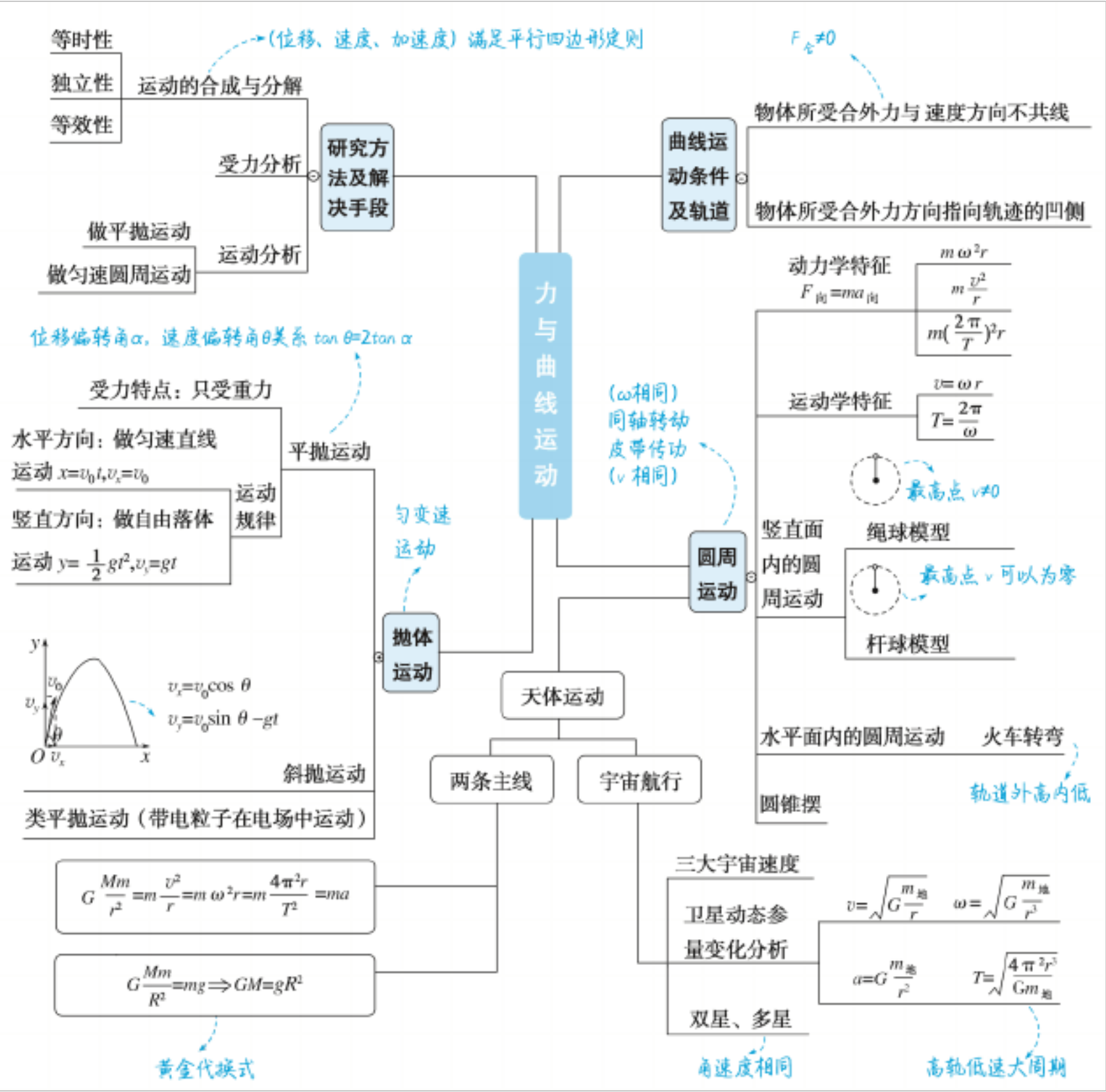


第3讲 力与曲线运动

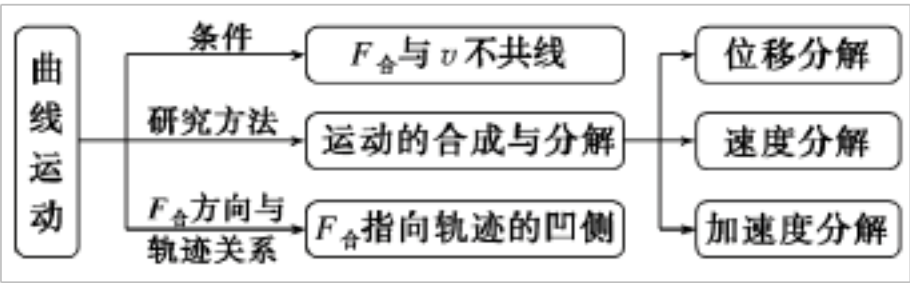
知识网络构建



命题分类剖析

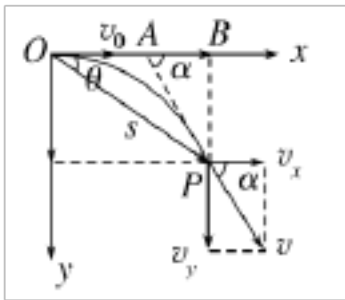
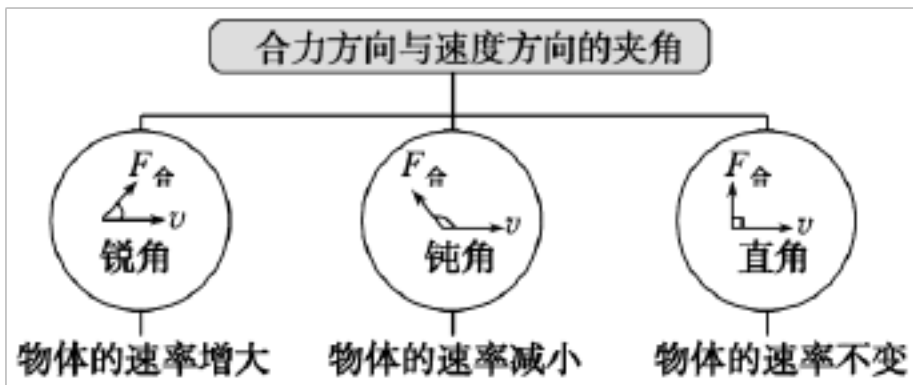
命题点一 运动的合成与分解 平抛运动(含类平抛)

1. 曲线运动



2. 特点

- (1) $F_{\text{合}}$ 恒定: 做匀变速曲线运动.
- (2) $F_{\text{合}}$ 不恒定: 做非匀变速曲线运动.
- (3) 速率变化情况判断



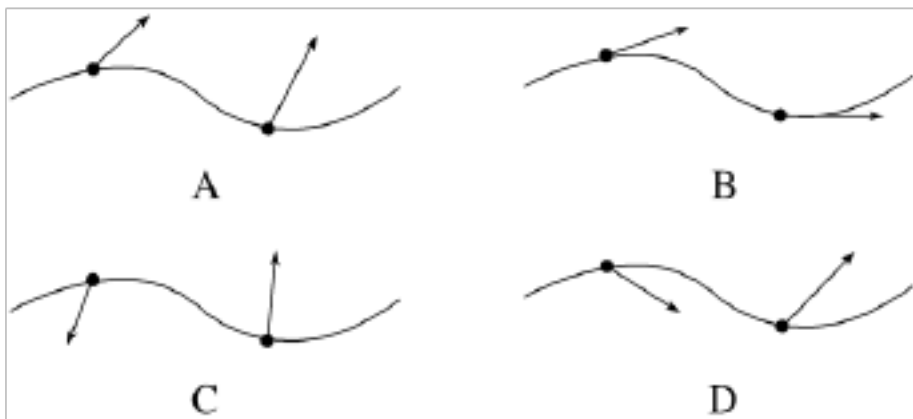
3. 平抛运动的二级结论

(1) 做平抛运动的物体在任一时刻的瞬时速度的反向延长线一定通过此时水平位移的中点，则 $\tan \alpha = \frac{y}{x/2}$.

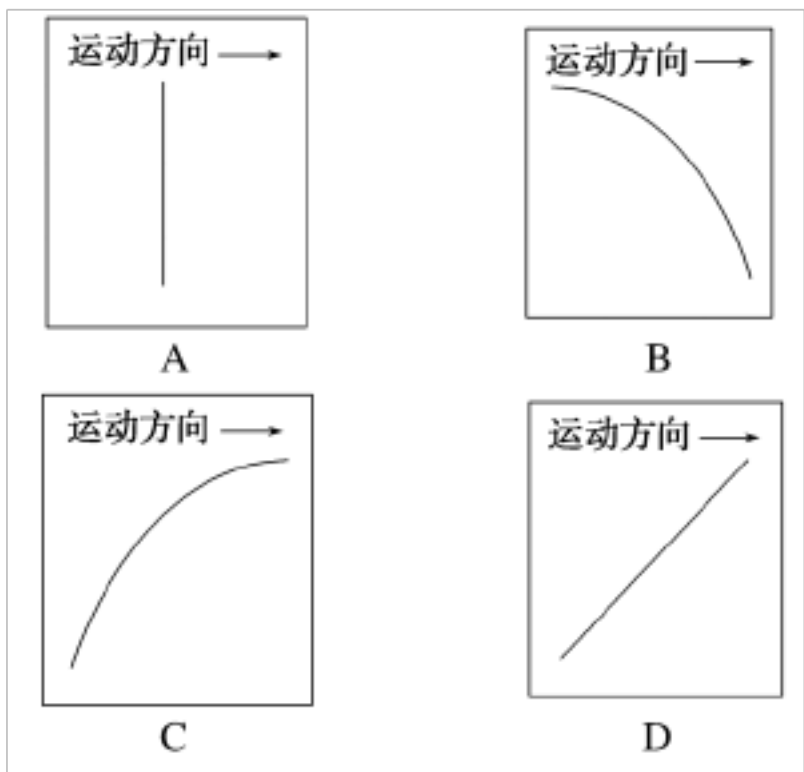
(2) 做平抛运动的物体在任一时刻任一位置处，其速度与水平方向的夹角 α 的正切值，是位移与水平方向的夹角 θ 的正切值的 2 倍，即 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$.

考向 1 曲线运动的特点及运动的合成与分解

例 1 [2023 · 全国乙卷] 小车在水平地面上沿轨道从左向右运动，动能一直增加. 如果用带箭头的线段表示小车在轨道上相应位置处所受合力，下列四幅图可能正确的是 ()

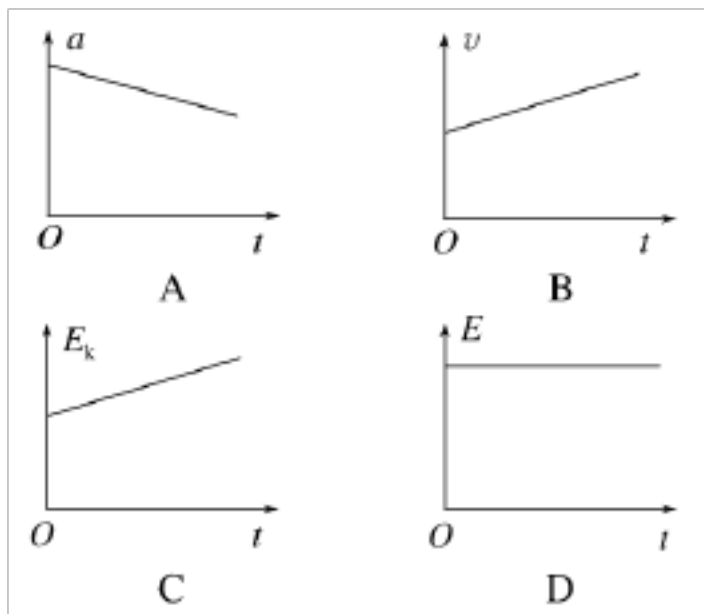


例 2 [2023 · 江苏卷] 达·芬奇的手稿中描述了这样一个实验：一个罐子在空中沿水平直线向右做匀加速运动，沿途连续漏出沙子. 若不计空气阻力，则下列图中能反映空中沙子排列的几何图形是 ()



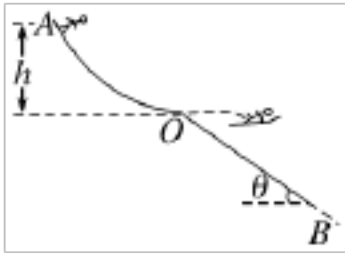
考向 2 平抛运动规律的基本应用

例 3[2023·浙江 6 月]铅球被水平推出后的运动过程中，不计空气阻力，下列关于铅球在空中运动时的加速度大小 a 、速度大小 v 、动能 E_k 和机械能 E 随运动时间 t 的变化关系中，正确的是()



[解题心得].....

考向 3 有约束条件的平抛运动

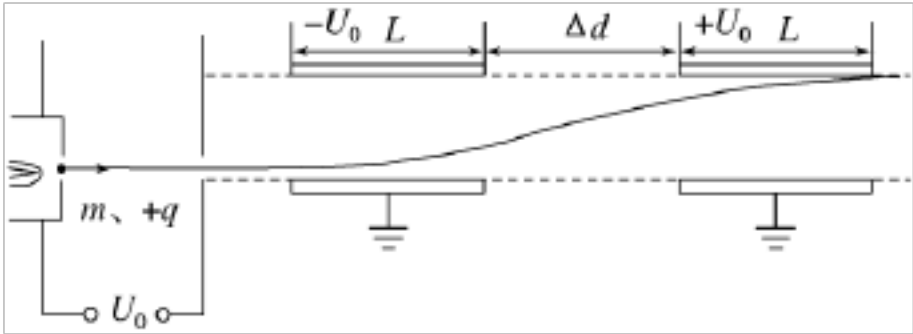


例 4[2023·清华大学附中开学考试]2022 年第 24 届冬季奥林匹克运动会在北京和张家口举行，跳台滑雪是其中最具观赏性的项目之一．如图为简化的跳台滑雪的雪道示意图，AO 为助滑道，OB 为着陆坡．运动员从助滑道上的 A 点由静止滑下，然后从 O 点沿水平方向飞出，最后在着陆坡上着陆．已知，A 点与 O 点的高度差为 $h=3.2\text{ m}$ ，着陆坡 OB 的倾角为 $\theta=37^\circ$ ，运动员及装备的总质量为 $m=50\text{ kg}$ ，重力加速度为 $g=10\text{ m/s}^2$ ．将运动员和滑雪板整体看作质点，不计一切摩擦和空气阻力($\sin 37^\circ=0.6$ ； $\cos 37^\circ=0.8$)．求：

- (1) 运动员经过 O 点时的速度大小 v ;
- (2) 运动员从飞出到着陆的时间 t ;
- (3) 运动员在坡上着陆时的速度大小 v_1 ;
- (4) 运动员在着陆前距斜坡的最大垂直距离 d .

考向 4 带电粒子在匀强电场中的类平抛运动

例 5[2023·重庆模拟预测]如图装置是由粒子加速器和平移器组成,平移器由两对水平放置、间距为 Δd 的相同平行金属板构成,极板间距离和板长均为 L .加速电压为 U_0 ,两对极板间偏转电压大小相等均为 U_0 ,电场方向相反.质量为 m ,电荷量为 $+q$ 的粒子无初速地进入加速电场,被加速器加速后,从平移器下板边缘水平进入平移器,最终从平移器上板边缘水平离开,不计重力.下列说法正确的是()



- A. 粒子离开加速器时速度 $v_0 = \sqrt{\frac{qU_0}{m}}$
- B. 粒子通过左侧平移器时, 竖直方向位移 $y_1 = \frac{L}{4}$
- C. Δd 与 $2L$ 相等
- D. 只增加加速电压, 粒子将不能从平移器离开

思维提升

求解平抛运动问题的技巧

- ①把运动分解为相互垂直方向上的匀速直线运动和匀加速直线运动,通过研究分运动达到研究合运动的目的.
- ②确定速度或位移与题目所给的角度之间的联系,这往往是解决问题的突破口.

提升训练

1. [2023·广东广州二模]潜艇从海水的高密度区驶入低密度区.浮力急剧减小的过程称为“掉深”.如图 a 所示,某潜艇在高密度区水平向右匀速航行, $t=0$ 时,该潜艇开始“掉深”,潜艇“掉深”后,其竖直方向的速度 v_y 随时间变化的图像如图 b 所示,水平速度 v_x 保持不变.若以水平向右为 x 轴,竖直向下为 y 轴,则潜艇“掉深”后的 $0\sim 30\text{ s}$ 内.能大致表示其运动轨迹的图形是()

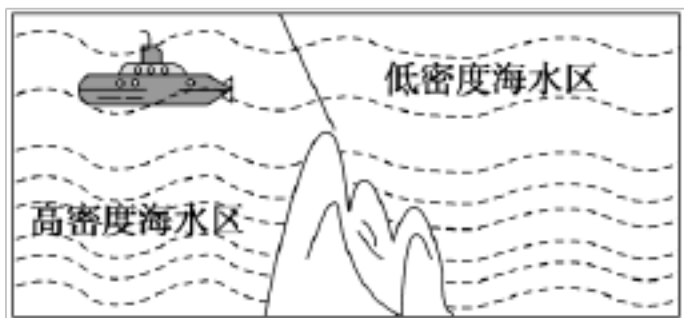


图 a

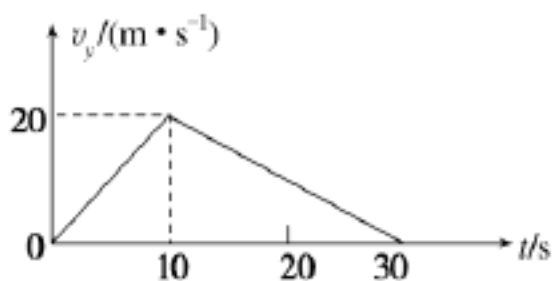
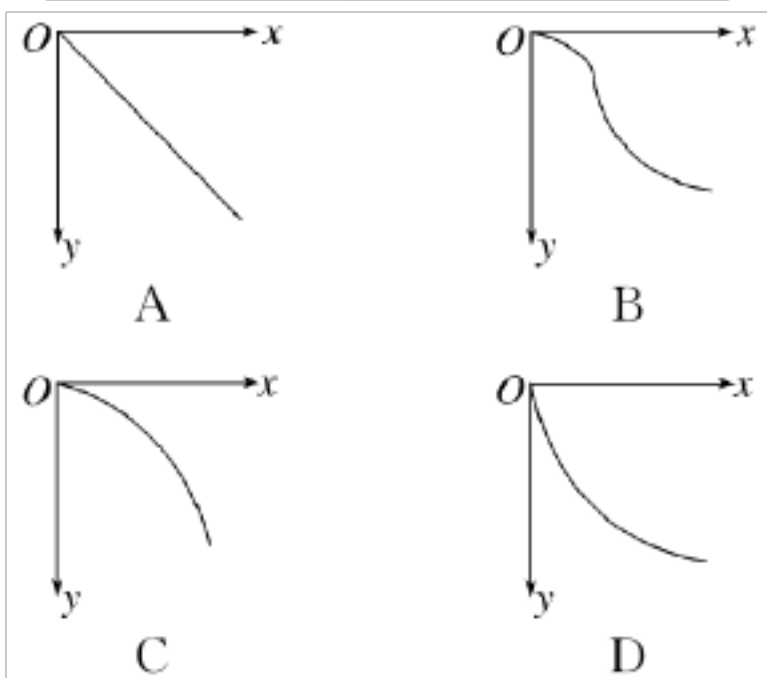
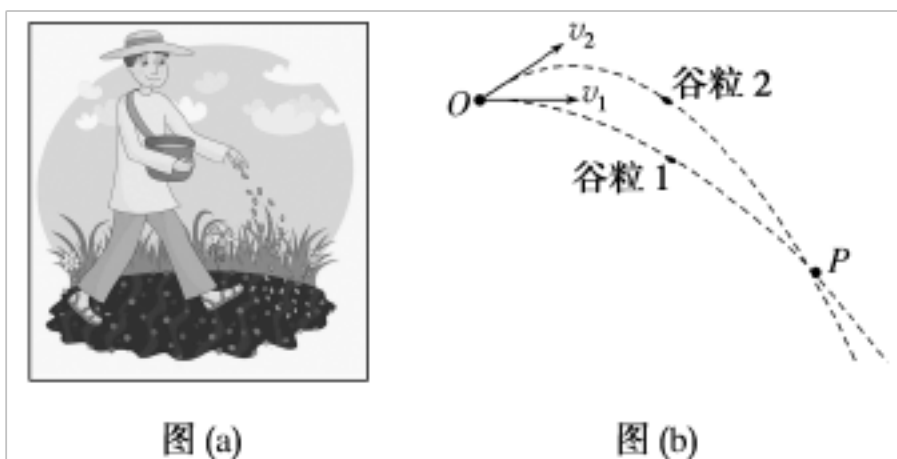


图 b

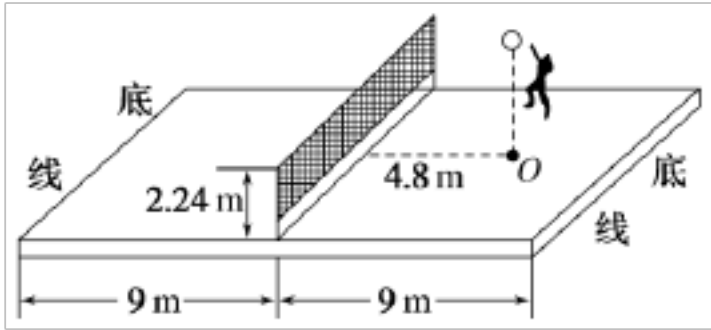


2. [2023 · 湖南卷]如图(a)，我国某些农村地区人们用手抛撒谷粒进行水稻播种．某次抛出的谷粒中有两颗的运动轨迹如图(b)所示，其轨迹在同一竖直平面内，抛出点均为 O ，且轨迹交于 P 点，抛出时谷粒 1 和谷粒 2 的初速度分别为 v_1 和 v_2 ，其中 v_1 方向水平， v_2 方向斜向上．忽略空气阻力，关于两谷粒在空中的运动，下列说法正确的是()



- A. 谷粒 1 的加速度小于谷粒 2 的加速度
- B. 谷粒 2 在最高点的速度小于 v_1
- C. 两谷粒从 O 到 P 的运动时间相等
- D. 两谷粒从 O 到 P 的平均速度相等

3. [2023 · 福建龙岩一中模拟]如图所示，排球比赛中，某队员在距网水平距离为 4.8 m ，距地面 3.2 m 高处(O 点正上方)将排球沿垂直网的方向以 16 m/s 的速度水平击出．已知网高 2.24 m ，排球场地长 18 m ，重力加速度 g 取 10 m/s^2 ，可将排球视为质点，下列判断正确的是()



- A. 球不能过网
- B. 球落在对方场地内
- C. 球落在对方场地底线上
- D. 球落在对方场地底线之外

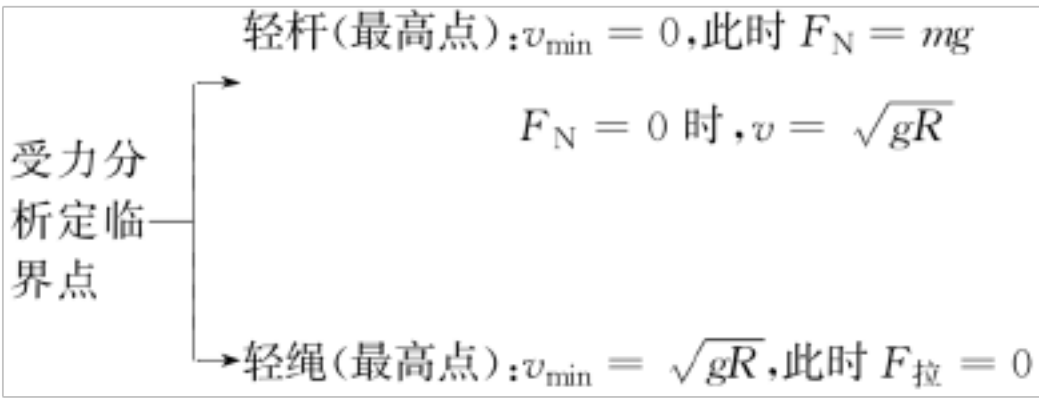
命题点二 圆周运动

1. 水平面内的圆周运动的“临界”分析

- (1) 绳的临界：张力 $F_T = 0$
- (2) 接触面滑动临界： $F = F_{fm}$
- (3) 接触面分离临界： $F_N = 0$

2. 竖直面内圆周运动分析步骤：

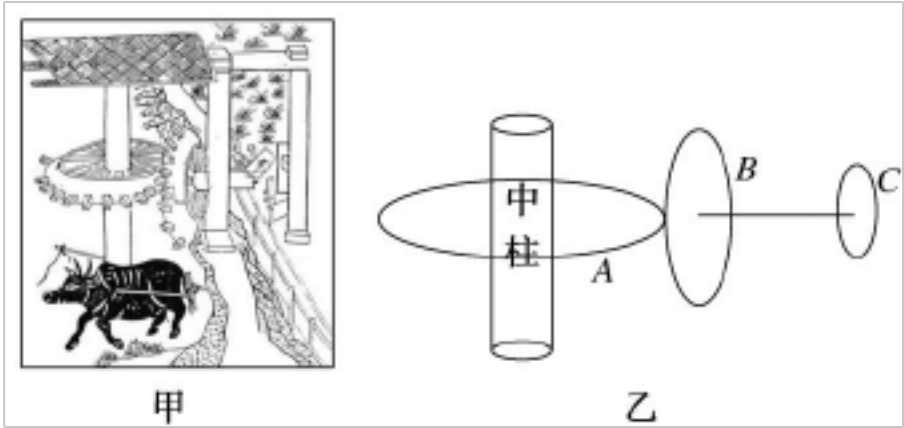
- (1) 定模型→判断是轻杆模型还是轻绳模型



- (2)
- (3) 过程分析→应用动能定理或机械能守恒定律将初、末状态联系起来列方程求解

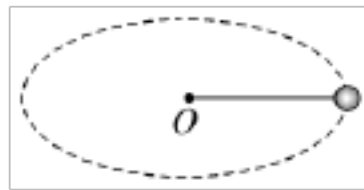
考向 1 描述圆周运动的物理量

例 1[2023·湖南衡阳考试]如图甲所示是古代用牛车灌溉时的场景，其简化图如图乙所示，已知 A、B、C 三个圆的半径分别为 r_A 、 r_B 、 r_C ，C 每转一圈能将 8 个相同竹筒中的水(质量均为 m)灌溉到农田中，已知牛每分钟牵引中柱转动 n 圈，则一个小时内该牛车对农田灌溉水的质量为()



- A. $\frac{480nr}{r_B} m$
- B. $\frac{60nr}{r_B^2} m$
- C. $\frac{60nr}{r_C} m$
- D. $\frac{480nr}{r_C} m$

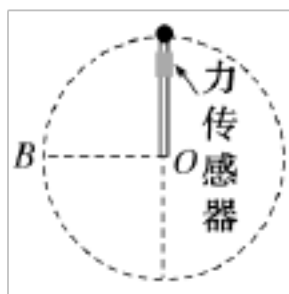
考向 2 水平面内的圆周运动问题



例 2[2023·北京卷]在太空实验室中可以利用匀速圆周运动测量小球质量。如图所示，不可伸长的轻绳一端固定于 O 点，另一端系一待测小球，使其绕 O 做匀速圆周运动，用力传感器测得绳上的拉力大小为 F ，用停表测得小球转过 n 圈所用的时间为 t ，用刻度尺测得 O 点到球心的距离为圆周运动的半径 R 。下列说法正确的是()

- A. 圆周运动轨道可处于任意平面内
- B. 小球的质量为 $\frac{FRt^2}{4\pi^2n^2}$
- C. 若误将 $n-1$ 圈记作 n 圈，则所得质量偏大
- D. 若测 R 时未计入小球半径，则所得质量偏小

考向 3 竖直面内的圆周运动问题

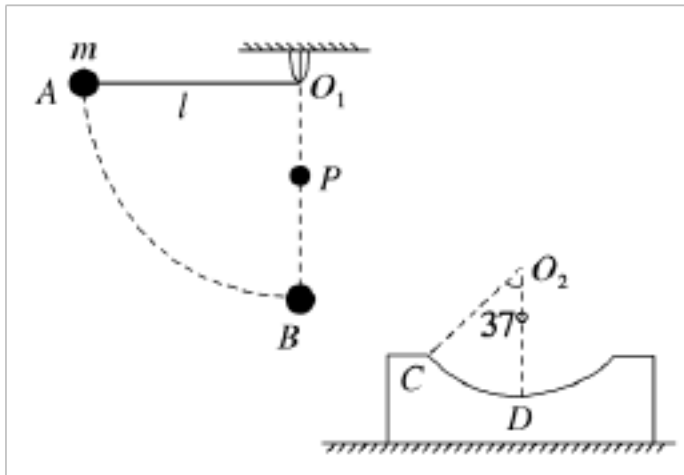


例 3 (多选)竖直面内的圆周运动是物理学里的经典模型之一，某同学通过如图实验来探究其相关规律：质量为 m 的小球固定在力传感器测量的一侧，传感器另一侧固定在一端。现给小球一初速度让其绕 O 点做圆周运动，小球到 O 点的距离为 L ，已知当力传感器受到球对其为压力时，读数为负数，为拉力时，读数为正数，重力加速度为 g 。则下列说法正确的是()

- A. 只有当小球通过圆周最高点的速度大于 0 时才能完成完整的圆周运动
- B. 若小球通过圆周最高点时速度为 $\sqrt{\frac{gL}{3}}$ ，则力传感器读数为 $-\frac{2}{3}mg$
- C. 小球在与圆心等高的 B 点下方运动的过程中，力传感器读数总是正值
- D. 若小球通过圆周最低点时速度为 $\sqrt{2gL}$ ，则力传感器读数为 mg

考向 4 平抛运动与圆周运动组合问题

例 4[2023·四川省凉山州试题]如图所示，长为 l 的轻质细线固定在 O_1 点，细线的下端系一质量为 m 的小球，固定点 O_1 的正下方 $0.5l$ 处的 P 点可以垂直于竖直平面插入一颗钉子。现将小球从细线处于水平状态由静止释放，此时钉子还未插入 P 点，在 B 点右下方水平地面上固定有一半径为 $R=\frac{5}{16}l$ 的光滑圆弧形槽，槽的圆心在 O_2 ，D 点为最低点，且 $\angle CO_2D=37^\circ$ ，重力加速度为 g ，不计空气阻力。(已知 $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$)求：



- (1) 小球运动到 B 点时的速度大小；
- (2) 如果钉子插入 P 点后，小球仍然从 A 点静止释放，到达 B 点时，绳子恰好被拉断，求绳子能承受的最大拉力；
- (3) 在第(2)问的情况下，小球恰好从槽的 C 点无碰撞地进入槽内，求整个过程中小球对槽的最大压力。

思维提升

解决平抛与圆周运动组合问题的“四个关键”

- (1) 运动阶段的划分，如例题中分成三个阶段(圆周→平抛→圆周)。
- (2) 运动阶段的衔接，尤其注意速度方向，如例题中，小球运动到 B 点的速度。
- (3) 两个运动阶段在时间和空间上的联系。
- (4) 对于平抛运动或类平抛运动与圆周运动组合的问题，应用合成与分解的思想分析，这两种运动转折点的速度是解题的关键。

提升训练

1. 在东北严寒的冬天，人们经常玩一项“泼水成冰”的游戏，具体操作是把一杯开水沿弧线均匀快速地泼向空中。图甲所示是某人玩“泼水成冰”游戏的瞬间，其示意图如图乙所示。若泼水过程中杯子的运动可看成匀速圆周运动，人的手臂伸直。在 0.5 s 内带动杯子旋转了 210° ，人的臂长约为 0.6 m。下列说法正确的是()

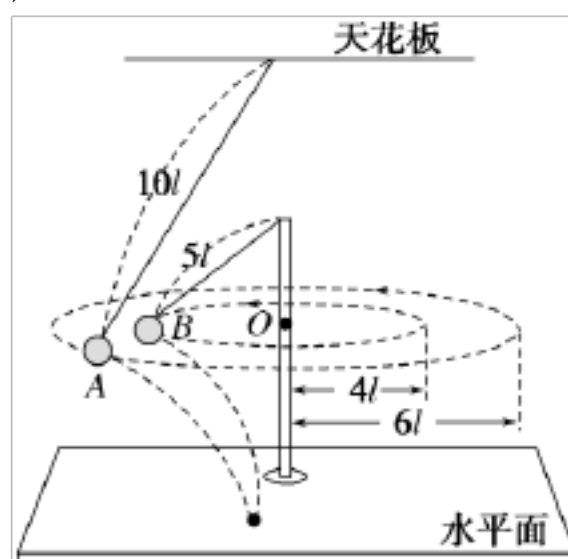


- A. 泼水时杯子的旋转方向为顺时针方向
- B. P 位置飞出的小水珠初速度沿 1 方向
- C. 杯子在旋转时的角速度大小为 $\frac{7\pi}{6}$ rad/s
- D. 杯子在旋转时的线速度大小约为 $\frac{7\pi}{5}$ m/s

2. [2023·全国甲卷]一质点做匀速圆周运动，若其所受合力的大小与轨道半径的 n 次方成正比，运动周期与轨道半径成反比，则 n 等于()

- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

3. 如图所示, 物体 A、B 用细线连接, 在同一高度做匀速圆周运动, 圆心均为点 O. 在某时刻, 细线同时断裂, 两物体做平抛运动, 同时落在水平面上的同一点. 连接 A、B 的细线长度分别为 $10l$ 、 $5l$, A、B 圆周运动的半径分别为 $6l$ 、 $4l$, 则 O 点到水平面的高度为 (忽略物体的大小和细线质量) ()



- A. $6l$ B. $10l$
C. $12l$ D. $15l$

命题点三 天体的运动

1. 两种卫星的特点

(1) 近地卫星: ①轨道半径等于地球半径; ②卫星所受万有引力等于重力 mg ; ③卫星向心加速度即为重力加速度.

(2) 同步卫星: ①同步卫星的周期等于地球的自转周期; ②所有地球同步卫星都在赤道正上空相同的高度上(六个“一定”).

2. 巧用“一模型、两思路”解答卫星运行参量问题

(1) 一种模型: 无论是自然天体(如地球、月亮)还是人造天体(如宇宙飞船、人造卫星)都可以看作质点, 围绕中心天体(视为静止)做匀速圆周运动.

(2) 两条思路

①万有引力提供向心力, 即 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2}{T^2}r = ma$.

②天体对其表面物体的万有引力近似等于重力, 即 $G\frac{Mm}{R^2} = mg$ 或 $gR^2 = GM$ (R 、 g 分别是天体的半径、表面重力加速度)(黄金代换).

3. 卫星变轨和能量问题

(1) 点火加速, v 突然增大, $G\frac{Mm}{r^2} < m\frac{v^2}{r}$, 卫星将做离心运动.

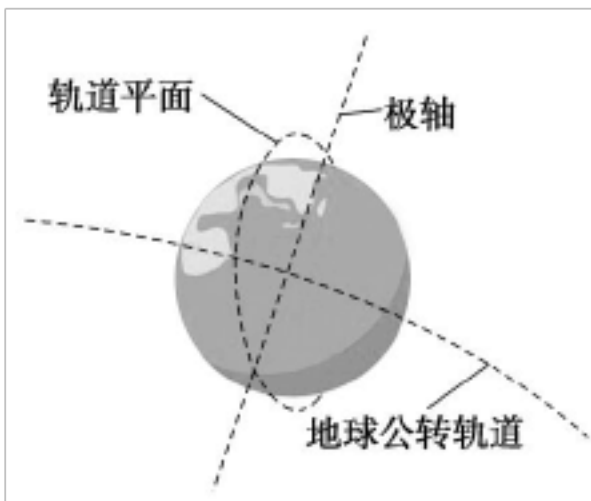
(2) 点火减速, v 突然减小, $G\frac{Mm}{r^2} > m\frac{v^2}{r}$, 卫星将做近心运动.

(3) 同一卫星在不同轨道上运行时机械能不同, 轨道半径越大, 机械能越大.

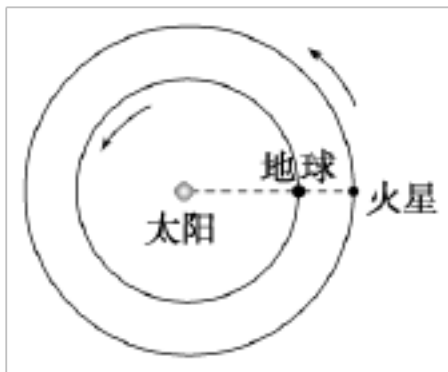
(4) 卫星经过不同轨道相切的同一点时加速度相等, 在切点处, 外轨道的速度大于内轨道的速度.

考向 1 卫星运动的特点

例 1[2023·北京卷]2022 年 10 月 9 日,我国综合性太阳探测卫星“夸父一号”成功发射,实现了对太阳探测的跨越式突破.“夸父一号”卫星绕地球做匀速圆周运动,距地面高度约为 720 km,运行一圈所用时间约为 100 分钟.如图所示,为了随时跟踪和观测太阳的活动,“夸父一号”在随地球绕太阳公转的过程中,需要其轨道平面始终与太阳保持固定的取向,使太阳光能照射到“夸父一号”,下列说法正确的是()



- A. “夸父一号”的运行轨道平面平均每天转动的角度约为 1°
- B. “夸父一号”绕地球做圆周运动的速度大于 7.9 km/s
- C. “夸父一号”绕地球做圆周运动的向心加速度大于地球表面的重力加速度
- D. 由题干信息,根据开普勒第三定律,可求出日地间平均距离

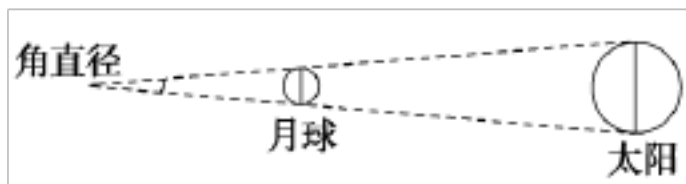


例 2[2023·湖北卷]2022 年 12 月 8 日,地球恰好运行到火星和太阳之间,且三者几乎排成一条直线,此现象被称为“火星冲日”.火星和地球几乎在同一平面内沿同一方向绕太阳做圆周运动,火星与地球的公转轨道半径之比约为 3:2,如图所示.根据以上信息可以得出()

- A. 火星与地球绕太阳运动的周期之比约为 27:8
- B. 当火星与地球相距最远时,两者的相对速度最大
- C. 火星与地球表面的自由落体加速度大小之比约为 9:4
- D. 下一次“火星冲日”将出现在 2023 年 12 月 8 日之前

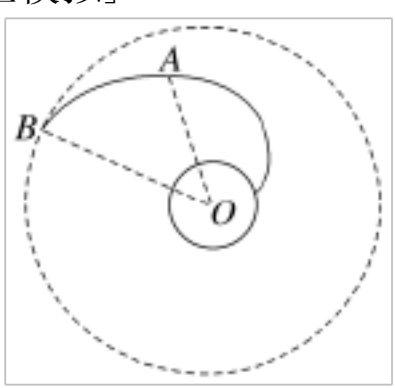
考向 2 天体密度、质量的估算

例 3[2023·辽宁卷]在地球上观察,月球和太阳的角直径(直径对应的张角)近似相等,如图所示.若月球绕地球运动的周期为 T_1 ,地球绕太阳运动的周期为 T_2 ,地球半径是月球半径的 k 倍,则地球与太阳的平均密度之比约为()



- A. $k^3 \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$ B. $k^3 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$
- C. $\frac{1}{k^3} \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2$ D. $\frac{1}{k^3} \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$

考向 3 卫星变轨和空间站对接问题
 例 4[2023·四川省宜宾市叙州区模拟]

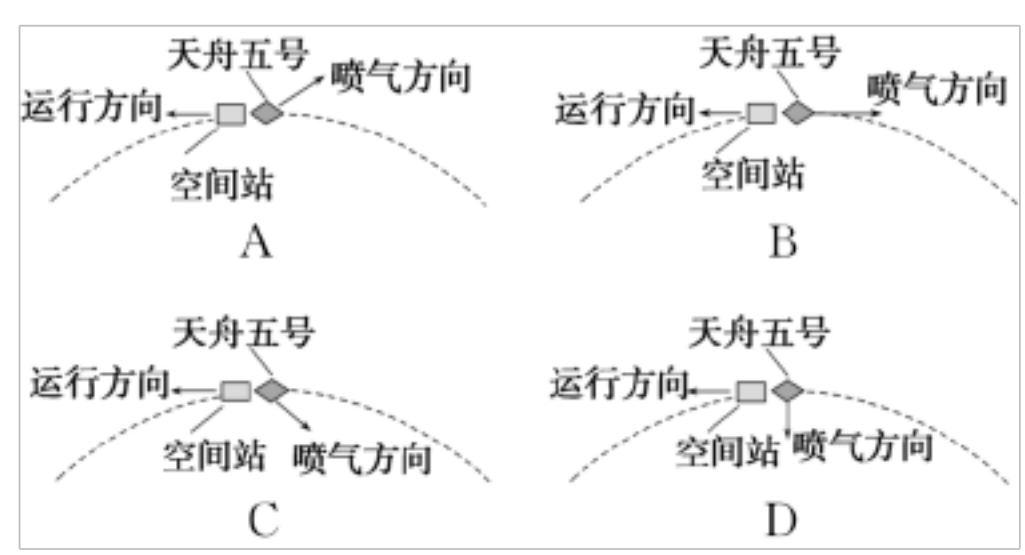


2022 年 11 月 30 日，神舟十五号载人飞船与天和核心舱完成对接，如图为对接过程的示意图。天和核心舱做圆周运动的轨道半径为 R ，运动周期为 T ，神舟十五号飞船在火箭助推下由地表加速至 A 点，在此处神舟十五号飞船与火箭分离，分离后神舟十五号飞船在万有引力作用下沿椭圆轨道运动至 B 点与天和核心舱对接，椭圆轨道 AB 在 B 点与天和核心舱轨道相切， B 点为椭圆轨道 AB 的远地点，已知引力常量为 G 。下列说法正确的是()

- A. A 点到地心的距离小于 B 点到地心的距离，飞船在 A 点的速率小于在 B 点的速率
- B. 飞船沿椭圆轨道 AB 运行的周期小于 T
- C. 飞船在整个运动过程中，机械能不断增大
- D. 飞船运动至 B 点时其速率大于天和核心舱的速率

提升训练

1. [2023·大连葫芦岛一模]2022 年 11 月 12 日 10 时 03 分，天舟五号与空间站天和核心舱成功对接，此次发射任务从点火发射到完成交会对接，全程仅用 2 个小时，创世界最快交会对接纪录，标志着我国航天交会对接技术取得了新突破。在交会对接的最后阶段，天舟五号与空间站处于同一轨道上，同向运动，两者的运行轨道均视为圆周。要使天舟五号在同一轨道上追上空间站实现“交会对接”，天舟五号喷射燃气的方向可能正确的是()



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/907155065001010010>