹性碰撞 (完全弹性碰撞)**, 系统机械能损失**最小**, 获得被碰物体**最大速度**

– **非弹性碰撞**, 系统机能损失, 特点是碰后两物块**分离**

– **完全非弹性碰撞**, 碰撞后物体" 粘连" $\Longrightarrow mv_0 = (m+3m)v'$ 在一起, 系统动能损失**最大**, 被碰物体获得**最小速度**。

1.1.3 II-10: 匀强电场下的斜射

10. 如图所示，在水平向右的匀强电场中一带正电粒子受重力和电场力作用在竖直平面内运动。粒子运动过程中先后经过 a、b、c 三点，其中 a、c 两点在同一水平线上。粒子在 a 点的速度大小为 v_0，方向与加速度方向垂直；粒子在 b 点的速度大小为 $\frac{5}{4}v_0$，速度方向平行于 ac 连线。已知粒子质量为 m、电荷量为 q，重力加速度为 g，则下列说法正确的是（　　）



A. 电场强度的大小为 $\frac{3}{4}mg$

B. 粒子在 c 点的速度大小为 $\frac{\sqrt{13}}{2}v_0$

C. 粒子从 a 点运动到 c 点合外力的 冲量大小为 $\left(\frac{\sqrt{13}}{2}-1\right)mv_0$

D. 粒子从 a 点运动到 c 点电场力的冲量大小为 $\frac{9}{10}mv_0$

- 正解: BD
- 总结:
  - 选项 A
    重点在于粒子在 a 点时的速度方向与加速度方向垂直。因此 b 点的速度在初速度方向的投影 与初速度的大小一致。由此可以求得初始速度方向与水平方向的夹角 θ。再通过相同时间内 $(a \to b)$, 重力冲量与电场力冲量下对两个方向的动量改变量, 获得的两个方程消去时间 $\triangle t$, 得到 Eq 与 mg 的数量关系 (选项 A 量纲错误)。

$$\begin{cases} mg \cdot \triangle t = mv_0 \cdot \sin\theta \\ Eq \cdot \triangle t = \frac{5}{4}mv_0 - mv_0 \cdot \cos\theta \end{cases}$$

  - 选项 B
    在同一水平面上,$a \to c$ 的时间为 $a \to b$ 的时间的两倍 (竖直运动的对称性).

$$mg \cdot t = 2mv_0 \sin\theta \Longrightarrow t = \frac{6v_0}{5g}$$

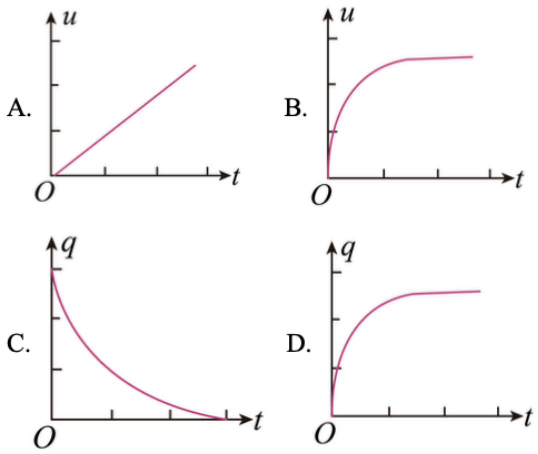
$$mv_x - mv_0\cos\theta = Eq \cdot t \quad (Eq = \frac{3}{4}mg)$$

    计算合速度可以先使用水平方向上的冲量定理计算出水平方向上的速度。或者直接用动能定理 (重力势能不变), 计算出 $a \to c$ 的水平距离, 进而得到电场力做功。

1.1.4 III-1: 实验中的 Q/U-t 图像

（3）在充电过程中，电容器两端电压为 u、电容器电荷量为 q，充电时间为 t，则下列图像中它们之间的关系可能正确的是___________（填正确答案标号）。

第9页/共18页



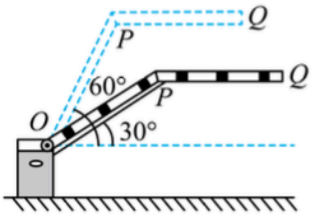
- 正解: BD
- 总结: 电容器的电压并非在一瞬间就获得, 同样是电荷累计的结果

1.2 2022-2023 育才中学期末模拟题 (八)

1.2.1 I-4: 关联体旋转运动分析

4. 由于高度限制，车库出入口采用图所示的曲杆道闸，道闸由转动杆 OP 与横杆 PQ 链接而成，P、Q 为横

杆的两个端点。在道闸抬起过程中，杆 PQ 始终保持水平。杆 OP 绕 O 点从与水平方向成 30°匀速转动到 60°的过程中，下列说法正确的是（　　）



A. Q 点在竖直方向做匀速运动

B. Q 点在水平方向做匀速运动

C. P 点的线速度大小不变

D. P 点的加速度方向不变

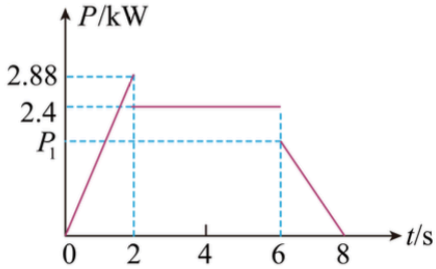
- 正解: C
- 总结: 选出正确答案并不难, 本质是 $\omega_{//}$
- 扩展: 进一步思考本题,P 点的运动为匀速圆周运动, 因此其坐标 (x, y) 是可以被表示的.

$$P_(x, y) = (\cos(\omega t + \phi_0), \sin(\omega t + \phi_0))$$

同时 Q 点的坐标也是可以被表示的, 存在**几何约束**,P 到 Q 的距离为固定值线段 $\overline{PQ} = L$, 显然 Q 也是做匀速圆周运动圆心为距离圆心 O 右侧 L 处, 且角速度小于 P 点.

1.2.2 I-7:P-t 图问题

7. 一个质量为 m 的乘客乘坐电梯，由静止开始上升，$0\sim2\text{ s}$ 做匀加速运动，$2\sim6\text{ s}$ 做匀速运动，$6\sim8\text{ s}$ 做匀减速运动。整个过程电梯对乘客的支持力做功的功率图象如图所示。其中 $g=10\text{ m/s}^2$，则下列说法正确的是（　　）



A. 乘客的质量 $m=120\text{ kg}$

B. 在第 4 s 末电梯的速度 $v=8\text{ m/s}$

C. 图中的 $P_1=1.92\text{ kW}$

D. 整个过程中乘客克服重力做功的平均功率为 2.4 kW

- 正解: C
- 总结: 此题分为三个阶段, 同时存在一个重要的速度节点, 即 $t=2s$ 时的速度. 所列方程众多, 因此理清阶段, 以及要求的目标量.

$$\begin{cases} P_1 = N\cdot a\cdot t = 2880w \\ P_2 = mg\cdot a\cdot t = 2400w \end{cases}$$

选项 D, 可以有两种思路; 第一种: 计算出位移, 得到重力势能做功. 第二种 $P-t$ 图所围成的面积为支持力做功的平均功率, 在此过程中无其他力做功且初末动能均为 0, 因此支持力做功的平均功率等于克服重力做功的平均功率.

$$W = 1920j + 2880j + 9600j \qquad t_{total} = 8s \qquad \overline{P} = \frac{W}{t_{total}} = 1.8kw$$

- 扩展:

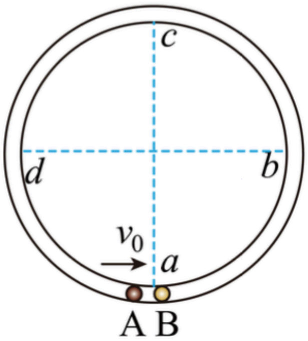
$$P = N\cdot v \qquad v = v_0 + at \qquad v_0 = 0 \qquad a = \frac{N-mg}{m} \tag{1}$$

$$P = \frac{N(N-mg)}{m}t \qquad k = \frac{N(N-mg)}{m} \tag{2}$$

1.2.3 II-8: 水平内的碰撞 + 环形追及问题

8. 在一个水平桌面上固定一个内壁光滑的半径为 R 的管形圆轨道，俯视如图所示，a、b、c、d 为圆上两条直径的端点，且 ac 与 bd 相互垂直。在内部放置 A、B 两个小球（球径略小于管径，管径远小于 R），质量分别为 m_A、m_B，开始时 B 球静止于 a 点，A 球在其左侧以 v_0 的初速度向右与 B 球发生第一次碰撞且被反弹。已知小球之间的碰撞均为对心弹性碰撞，第二次碰撞发生在 b 点。则下列说法中正确的是

（　　）



A. A、B 两球的质量比为 $m_A : m_B = 3:5$

B. 若只增大 A 球的初速度 v_0 则第二次碰撞点可能在 b、c 之间某处

C. 若只增大 A 球的质量 m_A 则第二次碰撞点可能仍在 b 处

D. 若只增大 A 球的质量 m_A 则第一、二次碰撞时间间隔不可能大于 $\dfrac{2\pi R}{v_0}$

- 正解: CD
- 总结: 此物理情景发生在水平桌面上, 所以不用考虑重力. 所以本质是一个追及问题。同时第二次碰撞满足三个方程, 第一个方程控制碰撞约束, 第二、三个方程控制具体碰撞点

$$\begin{cases} v_A t + v_B t = 2\pi R \\ v_B t = \frac{\pi}{2} \\ v_A t = \frac{3\pi}{2} \end{cases}$$

选项 B, 通过前面的计算碰撞发生的时间为 $t = \frac{2\pi R}{v_0}$ 仅仅与 v_0 有关, 但碰后的速度也发生了变化, 因此我们需要设出碰撞时的角度 (这里取与水平线上为 α), 计算出该角度的函数表达式 (关于初速度质量等)

$$\begin{cases} v_A t &= (\frac{3\pi}{2} - \alpha)R \\ v_B t &= (\frac{\pi}{2} + \alpha)R \\ v_A &= \frac{m_B - mA}{m_A + mB} v_0 \\ v_B &= \frac{2mA}{m_A + mB} v_0 \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{7\pi}{2} \cdot \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B}$$

其碰撞点与初速度无关所以 B 错, 与质量相关, 当碰撞点在 b 时存在球 A 反向碰撞 (题目初始情况) 与球 A 同向被套圈碰撞, 所以 C 对, 满足 $m_A : m_B = 5 : 3$

1.2.4 III-12: 动量守恒实验-圆弧约束

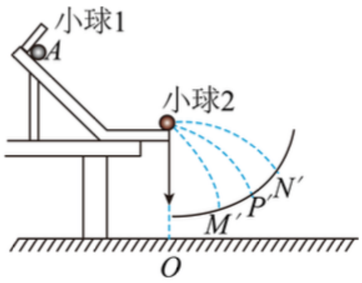


图2

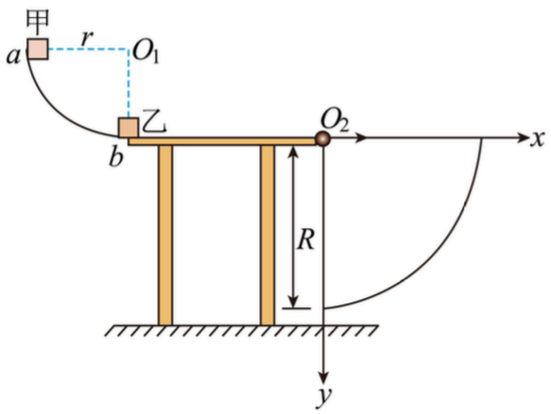
（3）完成上述实验后，实验小组成员小红对上述装置进行了改造，小红改造后的装置如图 2 所示。使小球 1 仍从斜槽上 A 点由静止滚下，重复实验步骤 1 和 2 的操作，两球落在以斜槽末端为圆心的 $\frac{1}{4}$ 圆弧上，平均落点为 M'、P'、N'。测量轨道末端到 M'、P'、N'三点的连线与水平方向的夹角分别为 α_1、α_2、α_3，则验证两球碰撞过程中动量守恒的表达式为___________（用所测物理量的符号表示）。

- 总结: 夹角 α 为位移偏转角. 这类题目已知位移偏转角同时还有几何约束那么易得

$$\begin{cases} x = R\cos\alpha = v_x t \\ y = R\sin\alpha = \frac{1}{2}gt^2 \end{cases}$$

$$\Longrightarrow v_x = \sqrt{\frac{gR}{2}} \cdot \sqrt{\frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha}} \quad \Longleftrightarrow \quad v_x \propto \sqrt{\frac{\cos^2\alpha}{\sin\alpha}}$$

1.2.5 IV-2: 平抛-圆弧约束的最值问题



14. 如图所示，半径为$r=h$的四分之一光滑圆弧ab与水平桌面相切于b点（其中O_1a水平，O_1b竖直），水平桌面bO_2的长度为$s=2h$，以O_2点为圆心，半径为$R=\sqrt{3}h$的四分之一圆弧分别与水平x轴，竖直y轴相交。位于a点甲物块的质量为m，位于b点的乙物块的质量可调整变化。乙物块与水平桌面之间的动摩擦因数为$\mu=0.25$。不计空气阻力，重力加速度为g。甲、乙物块均可视为质点，两物块碰撞时无机械能损失，且碰撞时间极短。求：

（1）甲物块由a点静止释放，甲物块即将与乙物块碰撞前对圆弧的压力多大；

（2）甲物块每次都是从a点释放，通过调整乙物块的质量，甲乙物块碰撞后乙物块获得的速度不同，落到圆弧上速度也会发生变化。若某次乙物块落到圆弧上的速度最小，则乙物块从圆心O_2平抛的初速度多大？

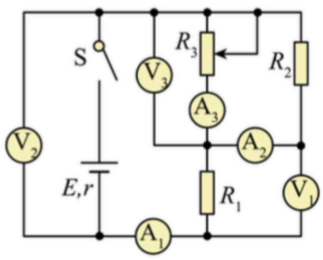
（3）上述（2）中乙物块的质量为多大？

- 总结: 在解方程组的时候, 选择去消掉 t 直接得到 $v=f(v_0)$ 是非常困难的, 事实上先解出 $v=f(y)$ 求得最小的 y_{min}, 那么就可得到最小的 v_{ymin} 进而得到最小的 $v=\sqrt{gh}$

1.3 2022-2023 巴蜀中学下学期期末

1.3.1 I-13: 电路中的变化量分析

13. 在如图所示电路中，闭合开关S，当滑动变阻器的滑动触头向上滑动时，六个理想电表的示数都发生了变化，电表的示数分别用I_i和U_i（$i=1$、2、3下同）表示，电表示数变化量的大小分别用ΔI_i和ΔU_i表示。下列分析结论正确的是（　　）



A. I_1、I_3、U_1示数均减小

B. $|\Delta I_1|=|\Delta I_2|+|\Delta I_3|$

C. $\frac{U_1}{I_1}$、$\frac{U_2}{I_2}$、$\frac{U_3}{I_3}$均变化

D. $\frac{\Delta U_1}{\Delta I_1}$、$\frac{\Delta U_2}{\Delta I_1}$、$\frac{\Delta U_3}{\Delta I_1}$均不变

- 总结: 最好写出回路的表达式 $E=U_2+I_1r \quad U_3=E-I_1(R_1+r)$

1.3.2 II-2: 电路的测量误差

17. 同学们利用实验室提供的器材测量某种电阻丝材料的电阻率，所用电阻丝的电阻约为 30Ω。他们首先把电阻丝拉直后将其两端固定在刻度尺两端的接线柱 a 和 b 上，在电阻丝上夹上一个与接线柱 c 相连的小金属夹，沿电阻丝移动金属夹，可改变其与电阻丝接触点 P 的位置，从而改变接入电路中电阻丝的长度，可供选择的器材还有：

电池组 E（电动势为 3.0V，内阻约 1Ω）；

电流表 A_1（量程 0~0.6A，内阻约 0.2Ω）；

电流表 A_2（量程 0~100mA，内阻约 5Ω）；

电阻箱 R（0~999.9Ω）；

开关、导线若干。

小明的实验操作步骤如下：

A．用螺旋测微器在电阻丝上三个不同的位置分别测量电阻丝的直径；

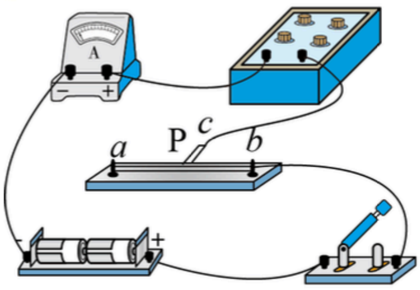
B．根据所提供的实验器材，设计并连接好如图甲所示的实验电路；

C．调节电阻箱使其接入电路中的电阻值较大，闭合开关；

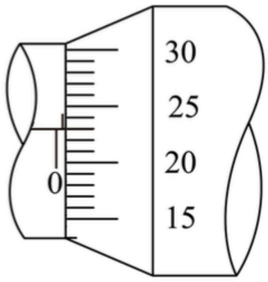
D．将金属夹夹在电阻丝上某位置，调整电阻箱接入电路中的电阻值，使电流表满偏，记录电阻箱的电阻值 R 和接入电路的电阻丝长度 L；

E．改变金属夹与电阻丝接触点的位置，调整电阻箱接入电路中的阻值，使电流表再次满偏，重复多次，记录每一次电阻箱的电阻值 R 和接入电路的电阻丝长度 L；

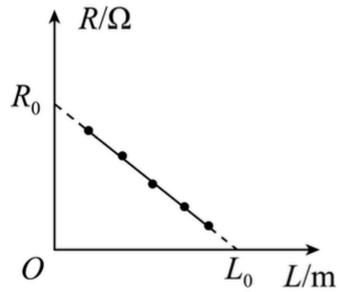
F．断开开关。



甲



乙



丙

（4）若在本实验中的操作、读数及计算均正确无误，由于电流表内阻的存在，那么电阻率的测量值________________真实值。（填“大于”、“小于”或“等于”）

- 总结：官解结果正确但是思路奇怪,R_0 会发生变化, 存在电流表内阻时

$$R_0 = \frac{E}{I} - r$$

所以 R_0 测量值偏小, 但事实上实验步骤并不直接得到 R_0, 而是通过延长线的方式, 因此 L_0 并非不变化的

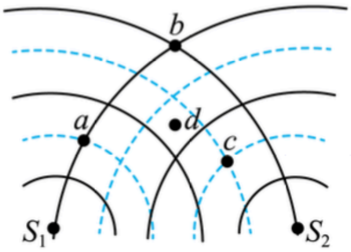
$$R_i = \frac{E}{I} - r - \frac{4\rho}{\pi d^2} L_i$$

实验的测量值是准确的, 因此忽略电流表内阻与仅仅是将直线向下移动, 并不影响斜率, 所以结果是等于

1.4 2022-2023 南开中学高一下期末

1.4.1 I-6: 光的几何表示问题

6. 如图所示，S_1，S_2 是同频率同步调的两个波源，振幅均为 A，周期为 T，实线代表波峰，虚线代表波谷。关于图中所标的 a、b、c、d 四个质点，下列说法正确的是（　　）



A. a 的振幅为 $2A$

B. b 为振动加强点，c 为振动减弱点

第3页/共24页

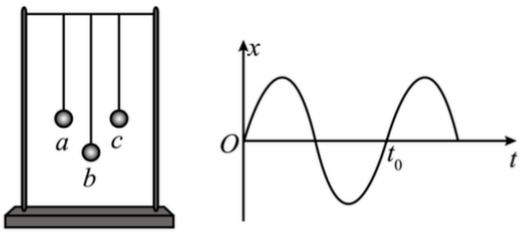
C. 图示时刻 b 在波峰，经 $0.5T$，b 到达波谷

D. 经 $1.5T$ 质点 a 运动到质点 b 处

- 正解： C
- 总结： 此为光波的另一种表现方式, 同时**振动加强点包括波峰叠加和波谷叠加**,D 选项, 质点 a 实际仅在平衡位置振动, 并不产生其它方向的位移

1.4.2 I-8: 单摆 + 受迫振动

8. 如图甲所示，在一条绷紧的绳子上挂 a、b、c 摆，a、c 摆的摆长相同，b 摆的摆长最长。当 a 摆振动时，通过绷紧的绳子给 b、c 摆施加驱动力，使 b、c 摆也振动起来。图乙是 c 摆振动稳定以后的图像，其周期为 t_0，重力加速度为 g，忽略空气阻力。下列说法正确的是（　　）



甲　　　　乙

A. b 摆的摆长大于 $\dfrac{gt_0^2}{4\pi^2}$

B. 达到稳定时，b 摆的振幅最大

C. 三个单摆的固有周期关系为 $T_a = T_c > T_b$

D. 摆动过程中摆球所受重力与摆线对摆球拉力的合力充当回复力

- 正解: A
- 总结: 单摆周期公式死记硬背, 受迫振动: 在周期性外力的持续作用下而进行的振动称为**受迫振动**, 振动稳定后齐**频率**等于外力驱动频率

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

证明. 证明运动为简谐运动, 仅需证明回复力 $F = -kx$(多次进行小量近似, 很简单) $\square$

证明. 证明简谐运动的周期 (更复杂的方法请参考朗道等高阶解法)

$$F = -\frac{mg}{L}\cdot x = m\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \frac{g}{L}x = 0$$

$$\text{令}\quad \omega = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$\frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} + \omega^2 x = 0$$

$$\text{特征根方程}\quad r^2 = \omega^2 \quad r = \pm\omega i$$

$$x = C\sin(\omega t + \phi) \quad\Longrightarrow\quad T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

$\square$

$$\frac{\mathrm{d}^2y}{\mathrm{d}x^2}+p\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}+qy=0$$

特征根方程

$$r^2+pr+q=0$$

1. $r_1\neq r_2$ 且为实根

$$y=Ae^{r_1x}+Be^{r_2x}$$

2. $r_1=r_2$ 且为实根

$$y=(C_1+C_2x)e^{r_1x}$$

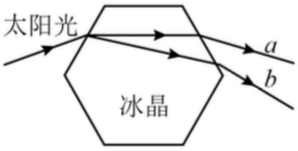
3. $r_1=\alpha+i\beta, r_2=\alpha-i\beta$ 为共轭复根 (通常 α 都是 0)

$$y=e^{\alpha x}(C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x)\quad or\quad y=C_1e^{i\beta x}+C_2e^{-i\beta x}$$

1.4.3 I-10: 折射率问题

10. 如图甲所示，每年夏季我国多地会出现日晕现象，日晕是当日光通过卷层云时受到冰晶的折射或反射形成的。一束太阳光射到截面为六角形的冰晶上发生折射，其光路图如图乙所示，*a*、*b* 为其折射出的两条单色光。下列说法正确的是（　　）

甲



乙

A. *a* 光的频率较大

B. 光在真空中传播时，*b* 光的波长较大

C. 从冰晶中射入空气发生全反射时，*b* 光的临界角较小

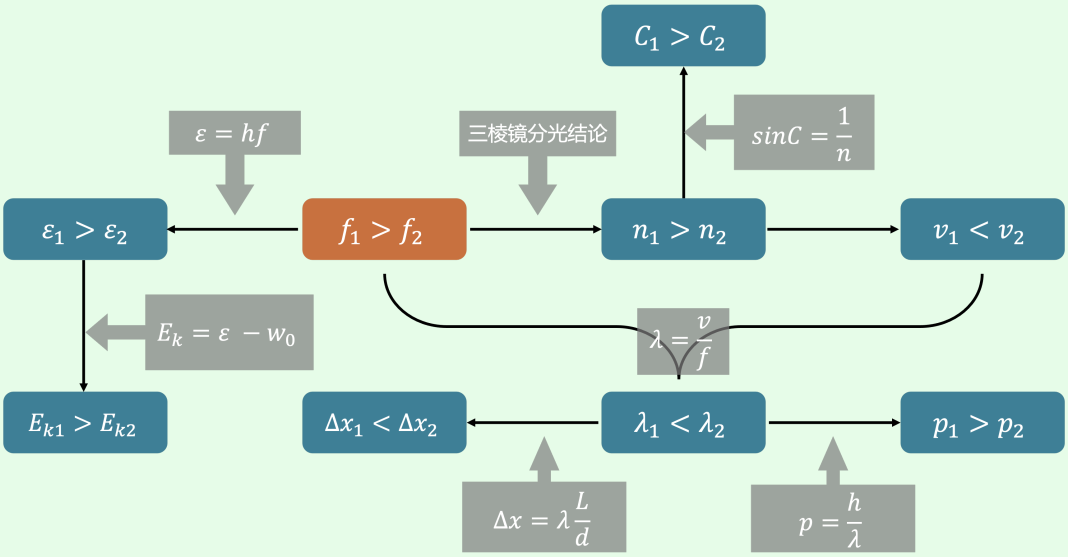
D. 通过同一装置发生双缝干涉时，*a* 光的相邻条纹间距较小

- 正解: C
- 总结:
  - 光的**频率** ν 是本质属性, 在任何介质下传播都不发生改变
  - 同一介质中不同频率的光, **其折射率随频率单调递增**
  - 同一光在不同介质的折射率不同
- 扩展:

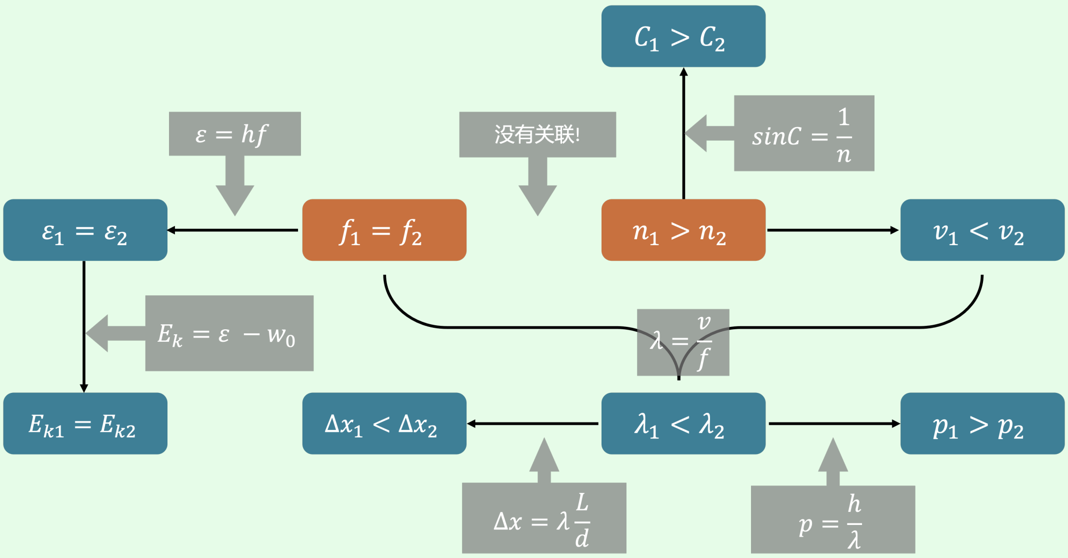
符号说明

频率	折射率	速度	临界角	波长	动量	干涉	能量	逸出功	逃逸光子动能
f	n	v	C	λ	p	$\triangle x$	ε	w_0	E_k

– 同一介质中不同频率的光



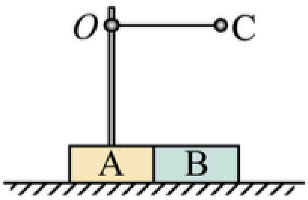
– 同一频率的光在不同介质 (下标表示不同介质中) 中



1.5 2022-2023 育才中学期末模拟题 (六)

1.5.1 II-3: 水平初动量不为 0 的杆相互作用模型

10. 质量分别为 m、$2m$ 的木块 A 和 B，并排放在光滑水平地面上，A 上固定一竖直轻杆，长为 L 的细线一端系在轻杆上部的 O 点，另一端系质量为 m 的小球 C，现将 C 球向右拉起至水平拉直细线，如图所示，由静止释放 C 球，则在之后的过程中（球与杆及 A、B 均无接触），下列说法正确的是（　　）



A. 木块 A、B 分离后，B 的速度大小为 $\frac{\sqrt{6gL}}{6}$

B. 木块 A 的最大速度为 $\frac{\sqrt{6gL}}{2}$

C. C 球在 O 点正下方向右运动时，速度大小为 $\frac{\sqrt{6gL}}{2}$

第4页/共7页

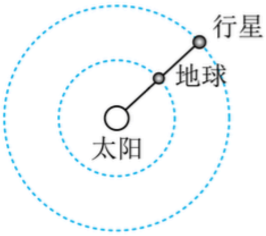
D. C 球通过 O 点正下方后，上升的最大高度为 $\frac{2}{3}L$

- 正解: ABD
- 总结: 是一类通过杆相互作用的水平动量守恒模型, 但是注意系统初动量不为 0

1.6 2022-2023 育才中学期末模拟题 (三)

1.6.1 I-6: 调和定律-新颖题目

6. 太阳系中的九大行星绕太阳公转的轨道均可视为圆，不同行星的轨道平面均可视为同一平面．如图所示，当地球外侧的行星运动到日地连线上，且和地球位于太阳同侧时，与地球的距离最近，我们把这种相距最近的状态称为行星与地球的“会面”．若每过 N_1 年，木星与地球“会面”一次，每过 N_2 年，天王星与地球“会面”一次，则木星与天王星的公转轨道半径之比为(　　)



A. $[\frac{N_1(N_2-1)}{N_2(N_1-1)}]^{\frac{2}{3}}$

B. $[\frac{N_2(N_1-1)}{N_1(N_2-1)}]^{\frac{2}{3}}$

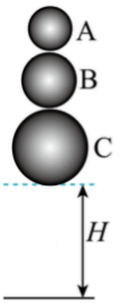
C. $[\frac{N_1(N_1-1)}{N_2(N_2-1)}]^{\frac{2}{3}}$

D. $[\frac{N_2(N_2-1)}{N_1(N_1-1)}]^{\frac{2}{3}}$

- 正解: A
- 总结: 注意理解一年的意义

1.6.2 II-3: 连续弹碰 (牛顿摆)

10. 物理学中有一种碰撞被称为“超弹性连续碰撞”，通过能量的转移可以使最上面的小球弹起的高度比释放时的高度更大。如图所示，A、B、C 三个弹性极好的小球，相邻小球间有极小间隙，三球球心连线竖直，从离地一定高度处由静止同时释放（其中 C 球下部离地 H），所有碰撞均为弹性碰撞，且碰后 B、C 恰好静止，则（　　）



A. C 球落地前瞬间 A 球的速度为 $\sqrt{2gH}$

B. 从上至下三球的质量之比为 1∶2∶6

C. A 球弹起的最大高度为 25H

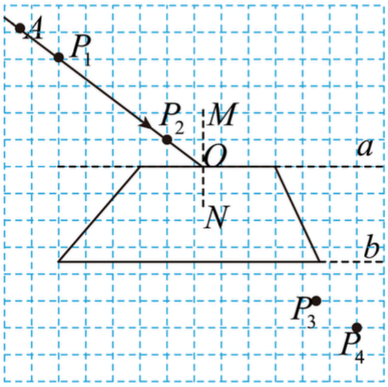
D. A 球弹起的最大高度为 9H

- 正解: ABD
- 总结: 逐个分析即可

- 扩展: 牛顿摆的分析方法也是先研究瞬时碰撞的两个物体, 并进行传递

1.7 2022-2023 一中高一下期末

1.7.1 III-1: 折射率实验



（5）该同学在实验过程中画出界面 a 后，不小心将玻璃砖向下平移了一些，之后才画上界面 b，则所测得的折射率将__________。（填“偏大” “偏小” 或“不变”）

- 正解: 偏小
- 总结: 玻璃砖整体平移, 非平行玻璃砖的测量是准确的; 其他情况 $d_{画}\, d_{玻}$ 的大小关系与 $n_{测}\, n_{真}$ 相反
  此题中由于将玻璃下移后才画上下边界, 因此 $d_{画} > d_{真} \implies n_{测} < n_{真}$

2 高二

2.1 机械振动专题

2.1.1 I-1: 起振方向未知的多解问题

一个弹簧振子沿 x 做简谐运动, 平衡位置在坐标原点, 振幅为 $0.2m.t = 0$ 时振子的位移为 $-0.1m,t = 0.5s$ 时位移第一次为 $0.1m$, 则振子的周期可能是

$A.1s$ $B.1.5s$ $C.2s$ $D.3s$

- 正解: AD
- 总结: 起振方向未知, 存在多解

$$y = 0.2\sin(\omega t + \varphi)$$

$$t = 0 \quad \sin\varphi = -\frac{1}{2} \implies \begin{cases} \varphi = -\dfrac{\pi}{6} \\ \varphi = -\dfrac{5\pi}{6} \end{cases}$$

$$t = 0.5s \quad \sin 0.5\omega + \varphi = \frac{1}{2}$$

$$\begin{cases} \dfrac{\omega}{2} - \dfrac{\pi}{6} = \dfrac{\pi}{6} \\ \dfrac{\omega}{2} - \dfrac{5\pi}{6} = \dfrac{\pi}{6} \end{cases} \implies \begin{cases} \omega = \dfrac{2\pi}{3} \implies T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 3s \\ \omega = 2\pi \implies T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 1s \end{cases}$$

- 扩展:
  造成波的多解性的三大原因:

– **波的周期性:** $\begin{cases} \text{时间周期性: 时间间隔}\Delta t\text{与周期}T\text{的关系不明确} \\ \text{空间周期性: 波传播距离}\Delta x\text{与波长}\lambda\text{的关系不明确} \end{cases}$

– **波的双向性:** $\begin{cases} \text{传播方向双向性: 波的传播方向不确定} \\ \text{振动方向双向性: 质点振动方向不确定} \end{cases}$

– **波形隐含性:** $\begin{cases} \text{在波动问题中, 有时只给出几个特殊点} \\ \text{(大多是两个特殊的点) 的运动状态, 其余信息均处于隐含状态} \end{cases}$

2.1.2 I-2: 球面波干涉图像问题

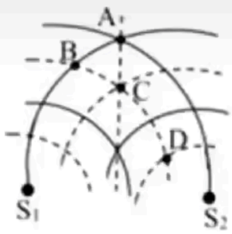
1．如图所示，S_1、S_2是两个振幅相等的相干波源，实线和虚线分别表示在某一时刻它们所发出的波的波峰和波谷。在 A、B、C、D 四点中，(　　)

A．A 点振动减弱

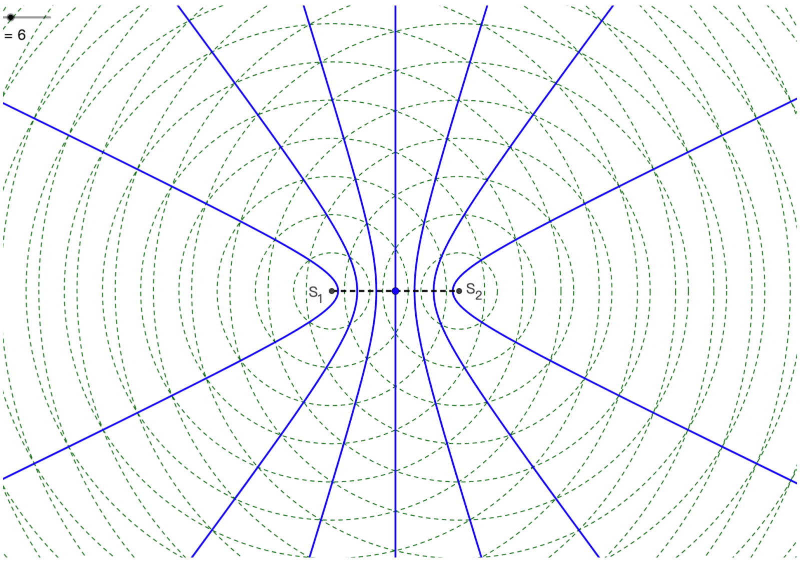
B．B 点振动加强

C．$\frac{1}{4}$周期后，C 点处于平衡位置

D．A 点始终处于波峰，D 点始终处于波谷



- 正解: C
- 总结: C 选项,c 点为振动加强点, 仅仅是振幅变大, 并非不在平衡位置振动, 研究 $\frac{1}{T}$ 时间后的位置情况, 是根据叠加波 (周期不变) 的传播来看, 经过该时间后, 波谷达到平衡位置, 所以 C 选项正确
- 扩展: 此类干涉图的所有振动加强点的连线是双曲线. 有的此类图形未必是干涉图像, 比如两个水波的叠各自具有不同的周期, 因此某个点振动加强或减弱并非恒定



2.1.3 I-3: 球面波非干涉图像问题

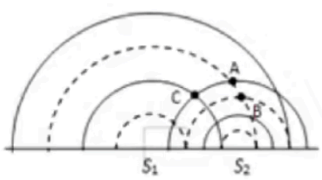
2．如图所示，S_1、S_2是振幅均为 A 的两个水波波源，某时刻它们形成的波峰和波谷分别由实线和虚线表示。则（　　）

A．两列波在相遇后各自的周期都发生了变化

B．此时各点的位移是：$x_A=0$，$x_B=-2A$，$x_C=2A$

C．A 处振动始终减弱，B、C 处振动始终加强

D．B 点位移大小始终大于 A 点位移大小

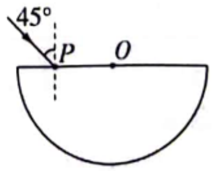


- 正解: B
- 总结: 两个水波没有特定说明则是非相干波源, 因此振幅的加强或减弱是非恒定的

2.1.4 I-4: 折射率几何求解

题组二 折射率的计算 大招 24:《名师大招册》P60

5 (2024·江苏南通调研)如图所示,半圆形玻璃砖的圆心为 O,半径为 R,O、P 两点间的距离为$\frac{\sqrt{3}}{3}R$。一束单色光从 P 点以 45°的入射角射入玻璃砖,出射光线和入射光线平行,则玻璃砖的折射率为 ( )



A. $\sqrt{2}$ B. 2 C. $\sqrt{3}$ D. 3

- 正解: A
- 总结: 此类问题关键是寻找折射光线在圆弧的位置, 因为要求出射光线与入射光线平行, 因此两次折射情况应该完全一致 $45° \to \gamma \quad \gamma \to 45°$. 那么可以得出第二次折射处的情况也是一个水平面 (至少法线方向和第一次折射的法线方向平行). 于是可以得到第二次折射点恰为圆弧底, 且法线在竖直方向上且过圆心.
-

2.1.5 II-1: 平面波干涉图像问题

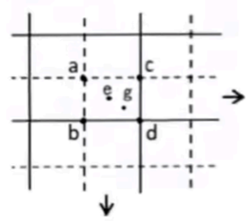
(多选)3. 有两列频率相同、振动方向相同、振幅均为 A、传播方向互相垂直的平面波相遇发生干涉。如图所示,图中实线表示波峰,虚线表示波谷,a 为波谷与波谷相遇点,b、c 为波峰与波谷相遇点,d 为波峰与波峰相遇点,e、g 是 a、d 连线上的两点,其中 e 为连线的中点,则( )

A. ad 连线上所有的质点振动加强

B. 从图示时刻经过半个周期,e 处质点通过的路程为 4A

C. 从图示时刻经过半个周期,g 处质点加速向平衡位置运动

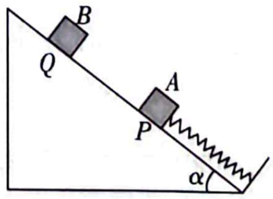
D. 从图示时刻经过四分之一周期,d 处的质点振幅恰好为零



- 正解: ABC
- 总结:
  A. 两个振幅加强点的连线上的所有点都是加强点.
  B. 简谐运动的结论, 经过一个周期, 质点 (平衡位置或最大振幅位置) 走过路程为 4 倍振幅. 经过半个周期, 质点走过 2 倍振幅. 在此选项中, 质点 e 为加强点振幅为 $2A$, 经过半个周期, 质点走过 $2 * 2A = 4A$
  C. 运用简谐波的结论和同侧法判断振动方向 (当然题目存在一定的语言上的细节,g 减速到最大振幅后向平衡位置移动, 加速度指向平衡位置)
  D. 题目考查的语言的艺术, 可以描述 d 点所处位置为平衡位置, 但是 d 点是振幅加强点不为 0

2.1.6 II-2: 斜面弹簧组合体简谐振子

14 (大招 17)(2024 · 山东烟台期中,多选)
如图所示,倾角为 α 的光滑斜面固定在水平面上,一根劲度系数为 k 的轻质弹簧下端固定于斜面底部挡板处,弹簧上端放一个质量为 m 的小物块 A,A 与弹簧间不拴接,开始时 A 静止于 P 点。另一质量也为 m 的小物块 B 从斜面上 Q 点由静止释放,与 A 发生正碰后立即粘在一起成为组合体,组合体在以后的运动过程中恰好不离开弹簧。已知弹簧的弹性势能与其形变量的关系为 $E_p=\frac{1}{2}kx^2$,重力加速度为 g,弹簧始终未超出弹性限度。下列说法正确的是 (　　)



A. 弹簧的最大弹性势能为 $\frac{8m^2g^2\sin^2\alpha}{k}$

B. 组合体动能的最大值为 $\frac{4m^2g^2\sin^2\alpha}{k}$

C. P、Q 两点间的距离为 $x=\frac{6mg\sin\alpha}{k}$

D. P、Q 两点间的距离为 $x=\frac{3mg\sin\alpha}{k}$

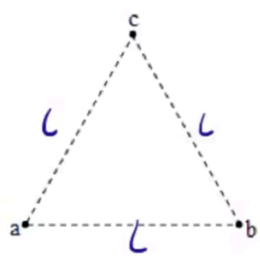
- 正解:AD
- 总结: 题目的过程较为复杂, 我们需要理清每一个阶段
  1. 初始阶段, 物块 A 静止, 弹簧被压缩至 $x_1=\frac{mg\sin\alpha}{k}$
  2. 组合体阶段, 题目的关键信息: 组合体运动过程中**恰好**不离开弹簧, 因此在恢复原长时组合体的速度为 0. 此时的回复力 $F_{回}=2mg\sin\alpha$(向下), 由简谐振动的性质, 压缩到最大时的回复力大小也应该如此, 因此 $kx_2-2mg\sin\alpha=2mg\sin\alpha \implies x_3=\frac{4mg\sin\alpha}{k}$.
     由此可得弹簧的最大弹性势能 $E_{pmax}=\frac{1}{2}kx_2^2=\frac{8m^2g^2\sin^2\alpha}{k}=8J \quad (J=\frac{m^2g^2\sin^2\alpha}{k})$
  3. 研究组合体最大的动能, 显然我们需要找到谐振运动的平衡点即 $F_{回}=0$ 的位置 $x_2=\frac{2mg\sin\alpha}{k}$.
     因此在组合体从弹簧原长位置到平衡位置的过程中, 弹簧弹性势能增加量 $\triangle E_p=2J$, 重力势能的减少量 $\triangle E_g 2mgx_2\sin\alpha=4J$, 所以组合体的动能为 $2J$
  4. 计算 PQ 距离重要在于研究初始位置 x_1 的碰撞问题得到速度, 碰撞后成为组合体的动量守恒问题比较简单 $mv=2mv' \quad v'=\frac{v}{2}$. 组合体的速度从初始位置压缩到最大位置 x_3(速度变为 0), 其中重力势能的减少量 $\triangle E_g=2mg(x_3-x_1)\sin\alpha=6J$, 弹簧弹性势能的增加量 $\triangle E_p=8J-\frac{1}{2}J=\frac{15}{2}J$, 所以组合体的初动能为 $\frac{3}{2}J$, 因策得到 $v'=\sqrt{\frac{3mg^2\sin^2\alpha}{2k}} \implies v=2v' \quad mgx_{PQ}\sin\alpha=\frac{1}{2}mv^2 \quad x_{PQ}=\frac{3mg\sin\alpha}{k}$

2.1.7 IV-1: 干涉计算

5.(2020•新课标Ⅰ)一振动片以频率 f 做简谐振动时,固定在振动片上的两根细杆同步周期性地触动水面上 a、b 两点,两波源发出的波在水面上形成稳定的干涉图样。c 是水面上的一点,a、b、c 间的距离均为 l,如图所示。已知除 c 点外,在 ac 连线上还有其他振幅极大的点,其中距 c 最近的点到 c 的距离为$\frac{3}{8}$l. 求

(i)波的波长;

(ii)波的传播速度。



- 正解: (1) $\frac{1}{4}L$ (2) $\frac{1}{4}fL$
- 总结: 需要理清波源为哪两个点, 同时找到某个振动加强点 (多少个 λ) 到波源的两个距离, 余弦定理做计算.
- 扩展: 三角函数相关

– 展开

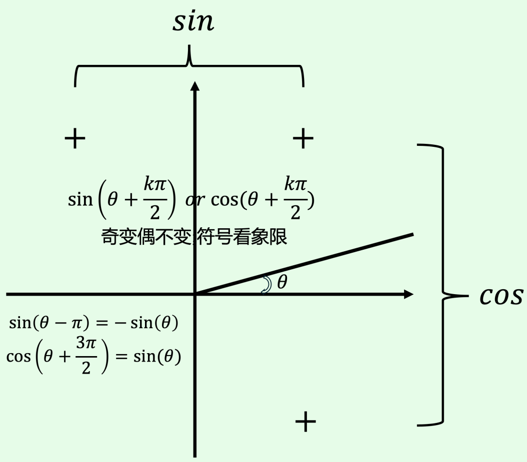
$$\sin(\theta \pm \beta) = \sin\theta\cos\theta \pm \cos\theta\sin\theta$$

$$\cos(\theta \pm \beta) = \cos\theta\cos\theta \mp \sin\theta\sin\theta$$

$$\tan(\theta \pm \beta) = \frac{\tan\theta \pm \tan\beta}{1 \mp \tan\theta\tan\beta}$$

– 余补关系

$$\sin(\pi - \theta) = \sin\theta \quad \cos(\pi - \theta) = -\cos\theta \quad \tan(\pi - \theta) = -\tan\theta$$



– 正弦定理

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$$

– 余弦定理

$$\cos\gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$$

– 二倍角

$$\sin 2\theta = 2\sin\theta\cos\theta \quad \cos 2\theta = \cos^2\theta - \sin^2\theta \quad \tan 2\theta = \frac{2\tan\theta}{1 - \tan^2\theta}$$

– 降次

$$\sin^2\theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{2} \quad \cos^2\theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2} \quad \tan^2\theta = \frac{1 - \cos 2\theta}{1 + \cos 2\theta}$$

3 高三

3.1 2023 届巴蜀中学高考适应性月考 (十)

3.1.1 I-6: 同步卫星

6. 气象卫星轨道大致分为两种，一种是地球同步轨道，另一种是太阳同步轨道。"风云一号"是我国第一颗太阳同步轨道气象卫星，它的轨道高度距地面900km，如图5所示。已知地球半径为6.4×10^6m，现仅考虑卫星绕地球的运动，则"风云一号"的

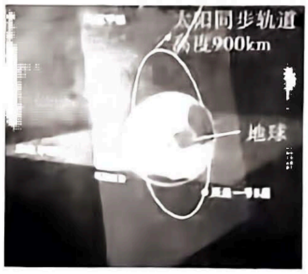


图5

A. 在轨正常运行速度大于7.9km/s

B. 向心加速度小于地球同步卫星的向心加速度

C. 绕地运行一圈约为102分钟

D. 绕地运行一圈约为52分钟

- 正解: C
- 总结:
  - 近地卫星: 其**运动轨道半径约为地球半径**, 因此为**最大的环绕速度** $7.9km/s$, 周期为 85 分钟 (不用记忆)
  - 同步卫星: 其**周期与地球自转相同为** $24h$
- 扩展: 第三与四个选项的计算需要知道两个竖数值中的一个
  - 同步卫星的轨道高度为 3.6×10^7m, 然后用开普勒第三定律

    定理. *开普勒行星运动定律 (不用纠结证明)*
    - 第一定律: *行星运动在椭圆轨道上, 太阳处于椭圆的焦点上*
    - 第二定律: *行星与太阳的连线在相同时间内扫过的面积相等*
    - 第三定律: $\frac{a^3}{T^2}=k$
  - 近地卫星的周期为 85 分钟, 根据第三定律得知太阳同步轨道卫星的周期至少大 85 分钟, 因此选 C

3.1.2 II-1: 简谐波的图像问题

8. 一简谐横波在水平方向上传播，$t=1$s时的波形图如图7甲所示，A、B为该波上的两个质点，图乙所示为质点A的振动图像，已知相邻波峰与波谷之间的距离为4m，下列说法正确的是

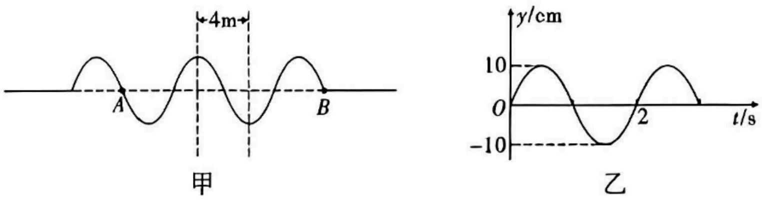


图7

A. 波速为2m/s

B. 该波沿水平向左传播

C. B点的起振方向为竖直向下

D. 从$t=1$s时刻开始，再经过$\frac{4}{3}$s，质点A通过的路程为$(20+5\sqrt{3})$cm

- 正解: BD
- 总结: 选项 C 问的是起振 $(t=0s)$ 方向, 而题目**图乙**是给的 $t=1s$ 的质点振动图
  选项 D 需要求 $t=\frac{1}{3}s$ 时对应的 y 值, 所以需要根据图像中已知数据点求解三角函数的具体表达式

证明. 设 $y=10\sin\omega t+\phi_0$

$$
\begin{aligned}
t=0s \quad & \sin\phi_0=0 \Longrightarrow \phi_0=0\\
t=1s \quad & \sin\omega=0 \Longrightarrow \omega=n\pi\\
t=\frac{1}{2}s \quad & \sin\frac{\omega}{2}=1 \Longrightarrow \omega=\pi+4n\pi
\end{aligned}
$$

□

$$y=10\sin\pi t \quad t=\frac{1}{3}s \Longrightarrow y=10\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}=5\sqrt{3}$$

3.1.3 II-3: 动生电动势的平均值问题

10. 如图 9 所示，水平面上固定有足够长的两平行光滑金属导轨，导轨间的正方形区域 $abcd$ 有竖直向上的匀强磁场，磁感应强度大小为 $B=0.5\text{T}$，该区域边长为 $L=1\text{m}$。导轨的水平部分和倾斜部分由光滑圆弧连接。质量为 $m_1=0.1\text{kg}$ 的金属棒 P 和另一根质量为 $m_2=0.4\text{kg}$ 的金属棒 Q 分别静置在导轨上的不同位置，如下图所示。现将金属棒 P 从离水平面高度 h（单位为米）处静止释放。若两棒发生碰撞，则所有碰撞均为弹性碰撞。已知两金属棒的电阻值均为 $R=0.5\Omega$，重力加速度取 $g=10\text{m/s}^2$，感应电流产生的磁场及导轨的电阻忽略不计，两根金属棒运动过程中始终与导轨垂直且接触良好。下列说法正确的是

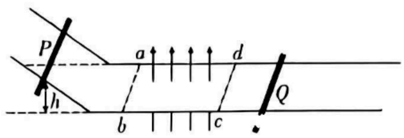


图 9

A. P 刚进入磁场时受到的安培力 F 的大小为$\frac{\sqrt{5h}}{2}\text{N}$

B. 每当 P 完整穿过磁场区域，P 的速率就减小 5m/s

C. 当 $h\leqslant\frac{5}{16}\text{m}$，$P$ 和 Q 不会发生碰撞

D. 当 $h=\frac{605}{16}\text{m}$，P 和 Q 恰好不发生第二次碰撞

- 正解: ACD
- 总结: 选项 B, $E=-\frac{\triangle\Phi}{\triangle t}$, 在高中阶段 $\triangle t$ 比较小的时候为瞬时电动势, 当 $\triangle t$ 比较大的时候, 即为一个过程量得到的是 $\overline{E}$, 因此可以得到 $\overline{I},\overline{F}$

$$
\begin{gathered}
\varepsilon=\frac{\triangle\Phi}{\triangle t}=\frac{B\cdot\triangle S}{\triangle t}\\
I=\frac{\varepsilon}{2R}=\frac{B}{2R}\cdot\frac{\triangle S}{\triangle t}\\
F=BIL=\frac{B^2L\triangle S}{2R\cdot\triangle t}\\
F\cdot\triangle t=\frac{B^2L\triangle S}{2R}=m(v_t-v_0)
\end{gathered}
$$

复杂变化的安培力对导体棒的冲量, 仅仅与面积的改变量有关 $\Longrightarrow$ 速度的变化量仅与走过的面积有关
选项 D, 恰好不能第二次碰撞即再次扫过 2 次磁场面积后速度为球 2 第一次碰后速度

3.1.4 IV-1: 均匀滴落的沙漏问题

13.（10 分）如图 13 是高中物理必修 1 课本封面上的沙漏照片。若近似认为砂粒下落的初速度为 0，不计砂粒间下落时的相互影响，设砂粒随时间均匀漏下，忽略空气阻力，重力加速度 g 取 10m/s^2。

（1）求一颗砂粒下落过程第 2 个 0.1s 内的位移大小；

（2）同学们发现照片中的砂粒在空中时都看不出砂粒本身的形状，而是成了条条痕迹，砂粒的疏密分布也不均匀，若出口下方 0~1cm 范围内有 20 粒砂粒，则出口下方 4~9cm 范围的砂粒数约为多少？

图 13

- 总结: 好题收藏, 第二问关键在与「沙粒随时间均匀漏下」, 从已知条件中求出**沙粒平均流量**, 计算第二段的时间长度即可

3.1.5 IV-2: 折射率几何大题

14.（13 分）真空中一正三棱柱形透明体，其横截面如图 14 所示。$AB=AC=BC=6R$，透明体中心有一半径为 R 的球形真空区域，一束平行单色光垂直 AB 面射向透明体。已知透明体对该单色光的折射率为 $\sqrt{2}$，光在真空中的传播速度为 c。求：

（1）如图所示，光线从 D 点射入时恰好与真空球相切，请问该光线是从 AC 边还是 BC 边射出透明体？并求该光线穿过透明体所需要的时间；

（2）为使光线不能从 AB 面直接射入中间的球形真空区域，则须在透明体 AB 面贴上不透明纸，求不透明纸的最小面积。

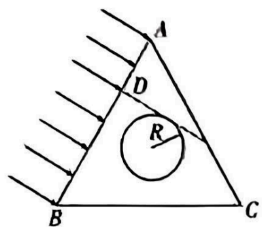


图 14

- 总结: 第一问当光垂直入射介面交界处 or 平行入射介面交界处, 光路沿原方向继续传播
- 第二问不难, 即光线接触真空区域时, 以临界角 $\frac{\pi}{2}$ 射入, 值的思考的是遮挡面积是一个圆形域

3.1.6 IV-3: 磁聚焦 + 区域面积问题

15.（18 分）如图 15 所示，真空中 A 位置存在一带电粒子发射器能够瞬间在平面内发射出大量初速度大小为 v_0 带电量相同的正电荷，电荷以不同的入射角 θ（θ 为 v_0 与 x 轴正方向的夹角且 $0<\theta\leq 90°$）射入半径为 R 的圆形边界匀强磁场（图中未标出），圆形磁场刚好与 x 轴相切于 A 点，所有电荷均在该磁场的作用下发生偏转，并全部沿 x 轴正方向射出。图中第三象限虚线下方一定区域存在着方向沿 y 轴正向的匀强电场，虚线刚好经过 C 点（C 为实线圆最右端的点）且顶点与 O 点相切，同时观察到进入该电场区域的所有电荷均从 O 点射入第一象限，第一象限内存在范围足够大的垂直于平面向里磁感应强度大小为 B_2 的匀强磁场，O 点上方沿 y 轴正方向放置足够长的荧光屏，电荷打在荧光屏上能够被荧光屏吸收。已知电荷的质量为 m、电荷量大小为 q，OA 的距离为 $2R$，不考虑电荷所受重力及电荷之间的相互作用力。求：

（1）圆形磁场磁感应强度 B_1 的大小及方向；

（2）匀强电场上边界虚线的函数表达式；

（3）所有电荷在第一象限内运动轨迹所经过的区域的面积。

（当 $\tan\alpha=2$，$\alpha\approx 0.35\pi$）

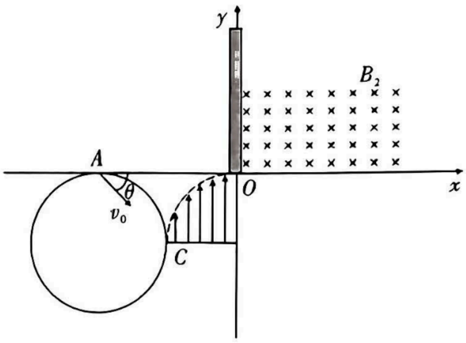
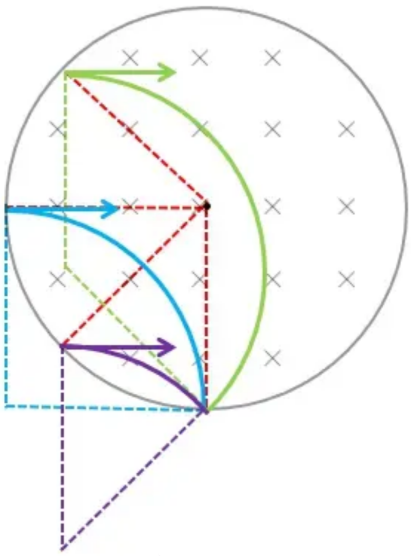


图 15

- 总结: 第一问考的**磁聚焦** (证明通过相似三角形), 粒子旋转半径刚好为磁场半径 R, 也可以取特殊角度 $\frac{\pi}{2}$



- 第二问不难, 注意电场需要求出来, 设射入电场的粒子 (x_0, y_0), 位移为坐标的负数.$E=\frac{2mv^2}{qR}$ $\quad y=-\frac{1}{R}x^2$
- 第三问比较特殊, 需要设 h(距离下 x 轴的距离), 去求不同高度下打到 y 轴上点的坐标, 设进入第二磁场区域的速度方向与 x 轴成 θ 角, 打击点 $y=2r\cos\theta$

$$\cos\theta=\frac{1}{\sqrt{1+\frac{4h}{R}}}=1 \qquad r=\frac{mv}{qB_2}=\frac{mv_0\sqrt{1+\frac{4h}{R}}}{qB_2}=\frac{mv_0k}{qB_2}$$

$$2r\cos\theta=\frac{2mv_0}{qB_2}$$

因此不同速度的粒子打在 y 轴上的点为同一点

$$h = 0 \Longrightarrow r_0 = \frac{mv_0}{qB_2} \qquad h = R \Longrightarrow r_1 = \frac{\sqrt{5}mv_0}{qB_2} \quad \theta = 0.35\pi$$

$$\begin{aligned}
S_0 &= \frac{1}{2} \cdot \pi r_0^2 = \frac{\pi}{2} \cdot (\frac{mv_0}{qB_2})^2 \\
S1 &= \pi r_1^2(\frac{\pi - 2\theta}{2\pi}) - r_1^2 \sin\theta\cos\theta = (\frac{3\pi}{4} - 2) \cdot (\frac{mv_0}{qB_2})^2 \\
S &= S_0 - S_1 = (\frac{8-\pi}{4}) \cdot (\frac{mv_0}{qB_2})^2
\end{aligned}$$