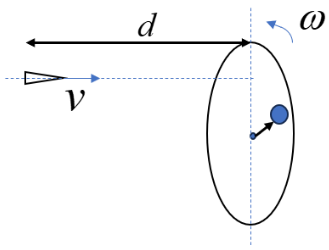
一、时间同步下的空间匹配：

- **时间同步**：圆周运动与直线运动发生在同一时间段内，两者运动时间t必须相等。
- **空间匹配**：在时间t内，圆周运动的物体转过特定角度，直线运动的物体到达特定位置，两者需满足几何或运动学条件（如相遇、碰撞或位置对齐）。

关键矛盾：通过时间t将旋转角度与直线位移关联，建立方程求解参数（如速度、角速度、初始角度等）。

二、典型例题与解析

例 1： 圆盘以角速度 ω 匀速转动，距中心 r 处有一小孔。与圆盘水平距离d处的子弹以速度 v 沿直线射向圆盘，当子弹到达圆盘平面时，小孔恰好转到子弹路径上。求子弹发射时圆盘的初始角度θ_0。



解析：

1. **时间关联：**

   子弹飞行时间 $t=\dfrac{d}{v}$ （d为初始距离）。

2. **角位移条件：**

   圆盘在时间t内转过角度：

$$\theta(t)=\theta_0+\omega t=2\pi n \quad (n\in Z)$$

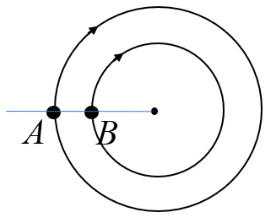
（小孔每转一圈回到原位，故需对齐时角度为 $2\pi n$）

3. **初始角度：**

$$\theta_0=2\pi n-\omega\cdot\frac{d}{v}$$

物理意义：初始角度需补偿圆盘在子弹飞行期间的转动。

例 2：A、B 两个小球绕同一个圆心向同一方向做匀速圆周运动，周期分别为T_A、T_B，且$T_A>T_B$，某时刻，两个小球与圆心共线且位于同一侧，如图所示。



（1）经过多长时间，两个小球相距最远？

（2）经过多长时间，两个小球再次相距最近？

解：（1）设经过时间t_1，两个小球相距最远。

由于$T_A > T_B$，可知 B 小球转动的更快，相距最远时，B 球比 A 球多转了半圈的奇数倍，即$2k\pi+\pi$。

根据$\omega=\dfrac{2\pi}{T}$，$\theta=\omega t$，B 球转过的角度$\theta_B=\dfrac{2\pi}{T_B}t_1$，A 球转过的角度$\theta_A=\dfrac{2\pi}{T_A}t_1$

则$\theta_B-\theta_A=2k\pi+\pi$，可得：$\dfrac{2\pi}{T_B}t_1-\dfrac{2\pi}{T_A}t_1=2k\pi+\pi$

解得：$t_1=\dfrac{(2k+1)T_AT_B}{2(T_A-T_B)}(k=1,2,3,\cdots)$

（2）设经过时间t_2，两个小球再次相距最近。当两球再次相距最近时，B 球比 A 球多转了整数圈，即$2k\pi$。

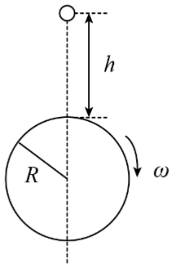
根据$\omega=\dfrac{2\pi}{T}$，$\theta=\omega t$，B 球转过的角度$\theta_B'=\dfrac{2\pi}{T_B}t_2$，A 球转过的角度$\theta_A'=\dfrac{2\pi}{T_A}t_2$

则$\theta_B'-\theta_A'=2k\pi$，可得：$\dfrac{2\pi}{T_B}t_2-\dfrac{2\pi}{T_A}t_2=2k\pi$

解得：$t_2=\dfrac{kT_AT_B}{T_A-T_B}(k=1,2,3,\cdots)$

例 3：如图所示，小球自空中匀速下落。并沿匀速转动的圆形纸筒圆心穿过，纸筒半径 R =5m，小球速度 v =5m/s。 g 取 10m/s^2 。若小球穿筒壁时能量损失不计，撞破纸的时间

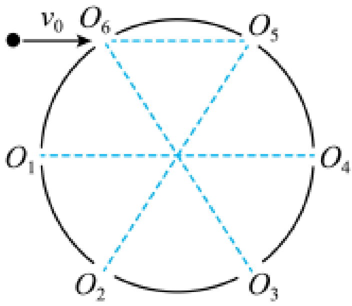
也可不计，且小球穿过后纸筒上只留下一个孔，则纸筒转动的角速度可能为（　　）



A. $0.25\pi\mathrm{rad/s}$　　B. $0.75\pi\mathrm{rad/s}$　　C. $\pi\mathrm{rad/s}$　　D. $1.5\pi\mathrm{rad/s}$

答案：D

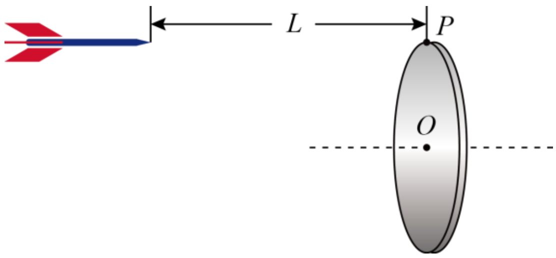
例 4：(多选)底部光滑的圆筒绕竖直中心轴逆时针转动，筒壁上贴近底部的一个水平圆周上均匀分布着 6 个小孔 O_1 至 O_6 ，如图所示是其俯视图，圆筒半径 R= 20cm。一个小球恰好从 O_6 以v_0=3m/s 射入，入射方向与 O_1O_4 平行，不考虑小球在圆筒内运动时竖直方向的位移。若要使小球从 O_3 孔射出，则圆周匀速转动的角速度大小可能为（　　）



A.10 π rad/s　　B.20 π rad/s　　C.40 π rad/s　　D.50 π rad/s

答案： AC

例 5：如图所示，一位同学玩飞镖游戏，圆盘最上端有一 P 点，飞镖抛出时与 P 等高，且距离 P 点为 L ，当飞镖以初速度 v_0 垂直盘面瞄准 P 点抛出的同时，圆盘以经过盘心 O 点的水平轴在竖直平面内匀速转动，忽略空气阻力，重力加速度为 g，若飞镖恰好击中 P 点，则（　　）

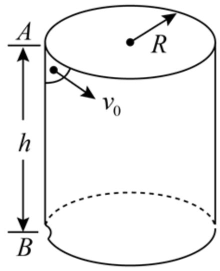


A.圆盘的半径可能为 $\frac{gL^2}{2v_0^2}$　　B.圆盘转动的周期可能为 $\frac{L}{3v_0}$

C.圆盘转动的角速度最小值为 $\frac{2\pi v_0}{L}$　　D.P 点随圆盘转动的线速度可能为 $\frac{5\pi gL}{4v_0}$

答案：D

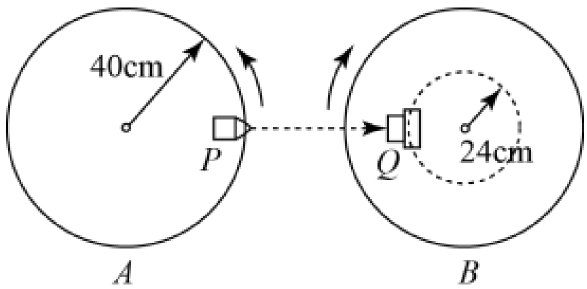
例 6：如图所示，竖直薄壁圆筒内壁光滑，其半径为R，上部侧面A处开有小口，在A处小口的正下方B处亦开有与其大小相同的小口，小球从A处小口沿切线方向水平射入筒内，使小球紧贴筒内壁运动．要使小球从B处小口处飞出，小球进入A处小口的最小速率v_0为（　　）



A. $\pi R\sqrt{\frac{g}{2h}}$　　B. $\pi R\sqrt{\frac{2g}{h}}$　　C. $\pi R\sqrt{\frac{2h}{g}}$　　D. $2\pi R\sqrt{\frac{g}{h}}$

答案：B

例 7：(多选)某机器内有两个围绕各自固定轴匀速转动的铝盘 A,B，A 盘上固定一个信号发射装置 P，能持续沿半径向外发射红外线，P 到圆心的距离为 40cm．B 盘上固定一个带窗口的红外线信号接收装置 Q，Q 到圆心的距离为 24cm．P、Q 转动的线速度均为 4π m/s．当 P、Q 正对时，P 发出的红外线恰好进入 Q 的接收窗口，如图，P、Q 可视为质点．则（　　）



A.A 盘的转速为 5 转/秒

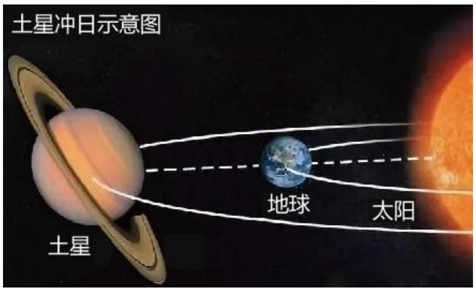
B.Q 的周期为 0.2s

C.Q 每隔一定时间就能接收到红外线信号，这个时间的最小值为 0.24s

D.Q 每隔一定时间就能接收到红外线信号，这个时间的最小值为 0.6s

答案：AD

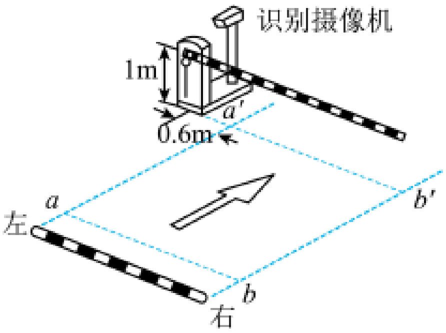
例 8：如图，2023年8月27日发生了土星冲日现象，土星冲日是指土星、地球和太阳三者近似排成一条直线，地球位于太阳与土星之间．已知地球和土星绕太阳公转的方向相同，轨迹均近似为圆，土星绕太阳公转周期约30年．下次出现土星冲日现象应该在（　　）



A.2024年　　B.2038年　　C.2050年　　D.2053年

答案：A

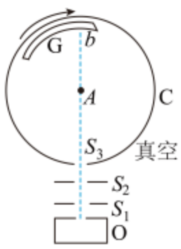
例 9：学校门口的车牌自动识别系统如图所示，闸杆距地面高为1m，可绕转轴 O 在竖直面内匀速转动，自动识别区前边界ab到后边界$a'b'$的距离为6.9m，闸杆开始保持水平静止，$a'b'$在闸杆的正下方。汽车以速度3m/s匀速驶入自动识别区，识别的反应时间为0.3s，若汽车可看成高1.6m的长方体，闸杆转轴 O 与车左侧面的水平距离为0.6m。要使汽车匀速顺利通过，闸杆拍杆时匀速转动的角速度至少为（　　）



A. $\frac{\pi}{3}$rad/s　　B. $\frac{\pi}{4}$rad/s　　C. $\frac{\pi}{6}$rad/s　　D. $\frac{\pi}{8}$rad/s

答案：D

例 10：如图所示为蔡特曼和柯氏改进后测定分子速度大小的装置简图。银蒸汽分子从小炉 O 的细缝中逸出沿虚线通过圆筒上的细缝 S_3 进入圆筒 C 并落在玻璃板 G 上。已知圆筒 C 的直径为 d ，转速为 n ，银分子在玻璃板 G 上的落点与 b 之间的弧长为 s 。则银分子的最大速率为（　　　　）



A. $v=\frac{dn}{s}$　　B. $v=\frac{d^2n}{s}$　　C. $v=\frac{\pi d^2n}{s}$　　D. $v=\frac{\pi d^2n}{2s}$

答案：C