

目 录

倒计时 20 天

► 运动学规律应用.....3

以轨迹与受力图为基，考直线、曲线、圆周运动规律及特征。

倒计时 19 天

► 共点力的平衡和牛顿动力学问题.....28

以生产生活为场景，考共点力平衡动静态平衡、牛顿定律在动力学问题中的应用。

倒计时 18 天

► 万有引力与航天.....47

以我国在航天领域的成就，考天体质量密度估算、卫星变轨等考点

倒计时 17 天

► 功率和功能关系.....62

以生产生活为场景，考典型模型中动能定理、机械能守恒定律和功能关系的综合应用。

倒计时 16 天

► 动量定理和动量守恒定律.....80

在碰撞、爆炸、反冲等模型中，考动量定理和动量守恒定律的应用。

运动学规律应用

考情透视--把脉命题 直击重点

►命题解码：

运动学是高中物理的“地基”模块，在高考中属于高频必考区。

①直线运动可单独考查，也可与其他知识综合——若在选择题中出现，重点考查基本概念且常与图像结合；在计算题中常作为第一个小题，形式为单体多过程问题或追及相遇问题。

②抛体运动重点考查特点、规律及处理方法，命题多与生活、体育、军事等实际情境相联系。

③圆周运动命题多集中在规律应用及与生活、生产的联系，常涉及临界和极值状态求解；竖直平面内的圆周运动常与平抛运动相结合，综合能量知识命题。近 5 年考情统计显示，抛体运动、圆周运动考查频繁。

►高考前沿：

2026 年运动学命题将进一步强化情境融入——平抛运动可能结合体育竞技（如投篮、跳远）、军事打击、航天器着陆等真实场景；圆周运动将结合道路弯道设计、游乐设施、离心机等工程实践。特别值得关注的是“数学物理结合”趋势，如平抛运动与几何边界结合求面积、极值，需熟练运用圆的几何性质和三角函数。同时，运动学与功能关系、动量的综合应用（如平抛+圆周+动能定理的链条题）将成为中档计算题的常见模式。

核心模型--模型架构，精准剖析

【模型一】匀变速直线运动

1.四个常用基本公式

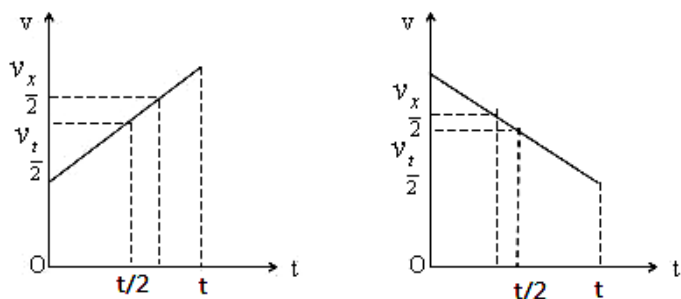
题目涉及的物理量	没有涉及的物理量	适宜选用公式
v_0, v, a, t	x	$v = v_0 + at$
v_0, a, t, x	v	$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$
v_0, v, a, x	t	$v^2 - v_0^2 = 2ax$
v_0, v, t, x	a	$x = \frac{v + v_0}{2}t$

2.匀变速直线运动三个推论公式：

(1)一段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度，即： $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}}$

(2)中间位置速度: $v_{\frac{x}{2}} = \sqrt{\frac{v_0^2 + v^2}{2}}$

(3)匀变速直线运动中间时刻的速度与中间位置速度的大小关系:



①在匀变速直线运动, 不管匀加速直线运动和匀减速直线运动, 中间位置速度一定大于中间时刻速度。

②注意: 在匀速直线运动, 中间位置速度等于中间时刻速度。

(3)连续两个相等时间(T)内的位移之差是一个恒量, 即: $\Delta x = x_{n+1} - x_n = aT^2$;

不连续两个相等时间(T)内的位移之差的关系: $x_m - x_n = (m - n)aT^2$

3.初速度为零的匀加速直线运动的比例关系

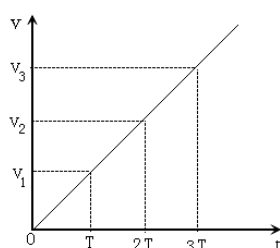
等分时间:

(1)1*T*末、2*T*末、3*T*末、.....瞬时速度的比为: $v_1:v_2:v_3:\dots:v_n=1: 2: 3: \dots: n$;

(2)1*T*内、2*T*内、3*T*内.....位移的比为: $x_1:x_2:x_3:\dots:x_n=1^2: 2^2: 3^2: \dots: n^2$;

(3)第一个*T*内、第二个*T*内、第三个*T*内.....位移的比为: $x_I:x_{II}:x_{III}:\dots:x_n=1:3:5: \dots: (2n-1)$ 。

注意: 可以利用 v - t 图像, 利用三角形面积比和相似比的关系加以推导



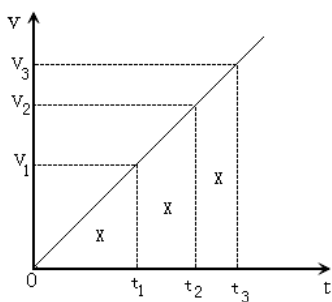
等分位移:

(1)通过 1*x* 末、2*x* 末、3*x* 末.....的瞬时速度之比为: $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots:\sqrt{n}$;

(2)通过 1*x*、2*x*、3*x*.....所用时间之比为: $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots:\sqrt{n}$;

(3)通过第一个 1*x*、第二个 *x*、第三个 *x*.....所用时间之比为: $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\dots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$ 。

注意: 可以利用 v - t 图像, 利用三角形面积比和相似比的关系加以推导



4.自由落体运动的基本规律

(1)从静止开始的，只受重力作用的匀加速直线运动。

(2)基本公式： $v = gt$; $h = \frac{1}{2}gt^2$; $v^2 = 2gh$

(3)推论比例公式：匀变速直线运动的推论公式和初速度为零的匀加速直线运动的比例关系都适用。

5.竖直上抛运动的规律

(1)研究竖直上抛运动的两种方法：

分段法：将全程分为两个阶段，即上升过程的匀减速阶段和下落过程的自由落体阶段。

全程法：将全过程视为初速度为 v_0 ，加速度 $a = -g$ 的匀变速直线运动。

①速度时间关系： $v = v_0 - gt$ ；

②位移时间关系： $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ ；

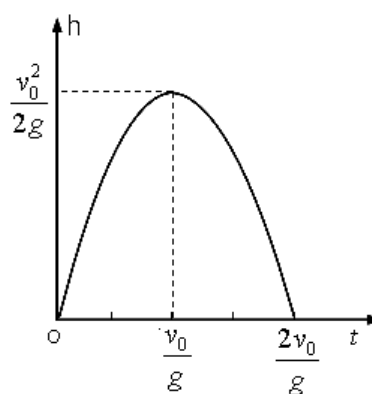
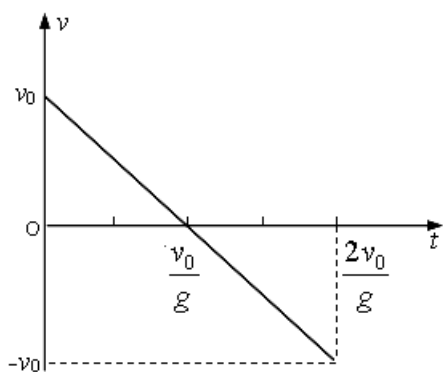
③速度位移关系： $v^2 - v_0^2 = -2gh$ 。

④符号法则：

1) $v > 0$ 时，物体上升； $v < 0$ 时，物体下降；2) $h > 0$ 时，物体在抛出点上方； $h < 0$ 时，物体在抛出点下方。

两个重要结论：①最大高度： $h_m = \frac{v_0^2}{2g}$ ；②到达最高点的时间： $t = \frac{v_0}{g}$

(2)竖直上抛运动的图像



$v-t$ 图像

$h-t$ 图像

(3) 竖直上抛运动的对称性

时间对称	物体上升到最高点所用时间与物体从最高点落回到原抛出点所用时间相等
	物体在上升过程中经过某两点之间所用的时间与下降过程中经过该两点之间所用的时间相等
速度对称	物体上抛时的初速度与物体又落回原抛出点时的速度大小相等、方向相反
	物体在上升阶段和下降阶段经过同一个位置时的速度大小相等、方向相反
能量对称	竖直上抛运动物体在上升和下降过程中经过同一位置时的动能、重力势能及机械能分别相等

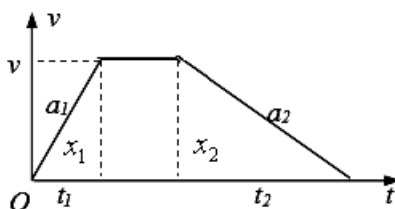
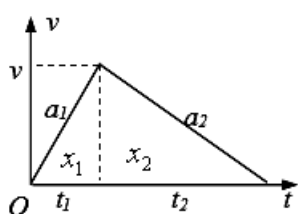
6. 多过程问题

(1) 多过程问题的处理方法和技巧:

- ① 充分借助 $v-t$ 图像, 从图像中可以反映出物体运动过程经历的不同阶段, 可获得的重要信息有加速度(斜率)、位移(面积)和速度;
- ② 不同过程之间的衔接的关键物理量是不同过程之间的衔接速度;
- ③ 用好匀变速直线运动的三个基本公式和平均速度公式: $v=v_0+at$; $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$; $v^2-v_0^2=2ax$; $x=\frac{v+v_0}{2}t$ 。

(2) 两种常见的多过程模型

① 多过程 $v-t$ 图像“上凸”模型



【特点】

全程初末速度为零, 匀加速直线运动过程和匀减速过程平均速度相等。

【三个比例关系】

1) 由速度公式: $v=a_1t_1$; $v=a_2t_2$ (逆向看作匀加速直线运动) 得: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{t_1}{t_2}$;

2) 由速度位移公式: $v^2=2a_1x_1$; $v^2=2a_2x_2$ (逆向看作匀加速直线运动) 得: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{x_1}{x_2}$;

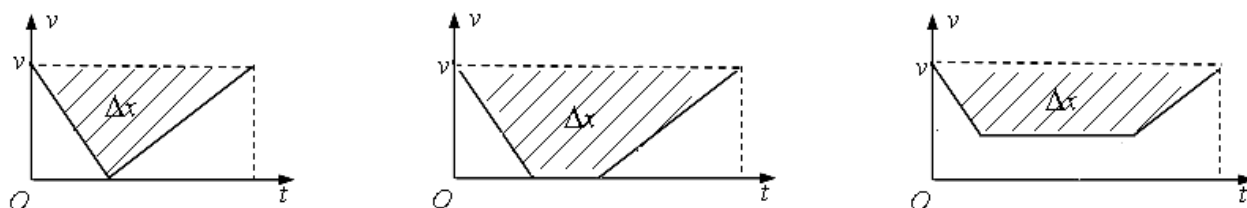
3) 由平均速度位移公式: $x_1 = \frac{vt_1}{2}$; $x_2 = \frac{vt_2}{2}$ 得: $\frac{t_1}{t_2} = \frac{x_1}{x_2}$ 。

【衔接速度和图线所围面积】

① 衔接速度是两个不同过程联系的关键, 它可能是一个过程的末速度, 另外一个过程的初速度。

② 图线与 t 轴所围面积, 可能是某个过程的位移, 也可能是全过程的位移。

② 多过程 $v-t$ 图像“下凹”模型

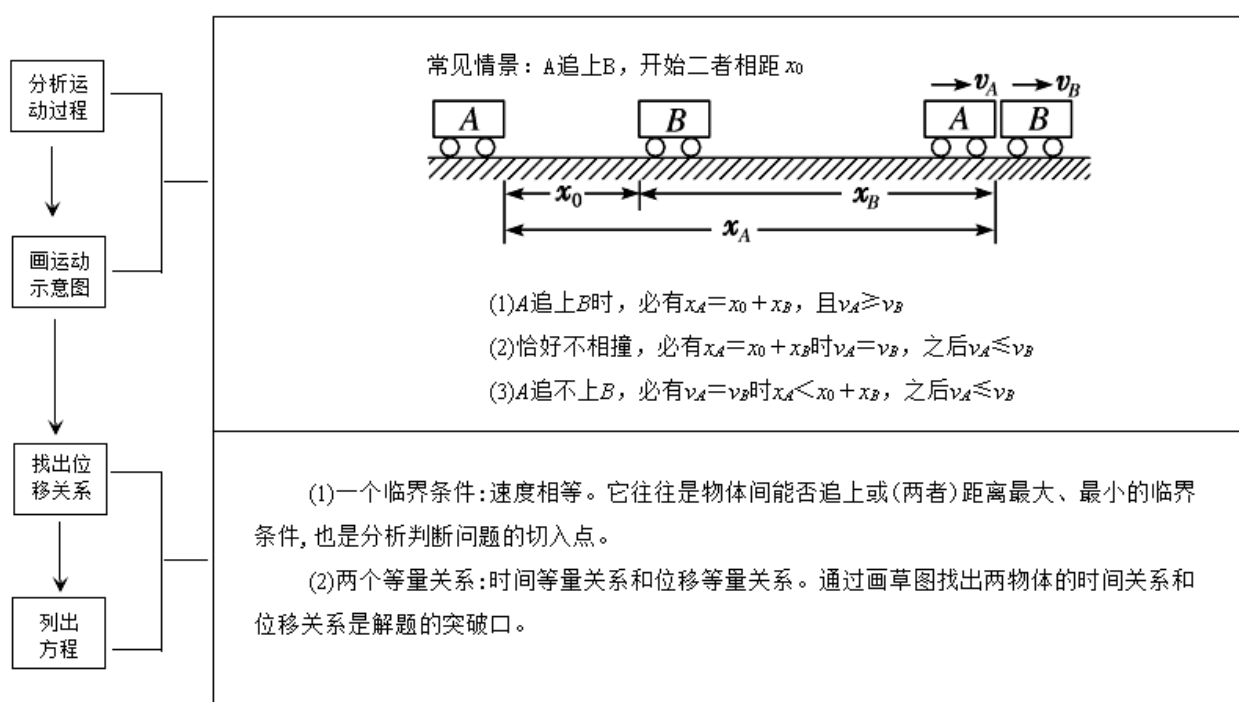


【案例】车过 ETC 通道耽搁时间问题:

耽搁的距离: 阴影面积表示的位移 Δx ; 耽搁的时间: $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$

7. 追及相遇问题

(1) 情景分析法解题思路



(2) 图像分析法的解题思路

图像分析法是指将两个物体的运动图像画在同一坐标系中, 然后根据图像分析求解相关问题。

① 若用位移图像求解, 分别作出两个物体的位移图像, 如果两个物体的位移图像相交, 则说明两物体

相遇。

②若用速度图像求解，则注意比较速度图线与时间轴包围的面积。

[注意] $x-t$ 图像的交点表示两物体相遇，而 $v-t$ 图像的交点只表示两物体此时速度相等。

(3) 函数判断法的解题技巧

设两物体在 t 时刻相遇，然后根据位移关系列出关于 t 的方程 $x_A = x_B + x_0$

①若 $\Delta > 0$ 有两解，说明两物体相遇两次；

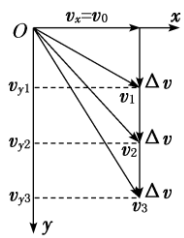
②若 $\Delta = 0$ 有一解，说明两物体相遇一次；

③若 $\Delta < 0$ 无解，说明两物体不能相遇。

【模型二】抛体运动

一、平抛运动的基本规律与推论

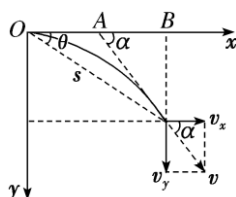
1. 四个基本规律

飞行时间	由 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ 知，时间取决于下落高度 h ，与初速度 v_0 无关
水平射程	$x = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$ ，即水平射程由初速度 v_0 和下落高度 h 共同决定，与其他因素无关
落地速度	$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$ ，落地速度也只与初速度 v_0 和下落高度 h 有关
速度改变量	 <p>任意相等时间间隔 Δt 内的速度改变量 $\Delta v = g\Delta t$ 相同，方向恒为竖直向下，如图所示</p>

2. 两个重要推论

(1) 做平抛(或类平抛)运动的物体在任意时刻任一位置处，设其速度方向与水平方向的夹角为 α ，位移方向与水平方向的夹角为 θ ，则 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$ 。

(2) 做平抛(或类平抛)运动的物体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，如图中 A 点为 OB 的中点。



二、类平抛运动

1.类平抛运动的受力特点:

物体所受的合外力为恒力,且与初速度的方向垂直。

2.类平抛运动的运动特点:

在初速度 v_0 方向上做匀速直线运动,在合外力方向上做初速度为零的匀加速直线运动,加速度 $a = \frac{F_{\text{合}}}{m}$ 。

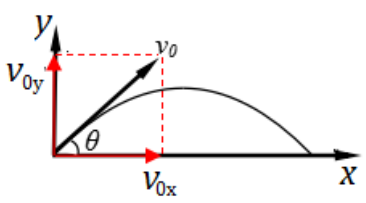
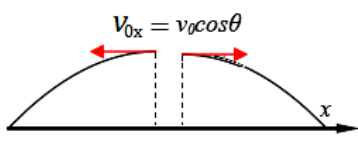
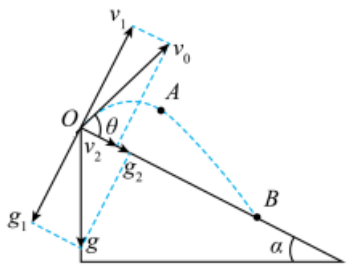
3.类平抛运动的求解方法:

(1)常规分解法:将类平抛运动分解为沿初速度方向的匀速直线运动和垂直于初速度方向(即沿合外力的方向)的匀加速直线运动。两分运动彼此独立,互不影响,且与合运动具有等时性。

(2)特殊分解法:对于有些问题,可以过抛出点建立适当的直角坐标系,将加速度 a 分解为 a_x 、 a_y ,初速度 v_0 分解为 v_x 、 v_y ,然后分别在 x 、 y 方向列方程求解。

三、斜抛运动

1.斜抛运动的三种处理方式

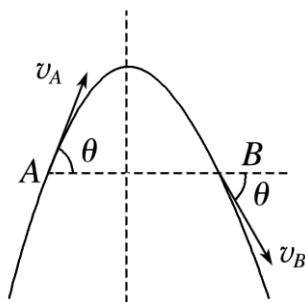
			
处理方法	水平竖直正交分解 化曲为直	最高点一分为二变平抛运动 逆向处理	将初速度和重力加速度 沿斜面和垂直斜面分解
基本规律	水平速度: $v_x = v_0 \cos \theta$ $x = v_0 \cos \theta \cdot t$ 竖直速度: $v_y = v_0 \sin \theta - gt$ $y = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2}gt^2$ 最高点: $h_m = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g}$	最高点: 速度水平 $v_{0x} = v_0 \cos \theta$	垂直斜面: $g_1 = g \cos \alpha$ $v_1 = v_0 \cos \theta - g_1 \cdot t$ $y = v_0 \cos \theta t - \frac{1}{2}g_1 t^2$ 沿着斜面: $g_2 = g \sin \alpha$ $v_2 = v_0 \sin \theta + g_2 \cdot t$ $x = v_0 \sin \theta t + \frac{1}{2}g_2 t^2$ 最高点: $h_m = \frac{(v_0 \sin \theta)^2}{2g_1}$

2.斜抛运动的对称性

(1) 速度对称：轨迹上关于过轨迹最高点的竖直线对称的两点速度大小相等，水平方向速度相同，竖直方向速度等大反向。

(2) 时间对称：关于过轨迹最高点的竖直线对称的曲线上升时间等于下降时间，这是由竖直上抛运动的对称性决定的。

(3) 轨迹对称：其运动轨迹关于过最高点的竖直线对称。



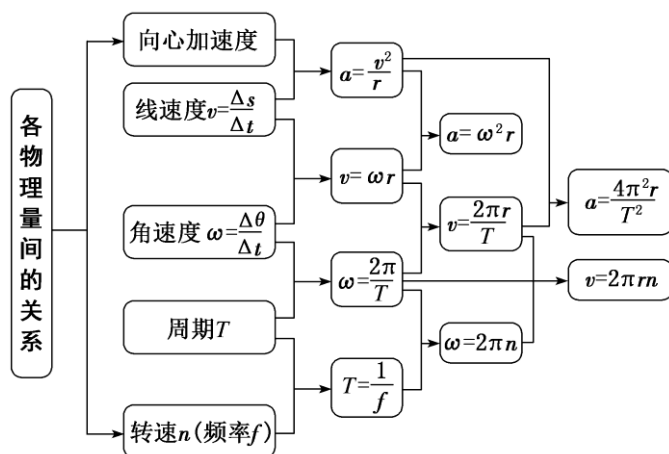
3.最大水平射程：

因为 $x = v_0 \cos \theta \cdot t = v_0 \cos \theta \cdot \frac{2v_0 \sin \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ ，所以当 $\theta=45^\circ$ 时 x 最大，最大水平射程： $x_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$

【模型三】圆周运动

一、圆周运动基本物理量

1. 匀速圆周运动各物理量间的关系

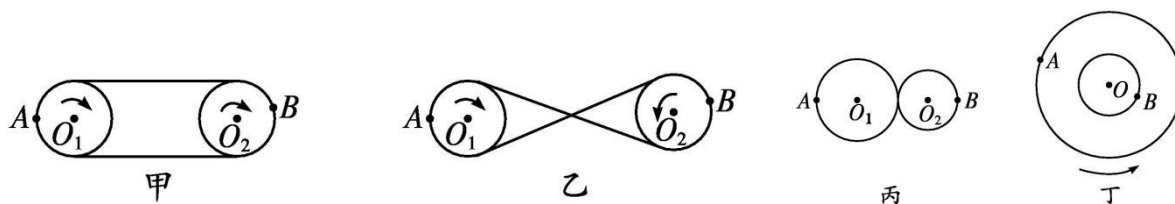


2. 三种传动方式及特点

(1) 皮带传动（甲乙）：皮带与两轮之间无相对滑动时，两轮边缘线速度大小相等。

(2) 齿轮传动（丙）：两轮边缘接触，接触点无打滑现象时，两轮边缘线速度大小相等。

(3) 同轴传动（丁）：两轮固定在同一转轴上转动时，两轮转动的角速度大小相等。



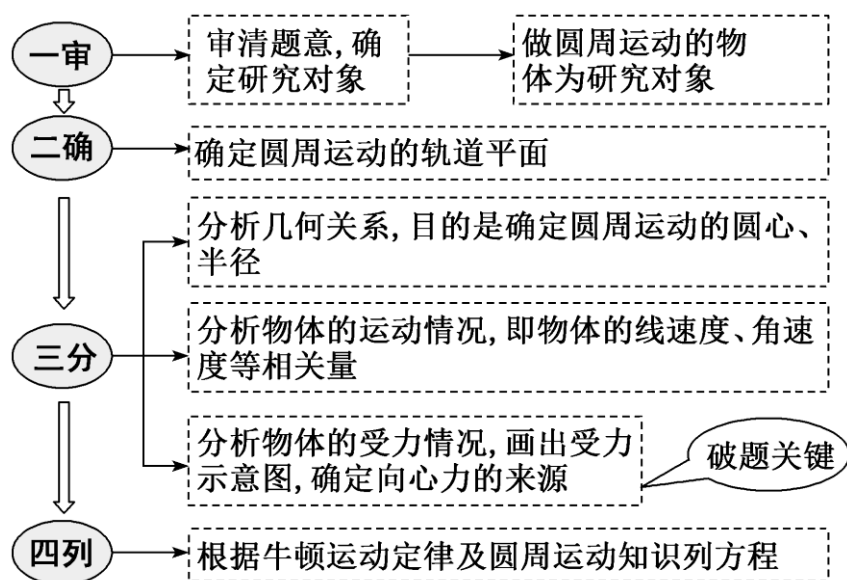
3.向心力:

(1) 来源: 向心力是按力的作用效果命名的, 可以是重力、弹力、摩擦力等各种力, 也可以是几个力的合力或某个力的分力, 在受力分析中要避免再另外添加一个向心力。

(2) 公式: $F_n = ma_n = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = mr \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} = mr \cdot 4\pi^2 f^2 = m\omega v$ 。

二、水平面内的圆周运动 (圆锥摆、圆筒、转弯模型)

1. 圆周运动动力学分析过程:



2. 基础运动模型

运动模型			
圆锥摆模型			

圆锥筒、圆碗和圆筒模型			
转弯模型			

易错避坑--易错陷阱 精准避坑

【易错一】匀减速陷阱：

- 易错点：刹车问题中，物体在速度减为零后不会反向；
- 闭坑策略：先计算停止时间，再分段处理，不可盲目套用公式。

【易错二】追及临界判断

- 易错点：未挖掘“速度相等”这一隐含条件；
- 闭坑策略：速度相等是相距极值的必要条件，画出 $v-t$ 图辅助分析。

【易错三】平抛落地时间

- 易错点：误认为水平初速度影响落地时间；
- 闭坑策略：平抛落地时间只由竖直高度决定。

【易错四】圆周向心力来源

- 易错点：在非水平面内漏掉重力的分力；
- 闭坑策略：受力分析到圆心方向，明确哪些力提供向心力。

【易错五】竖直圆周最高点条件

- 易错点：杆模型误以为速度可以为 \sqrt{gL} ；
- 闭坑策略：绳模型为速度可以为 \sqrt{gL} ，杆模型为速度可以为 0。

高频考点--高频要点 重点攻克

【考点一】直线运动中的图像问题

1. $v-t$ 图像

物理意义	表示物体速度随时间变化的规律	
识	线	直线表示匀变速直线运动或者匀速直线运动；曲线表示非匀变速直线运动

图 五 要 素	斜	(切线) 直线斜率表示物体(瞬时) <u>加速度</u> ; 上倾为 <u>正</u> , 下斜为 <u>负</u> ; 陡缓示大小
	面	阴影部分的面积表示物体某段时间内发生的位移; t 轴上为 <u>正</u> , t 轴下为 <u>负</u>
	点	两图线交点, 说明两物体此时刻速度相等
	截	纵截距表示物体初速度

2.x-t 图像

物理意义		表示物体位置随时间变化的规律, 不是物体运动的轨迹
识 图 五 要 素	线	直线表示物体做匀速直线运动或物体静止; 抛物线表示物体做匀变速直线运动
	斜	(切线、割线) 直线斜率表示物体(瞬时、平均) <u>速度</u> ; 上倾为 <u>正</u> , 下斜为 <u>负</u> ; 陡缓示大小
	面	图线与坐标轴所围图形面积无意义
	点	两图线交点, 说明两物体此时刻 <u>相遇</u>
	截	纵截距表示开始计时物体位置

3.x/t-t 图像

物理意义		表示物体 x/t 这一物理量随时间变化的规律
识 图 五 要 素	线	倾斜直线表示物体做匀变速直线运动; 平行于 t 轴的直线表示物体做匀速直线运动
	斜	倾斜直线斜率 $k = \frac{1}{2}a$; 上倾为 <u>正</u> , 下斜为 <u>负</u> ; 陡缓示大小
	面	图线与坐标轴所围图形面积 <u>不都</u> 表示物体某段时间发生的位移
	点	两图线交点, 说明两物体此时刻 <u>相遇</u>
	截	纵截距表示物体初速度

4.v²-x 和 x-v² 图像

物理意义		表示物体 v^2 随位移变化的规律
识	线	倾斜直线表示物体做匀变速直线运动

图五要素	斜	v^2-x 图线斜率 $k=2a$; $x-v^2$ 图线斜率 $k=\frac{1}{2a}$; 上倾为 <u>正</u> , 下斜为 <u>负</u> ; 陡缓示大小
	面	图线与坐标轴所围图形面积无意义
	点	两图线交点, 表示某一位置的速度平方值相同
	截	在 v^2-x 图线中纵截距表示物体初速度平方; 在 $x-v^2$ 图线中横截距表示物体的初速度平方

5. $v-x$ 和 $x-v$ 图像

物理意义		表示物体速度随位移变化的规律
识图五要素	线	曲线为抛物线表示物体做匀变速直线运动
	斜	$v-x$ 图线斜率 $k=a\frac{1}{v}$; $x-v$ 图线斜率 $k=v\frac{1}{a}$; 上倾为 <u>正</u> , 下斜为 <u>负</u>
	面	图线与坐标轴所围图形面积无意义
	点	两图线交点, 表示某一位置的速度相同
	截	在 $v-x$ 图线中纵截距表示物体初速度; 在 $x-v$ 图线中横截距表示物体的初速度

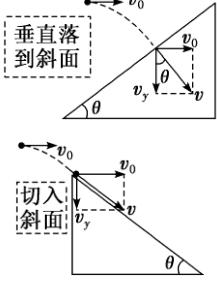
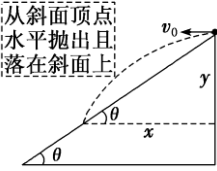
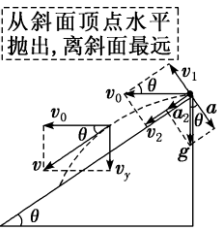
6. $a-t$ 图像

物理意义		表示物体加速度随时间变化的规律
识图五要素	线	倾斜直线表示 a 均匀变化; 平行与 t 轴直线表示 a 恒定; 曲线表示 a 非均匀变化; a 方向: t 上为正, t 下为负
	斜	斜率表示物体 <u>加速度变化率</u> , 即加速度变化的快慢
	面	图线与坐标轴所围图形面积表示物体某段时间内 <u>速度变化量</u> ; t 上为正, t 下为负
	点	两图线交点, 说明两物体此刻加速度相等
	截	纵截距表示物体初加速度

【考点二】平抛体运动与斜面结合的问题

1. 与斜面相关的几种的平抛运动

图示	方法	基本规律	运动时间
----	----	------	------

	分解速度，构建速度的矢量三角形	水平 $v_x = v_0$ 竖直 $v_y = gt$ 合速度 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$	由 $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$ 得 $t = \frac{v_0}{g \tan \theta}$
	分解位移，构建位移的矢量三角形	水平 $x = v_0 t$ 竖直 $y = \frac{1}{2} g t^2$ 合位移 $x_{\text{合}} = \sqrt{x^2 + y^2}$	由 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{gt}{2v_0}$ 得 $t = \frac{2v_0 \tan \theta}{g}$
	在运动起点同时分解 v_0 、 g	由 $0 = v_1 - a_1 t, 0 - v_2^2 = -2a_2 d$ 得 $t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}, d = \frac{v_0^2 \sin \theta \tan \theta}{2g}$	
	分解平行于斜面的速度 v	由 $v_y = gt$ 得 $t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}$	

2. 与斜面相关平抛运动的处理方法

(1) 分解速度

平抛运动可以分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动,设平抛运动的初速度为 v_0 ,在空中运动时间为 t ,则平抛运动在水平方向的速度为 $v_x = v_0$,在竖直方向的速度为 $v_y = gt$,合速度为 $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$,合速度与水平方向的夹角满足 $\tan \theta = \frac{v_y}{v_x}$ 。

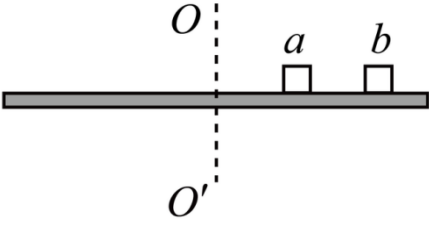
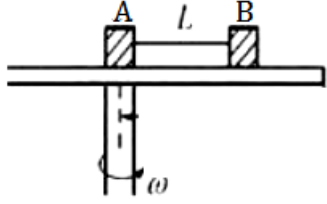
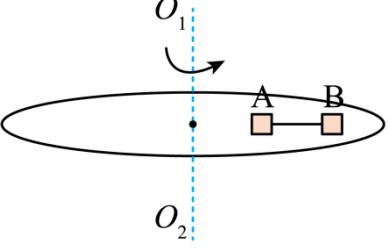
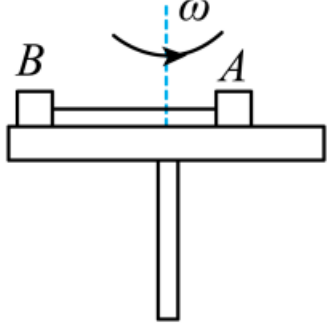
(2) 分解位移

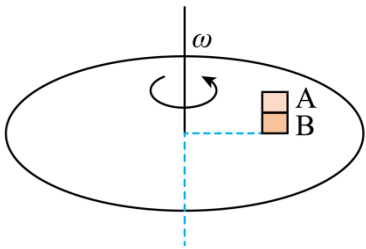
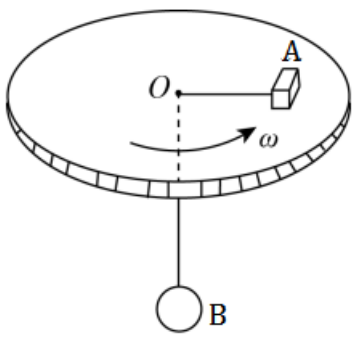
平抛运动在水平方向的位移为 $x = v_0 t$,在竖直方向的位移为 $y = \frac{1}{2} g t^2$,对抛出点的位移(合位移)为 $s = \sqrt{x^2 + y^2}$,合位移与水平方向夹角满足 $\tan \varphi = \frac{y}{x}$ 。

(3) 分解加速度

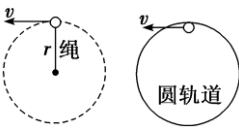
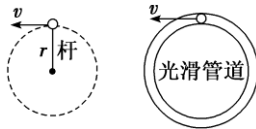
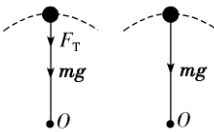
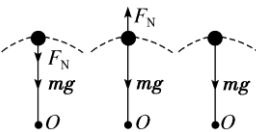
平抛运动也不是一定要分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动,在有些问题中,过抛出点建立适当的直角坐标系,把重力加速度 g 正交分解为 g_x 、 g_y ,把初速度 v_0 正交分解为 v_x 、 v_y ,然后分别在 x 、 y 方向列方程求解,可以简化解题过程,化难为易。

【考点三】水平面内圆盘的临界问题

	<p>① 口诀：“谁远谁先飞”；</p> <p>② a 或 b 发生相对圆盘滑动的各自临界角速度：</p> $f_m = \mu mg = m\omega^2 r; \quad \omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$
	<p>① 口诀：“谁远谁先飞”；</p> <p>② 轻绳出现拉力，先达到 B 的临界角速度： $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{r_B}}$ ；</p> <p>③ AB 一起相对圆盘滑动时，临界条件：</p> <p>隔离 A： $T = \mu m_A g$； 隔离 B： $T + \mu m_B g = m_B \omega_2^2 r_B$</p> <p>整体： $\mu m_A g + \mu m_B g = m_B \omega_2^2 r_B$</p> <p>AB 相对圆盘滑动的临界条件：</p> $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu(m_A + m_B)g}{m_B r_B}} = \sqrt{\frac{\mu g}{\frac{m_B r_B}{m_A + m_B}}}$
	<p>① 口诀：“谁远谁先飞”；</p> <p>② 轻绳出现拉力，先达到 B 的临界角速度： $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{r_B}}$ ；</p> <p>③ 同侧背离圆心， f_{Amax} 和 f_{Bmax} 指向圆心，一起相对圆盘滑动时，临界条件：</p> <p>隔离 A： $\mu m_A g - T = m_A \omega_2^2 r_A$； 隔离 B： $T + \mu m_B g = m_B \omega_2^2 r_B$</p> <p>整体： $\mu m_A g + \mu m_B g = m_A \omega_2^2 r_A + m_B \omega_2^2 r_B$</p> <p>AB 相对圆盘滑动的临界条 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu(m_A + m_B)g}{m_A r_A + m_B r_B}} = \sqrt{\frac{\mu g}{\frac{m_A r_A + m_B r_B}{m_A + m_B}}}$</p>
	<p>① 口诀：“谁远谁先飞”（$r_B > r_A$）；</p> <p>② 轻绳出现拉力临界条件： $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{r_B}}$ ；</p> <p>此时 B 与面达到最大静摩擦力，A 与面未达到最大静摩擦力。</p> <p>此时隔离 A： $f_A + T = m_A \omega^2 r_A$； 隔离 B： $T + \mu m_B g = m_B \omega^2 r_B$</p> <p>消掉 T： $f_A = \mu m_B g - (m_B r_B - m_A r_A) \omega^2$</p>

	<p>③当 $m_B r_B = m_A r_A$ 时, $f_A = \mu m_B g$, AB 永不滑动, 除非绳断;</p> <p>④AB 一起相对圆盘滑动时, 临界条件:</p> <p>1) 当 $m_B r_B > m_A r_A$ 时, $f_A \downarrow = \mu m_B g - (m_B r_B - m_A r_A) \omega^2 \uparrow \rightarrow f_A = 0 \rightarrow$ 反向 $\rightarrow f_A$ 达到最大 \rightarrow 从 B 侧飞出;</p> <p>2) 当 $m_B r_B < m_A r_A$ 时, $f_A \uparrow = \mu m_B g + (m_A r_A - m_B r_B) \omega^2 \uparrow \rightarrow f_A$ 达到最大 $\rightarrow \omega \uparrow \rightarrow T \uparrow \rightarrow f_B \downarrow \rightarrow f_B = 0 \rightarrow$ 反向 $\rightarrow f_B$ 达到最大 \rightarrow 从 A 侧飞出;</p> <p>AB 相对圆盘滑动的临界条件 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu(m_A + m_B)g}{ m_A r_A - m_B r_B }} = \sqrt{\frac{\mu g}{\frac{ m_A r_A - m_B r_B }{m_A + m_B}}}$</p>
	<p>临界条件:</p> <p>① $\mu_A > \mu_B, \omega = \sqrt{\frac{\mu_B g}{r_B}}; \quad ② \mu_A < \mu_B, \omega = \sqrt{\frac{\mu_A g}{r_B}}$</p>
	<p>临界条件:</p> <p>① $\omega_{\min} = \sqrt{\frac{m_B g - \mu m_A g}{r}}$</p> <p>② $\omega_{\max} = \sqrt{\frac{m_B g + \mu m_A g}{r}}$</p>

【考点四】竖直面内圆周运动的“绳模型”与“杆模型”对比

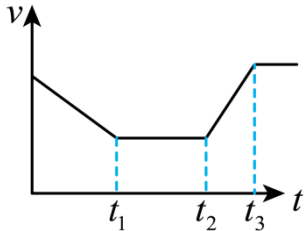
	轻绳模型	轻杆模型
情景图示		
弹力特征	弹力可能向下, 也可能等于零	弹力可能向下, 可能向上, 也可能等于零
受力示意图		

力学方程	$mg + F_T = m\frac{v^2}{r}$	$mg \pm F_N = m\frac{v^2}{r}$
临界特征	$F_T = 0$, 即 $mg = m\frac{v^2}{r}$, 得 $v = \sqrt{gr}$	$v = 0$, 即 $F_{\text{向}} = 0$, 此时 $F_N = mg$
模型关键	(1)“绳”只能对小球施加向下的力 (2)小球通过最高点的速度至少为 \sqrt{gr}	(1)“杆”对小球的作用力可以是拉力,也可以是支持力 (2)小球通过最高点的速度最小可以为 0

真题精研--复盘经典 把握规律

题组一 情景设定：ETC 是电子不停车收费系统 知识溯源：求解 v-t 图像反映的物理量

(2025·海南·高考真题) ETC 是电子不停车收费系统的简称, 常见于高速公路出入口, 只要在车挡风玻璃上安装一个打卡装置, 就能实现快速收费, 提高通行效率。如图所示是一辆汽车通过 ETC 通道运动过程的速度—时间图像, 其中 $t_1 \sim t_2$ 时间内的图线是一条平行于 t 轴的直线, 则 ()



- A. 汽车在 $0 \sim t_1$ 时间内做匀减速直线运动
- B. 汽车在 $t_1 \sim t_2$ 时间内处于静止状态
- C. 汽车在 $0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 时间内的加速度方向相同
- D. 汽车在 $0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 时间内的速度方向相反

【答案】A

【详解】A. 由图可知 $v-t$ 图像的斜率表示加速度, $0 \sim t_1$ 时间内加速度为负且恒定, 速度为正, 加速度方向与速度方向相反, 故 $0 \sim t_1$ 时, 汽车做匀减速直线运动, 故 A 正确;

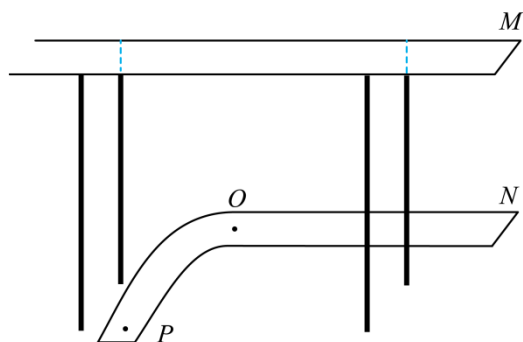
B. $t_1 \sim t_2$ 内, 汽车做匀速直线运动, 故 B 错误;

C. $0 \sim t_1$ 内加速度为负, $t_2 \sim t_3$ 内加速度为正, 故 $0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 内, 汽车加速度方向相反, 故 C 错误;

D. $0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 内, 汽车速度方向相同, 均为正, 故 D 错误。故选 A。

题组二 情景设定: 重庆的立体交通 知识溯源: 匀变速直线运动 v 与 x 的关系、向心加速度的概念

(2025·重庆·高考真题)“魔幻”重庆的立体交通层叠交错, 小明选取其中两条线探究车辆的运动。如图所示, 轻轨列车与汽车以速度 $2v_0$ 分别从 M 和 N 向左同时出发, 列车做匀速直线运动, 汽车在长为 s 的 NO 段做匀减速直线运动并以速度 v_0 进入半径为 R 的 OP 圆弧段做匀速圆周运动。两车均视为质点, 则 ()



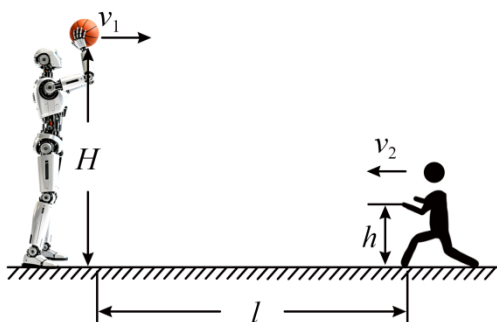
- A. 汽车到 O 点时, 列车行驶距离为 s B. 汽车到 O 点时, 列车行驶距离为 $\frac{4s}{3}$
C. 汽车在 OP 段向心加速度大小为 $\frac{2v_0^2}{R}$ D. 汽车在 OP 段向心加速度大小为 $\frac{4v_0^2}{R}$

【答案】B

【详解】AB. 对汽车, 根据速度位移关系 $v_0^2 - (2v_0)^2 = -2as$ 可得匀减速运动的加速度大小 $a = \frac{3v_0^2}{2s}$ 汽车做减速运动的时间 $t = \frac{2v_0 - v_0}{a} = \frac{2s}{3v_0}$ 这段时间列车行驶距离为 $s' = 2v_0 \cdot t = \frac{4s}{3}$, B 正确, A 错误;
CD. 根据 $a_n = \frac{v^2}{r}$ 可得汽车在 OP 段向心加速度大小为 $a_n = \frac{v_0^2}{R}$, CD 错误。故选 B。

题组三 情景设定: 人形机器人陪伴小孩玩接球游戏 知识溯源: 平抛运动中追及相遇问题

(2025·江西·高考真题) 如图所示, 人形机器人陪伴小孩玩接球游戏。机器人在高度为 H 的固定点以速率 v_1 水平向右抛球, 小孩以速率 v_2 水平向左匀速运动, 接球时手掌离地面高度为 h 。当小孩与机器人水平距离为 l 时, 机器人将小球抛出。忽略空气阻力, 重力加速度为 g 。若小孩能接到球, 则 v_1 为 ()



- A. $l\sqrt{\frac{2g}{H-h}} - v_2$ B. $l\sqrt{\frac{g}{2(H-h)}} - v_2$ C. $l\sqrt{\frac{H-h}{2g}} - v_2$ D. $l\sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} - v_2$

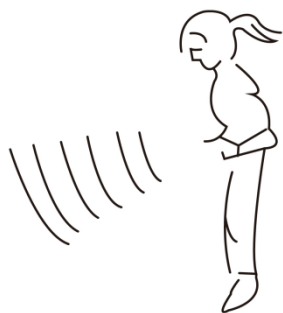
【答案】B

【详解】若小孩能接到球，则有 $H-h = \frac{1}{2}gt^2$ ， $l = v_1t + v_2t$ 联立解得 $v_1 = l\sqrt{\frac{g}{2(H-h)}} - v_2$

故选 B。

题组四 情景设定：跳绳 知识溯源：角速度的定义和计算式

（2025·河北·高考真题）某同学在傍晚用内嵌多个彩灯的塑料绳跳绳，照片录了彩灯在曝光时间内的运动轨迹，简图如图。彩灯的运动可视为匀速圆周运动，相机本次曝光时间是 $\frac{1}{30}$ s，圆弧对应的圆心角约为 30° ，则该同学每分钟跳绳的圈数约为（ ）



- A. 90 B. 120 C. 150 D. 180

【答案】C

【详解】根据题意可知跳绳的转动角速度为 $\omega = \frac{\theta}{\Delta t} = \frac{\frac{\pi}{6}}{\frac{1}{30}} \text{ rad/s} = 5\pi \text{ rad/s}$ 故每分钟跳绳的圈数为

$$n = \frac{5\pi \times 60}{2\pi} = 150 \text{ 故选 C。}$$

终极预测--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】（2026·陕西宝鸡·二模）随着现代科技的发展，无人送货车成为城市速递送货的重要力量。如图所示为一辆无人送货车正在平直公路上匀速行驶，车内感应系统突然感应到前方有车辆低速行驶。车内制动系统立即启动，使汽车做匀减速直线运动。从某时刻起开始计时，在前 2s 内的位移为 15m，在紧接着的 1s 内位移为 3.75m，则无人送货车做匀减速运动的加速度大小是（ ）



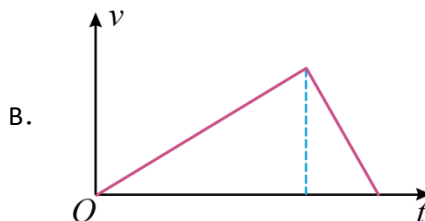
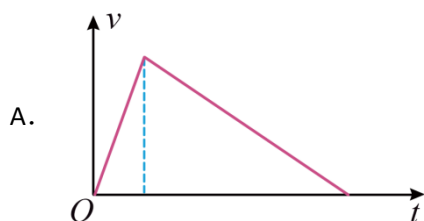
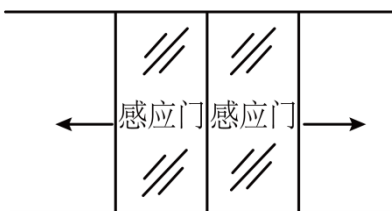
- A. 1.5m/s^2 B. 2.0m/s^2
C. 2.5m/s^2 D. 3.0m/s^2

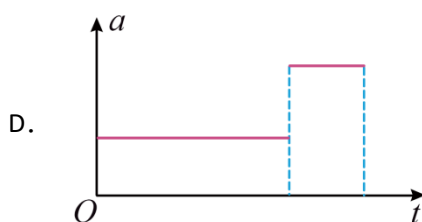
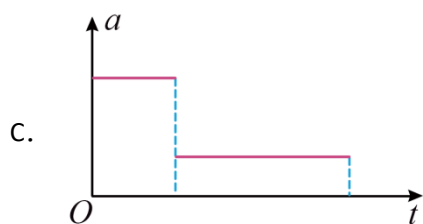
【答案】C

【知识点】匀变速直线运动位移与时间的关系

【详解】无人送货车开始制动时的速度为 v_0 ，加速度大小为 a ，则前 2s 内的位移为 15m，根据 $x = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2$ ，可得 $15 = 2v_0 - \frac{1}{2} a \times 2^2$ 假设再行驶 1s 后没有停止，则前 3s 内位移为 18.75m，则 $18.75 = 3v_0 - \frac{1}{2} a \times 3^2$ 联立解得 $v_0 = 10\text{m/s}$ ， $a = 2.5\text{m/s}^2$ 则无人送货车停止运动的时间为 $t = \frac{v_0}{a} = 4\text{s}$ ，假设成立，即无人送货车做匀减速运动的加速度大小是 2.5m/s^2 。故选 C。

【名校预测·第二题】（2026·江西九江·二模）商场感应门如图所示，人走近时感应门同时向两侧平移，若门从静止开始先匀加速后匀减速运动，完全打开时速度恰好为零，且匀加速运动的位移小于匀减速运动的位移。其中右侧门的速度、加速度的图像正确的是（ ）





【答案】A

【知识点】a-t 图像、利用 v-t 图像求位移

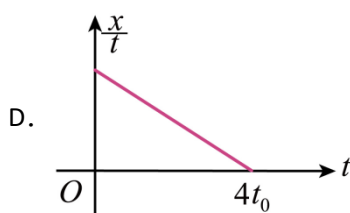
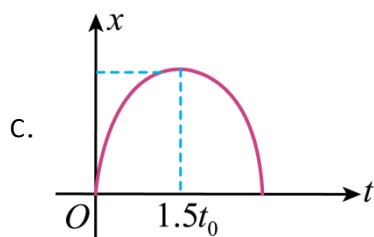
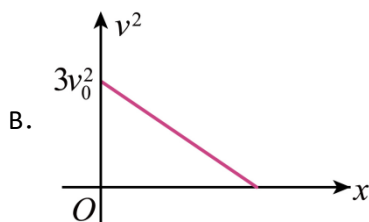
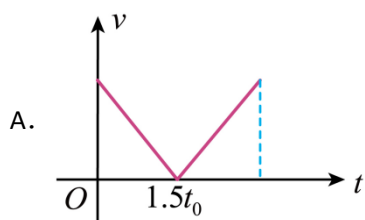
【详解】AB. 因门打开时先从静止开始匀加速后匀减速运动，完全打开时速度恰好为零，且匀加速运动的位移小于匀减速运动的位移，v-t 图像中图线与时间轴所围图形的面积表示位移，故 A 正确，B 错误；

CD. 由 $2ax = v_m^2$

得门加速阶段的加速度比匀减速运动的加速度大，且右侧门加速阶段的加速度方向与速度方向相同向右，减速阶段的加速度方向与速度方向相反向左，故两段加速度方向相反，故 CD 错误。

故选 A。

【名校预测·第三题】（2026·湖南长沙·二模）如图所示，将小球自 A 处竖直向上抛出。传感器记录的数据显示：自抛出起计时，经过时间 t_0 和 $2t_0$ 小球的速率均为 v_0 。小球向上抛出后的位移、速度、运动时间分别用 x 、 v 、 t 表示。不计空气阻力，关于小球竖直向上抛出的运动过程，下列图像可能正确的是（ ）



【答案】C

【知识点】竖直上抛运动的图像、非常规图像

【详解】A. 分析运动过程：小球做竖直上抛运动，加速度为 g （方向向下）。已知 $t = t_0$ 和 $t = 2t_0$ 时速率均为 v_0 。根据竖直上抛运动的对称性，最高点（速度为 0）的时刻位于这两个时刻的中点 $t_{\max} = \frac{t_0 + 2t_0}{2} = 1.5t_0$ ，此时速度 $v = 0$ 。求解初速度和加速度关系：设初速度为 v_{start} ，在 $t = t_0$ 时，小球处于上升阶段（因为 $t_0 < 1.5t_0$ ），速度为 v_0 。由 $v = v_{\text{start}} - gt$

解得 $v_0 = v_{\text{start}} - gt_0$

在 $t = 1.5t_0$ 时，速度为 0，有 $0 = v_{\text{start}} - g(1.5t_0)$

联立解得 $v_{\text{start}} = 3v_0$ ，且 $g = \frac{2v_0}{t_0}$

图像纵轴表示速度（矢量）。竖直上抛运动的速度随时间均匀减小，过最高点后变为负值。图像应为一条斜率为负的直线，穿过 t 轴。选项 A 画的是速率（标量）图像，故 A 错误；

B. 根据位移—速度公式 $v^2 - v_{\text{start}}^2 = -2gx$

整理得 $v^2 = v_{\text{start}}^2 - 2gx$

这是一个 v^2 关于 x 的一次函数，截距为 v_{start}^2 ，代入 $v_{\text{start}} = 3v_0$ ，截距应为 $(3v_0)^2 = 9v_0^2$

选项 B 中截距为 $3v_0^2$ ，故 B 错误；

C. 位移公式 $x = v_{\text{start}}t - \frac{1}{2}gt^2$

这是一个关于 t 的二次函数，图像为开口向下的抛物线。对称轴（最高点）为 $t = -\frac{v_{\text{start}}}{2 \times (-g/2)} = \frac{v_{\text{start}}}{g} = 1.5t_0$

选项 C 的图像是抛物线，且最高点对应 $1.5t_0$ ，故 C 正确；

D. $\frac{x}{t}$ 表示 $0 \sim t$ 时间内的平均速度，有 $\frac{x}{t} = \frac{v_{\text{start}}t - \frac{1}{2}gt^2}{t} = v_{\text{start}} - \frac{1}{2}gt$

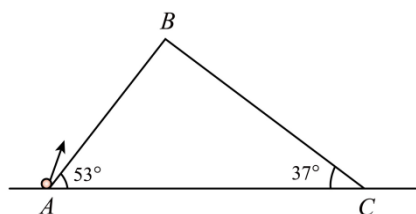
这是一个关于 t 的一次函数，斜率为 $-\frac{g}{2}$ ，纵轴截距为 $v_{\text{start}} = 3v_0$ ，当 $\frac{x}{t} = 0$ 时（即回到抛出点），

$$t = \frac{2v_{\text{start}}}{g} = \frac{2(3v_0)}{(2v_0/t_0)} = 3t_0$$

选项 D 中图像与横轴交点为 $4t_0$ ，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第四题】（2026·安徽·模拟预测）如图所示，斜坡 ABC 的坡面 AB 倾角为 53° ，坡面 BC 倾角为 37° ，在坡底 A 将小球以一定的初速度斜向上抛出，小球恰好沿水平方向贴着坡顶 B 飞过，并落在坡面 BC 上，小球从 A 运动到 B 的时间为 t_1 ，从 B 点运动到坡面 BC 上所用时间为 t_2 。不计小球的大小及空气阻力，已知 $\tan 53^\circ = \frac{4}{3}$, $\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$ ，则 $\frac{t_1}{t_2}$ 等于（ ）



- A. $\frac{4}{3}$ B. $\frac{5}{3}$ C. $\frac{16}{9}$ D. $\frac{25}{9}$

【答案】C

【知识点】与斜面结合的平抛运动

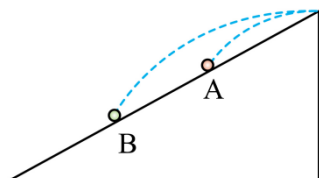
【详解】对 $B \rightarrow A$ 段看作逆平抛，设 B 点水平速度为 v_B ，运动时间为 t_1 ，竖直下落位移 $y_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$

水平位移 $x_1 = v_B t_1$ ， AB 倾角为 53° ，因此位移满足 $\tan 53^\circ = \frac{y_1}{x_1} = \frac{\frac{1}{2}gt_1^2}{v_B t_1} = \frac{gt_1}{2v_B} = \frac{4}{3}$ 则 $t_1 = \frac{8v_B}{3g}$ 对 $B \rightarrow BC$ 落点段

平抛，运动时间为 t_2 ，竖直下落位移 $y_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$ 水平位移 $x_2 = v_B t_2$ ， BC 倾角为 37° ，因此位移满足

$$\tan 37^\circ = \frac{gt_2}{2v_B} = \frac{3}{4} \text{ 则 } t_2 = \frac{3v_B}{2g} \text{ 则 } \frac{t_1}{t_2} = \frac{\frac{8v_B}{3g}}{\frac{3v_B}{2g}} = \frac{16}{9} \text{ 故 C 正确。}$$

【名校预测·第五题】（2026·贵州毕节·一模）如图，从固定斜面顶端连续水平向左抛出两个小球 A 和 B，分别落回斜面，该过程 B 的位移为 A 的两倍。设 A 和 B 抛出时的初速度分别为 v_A 和 v_B ，在空中运动的时间分别为 t_A 和 t_B ，若不计空气阻力，则（ ）



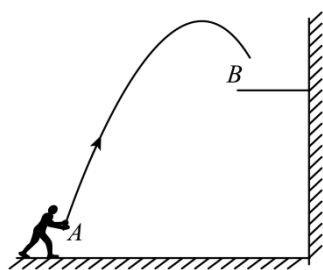
- A. $\frac{t_A}{t_B} = \frac{1}{2}$ B. $\frac{t_A}{t_B} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ C. $\frac{v_A}{v_B} = \frac{1}{2}$ D. $\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{2}}{1}$

【答案】B

【知识点】与斜面结合的平抛运动

【详解】该过程 B 的位移为 A 的两倍，由几何关系得，B 的水平位移为 A 的两倍 $x_B = 2x_A$ ，B 的竖直位移也为 A 的两倍 $y_B = 2y_A$ 由平抛运动规律得 $x_B = v_B t_B$, $x_A = v_A t_A$, $y_B = \frac{1}{2} g t_B^2$, $y_A = \frac{1}{2} g t_A^2$ 联立解得 $\frac{t_A}{t_B} = \frac{\sqrt{2}}{2}$, $\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ，故选 B。

【名校预测·第六题】（2026·山东济宁·一模）建筑工人常常通过徒手抛砖的方式来搬运砖块。简化图如图所示，地面上的工人将砖块从 A 点斜向上抛出，砖块被脚手架上的工人在 B 点接住。已知砖块运动至最高点时距离 B 点的高度为 0.8m，A、B 两点的高度差为 2.4m，A、B 两点间的水平距离为 2.4m，重力加速度大小 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，忽略空气阻力，则砖块经过最高点时的速度大小为（ ）



- A. 1m/s B. 2m/s C. 3m/s D. 4m/s

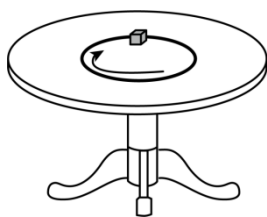
【答案】B

【知识点】斜抛运动

【详解】设最高点速度 v ，从 A 点到最高点的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2(2.4+0.8)}{10}} \text{ s} = 0.8 \text{ s}$

从最高点到 B 点时间 $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.8}{10}} \text{ s} = 0.4 \text{ s}$ 水平位移 $x = v(t_1 + t_2) = 2.4 \text{ m}$ 解得 $v = 2 \text{ m/s}$ 故选 B。

【名校预测·第七题】（2026·四川宜宾·一模）如图所示，半径为 R 的圆形餐桌桌面水平，中部有一半径为 r 的圆盘，其圆心与餐桌圆心重合可绕其中心轴转动。一个质量为 m 的小物块（可看作质点）放置在圆盘的边缘，圆盘转速由零开始缓慢增加，小物块最终从餐桌上滑落。已知小物块与圆盘间的动摩擦因数为 μ_1 ，小物块与餐桌间的动摩擦因数为 μ_2 ， $\mu_1 > \mu_2$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g ，圆盘厚度及圆盘与餐桌间的间隙不计。则（ ）



- A. 小物块在餐桌上做匀速直线运动
- B. 小物块在圆盘上的加速度一定大于 $\mu_2 g$
- C. 小物块在圆盘上随圆盘运动，角速度可能为 $\sqrt{\frac{2\mu_1 g}{r}}$
- D. 小物块在餐桌上滑动过程中摩擦生热为 $\mu_2 mg \sqrt{R^2 - r^2}$

【答案】D

【知识点】水平转盘上的物体、常见力做功与相应的能量转化

【详解】A. 小物块从圆盘上滑落后，小物块受到的摩擦力的方向与运动的方向始终相反，所以在餐桌上做减速直线运动，故 A 错误；

B. 小物块在圆盘上做圆周运动时，随转盘转速的增加，加速度逐渐变大，小物块从圆盘上滑落的瞬间，摩擦力达到最大静摩擦力，此时加速度最大，为 $a_{1m} = \mu_1 g$ 小物块在餐桌上的加速度 $a_2 = \mu_2 g$ 由于 $\mu_1 > \mu_2$ ，可知 $a_{1m} > a_2$ ，但小物块在圆盘上的加速度不一定大于 $\mu_2 g$ ，故 B 错误。

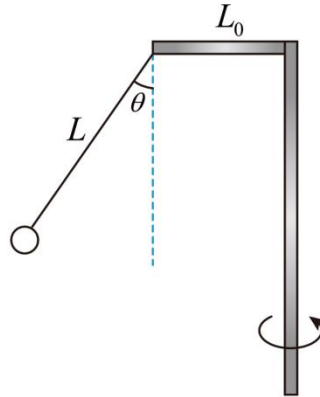
C. 小物块在圆盘上随圆盘运动，角速度满足 $\mu_1 mg \geq m\omega^2 r$ 即 $\omega \leq \sqrt{\frac{\mu_1 g}{r}}$ ，不可能为 $\sqrt{\frac{2\mu_1 g}{r}}$ ，C 错误；

D. 小物块从圆盘上滑落后沿圆盘的切线方向在桌面上做匀减速直线运动，在餐桌上滑动过程中相对桌面滑动的位移 $x = \sqrt{R^2 - r^2}$ 可知摩擦生热为 $Q = \mu_2 mg \sqrt{R^2 - r^2}$ ，D 正确。故选 D。

【名校预测·第八题】（2026·四川内江·模拟预测）如图甲所示，游乐场里有一种空中飞椅游戏，可以将之简化成如图乙所示的结构装置，装置可绕竖直轴匀速转动，绳子与竖直方向夹角为 θ ，绳子长 L ，水平杆长 L_0 ，小球的质量为 m 。不计绳子重力和空气阻力，重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）



图甲



图乙

- A. 装置旋转一周，绳子拉力做功为 0
- B. 装置转动的角速度为 $\frac{g \tan \theta}{L_0 + L \sin \theta}$
- C. 装置转动的周期为 $2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta}{g}}$
- D. 装置中绳子的拉力为 $mg \tan \theta$

【答案】A

【知识点】圆锥摆问题、应用动能定理求变力做功

【详解】A. 装置旋转一周，小球动能变化量为零，则合外力做功为零，因重力做功为零，可知绳子拉力做功为 0，A 正确；

B. 对小球受力分析可知 $mg \tan \theta = m\omega^2 (L_0 + L \sin \theta)$

解得装置转动的角速度为 $\omega = \sqrt{\frac{g \tan \theta}{L_0 + L \sin \theta}}$ ，B 错误；

C. 根据 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 可得装置转动的周期为 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos \theta + \frac{L_0}{\tan \theta}}{g}}$ ，C 错误；

D. 装置中绳子的拉力为 $T = \frac{mg}{\cos \theta}$ ，D 错误。故选 A。

【名校预测·第九题】（20260·安徽六安·模拟预测）如图 1 所示，O 点处固定有力传感器，长为 l 的轻绳一端与力传感器相连，另一端固定着一个小球。现让小球在最低点以某一速度开始运动，设轻绳与竖直方向的角度为 θ （如图所示），图 2 为轻绳弹力大小 F 随 $\cos \theta$ 变化的部分图像。图 2 中 a 为已知量，不考虑空气阻力，重力加速度大小为 g ，则（ ）

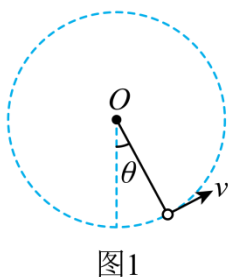


图1

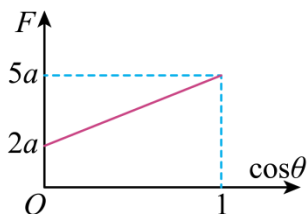


图2

- A. 小球质量为 $\frac{a}{2g}$
- B. 小球在与圆心等高处时的速度为 $v_1 = \sqrt{2gl}$
- C. 小球运动到 $\theta = 45^\circ$ 时的动能为 $\sqrt{2mgl}$
- D. 小球在最低点时对细线的拉力为 $4a$

【答案】B

【知识点】绳/单层轨道模型、动能定理的初步应用

【详解】A. 设小球在最低点时的速度为 v_0 ，则当角度为 θ 时，由动能定理 $-mgl(1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

绳子拉力满足 $F - mg \cos \theta = m \frac{v^2}{l}$ 联立解得 $F = 3mg \cos \theta + \left(m \frac{v_0^2}{l} - 2mg \right)$ 故图线斜率大小为 $\frac{5a - 2a}{1} = 3mg$ ；

截距 $2a = m \frac{v_0^2}{l} - 2mg$ 解得 $m = \frac{a}{g}$ ， $v_0 = 2\sqrt{gl}$ ，故 A 错误；

B. 与圆心等高处，即 $\cos \theta = 0$ 时，此时满足 $2a = m \frac{v_1^2}{l}$ 且由 A 知 $m = \frac{a}{g}$ 解得 $v_1 = \sqrt{2gl}$ ，故 B 正确；

C. 小球运动到 $\theta = 45^\circ$ 时，由动能定理 $-mgl(1 - \cos 45^\circ) = E_k - \frac{1}{2}mv_0^2$ 解得 $E_k = \frac{2 + \sqrt{2}}{2}mgl$ ，故 C 错误；

D. 小球在最低点时 $\theta = 0$ ，小球对细线的拉力 $F = 3mg \cos \theta + \left(m \frac{v_0^2}{l} - 2mg \right) = 5a$ ，故 D 错误。故选 B。



倒计时 19 天

以动力学之理，取高考之加速度。

共点力的平衡和牛顿动力学问题



考情透视——把脉命题 直击重点

►命题解码:

平衡条件和牛顿定律是力学分析的基础, 高考考查深入且灵活, 常以汽车刹车、火箭发射、无人机飞行等生活实际与科技前沿为背景, 考查受力分析和运动过程推理能力。开放性、探究性问题逐渐增多, 要求将力与运动的知识与能量、动量等综合运用以解决复杂问题。选择题常考查对基本概念的理解(牛顿运动定律的含义、受力分析的正误判断、超重失重现象等), 计算题多为综合题。

►高考前沿:

2026 年该专题将紧密结合航天工程(如火星采样返回探测器的着陆缓冲系统)考查牛顿运动定律的综合应用, 并关联桥梁抗震设计、无人机悬停控制等工程场景。超重失重情境可能结合航天器发射回收、电梯运行等实际场景。连接体问题(整体法+隔离法)仍是中档题必考内容, 常与斜面、传送带模型结合。

核心模型--模型架构, 精准剖析

【模型一】共点力的平衡

一、共点力平衡的条件、状态和推论

1.平衡状态: (1)静止; (2)匀速直线运动。

2.平衡条件:

(1)物体所受合外力为零, 即 $F_{\text{合}}=0$ 。

(2)若采用正交分解法, 平衡条件表达式为 $F_x=0, F_y=0$ 。

3.常用推论

(1)若物体受 n 个作用力而处于平衡状态, 则其中任意一个力与其余 $(n-1)$ 个力的合力大小相等、方向相反。

(2)若三个不共线的共点力合力为零, 则表示这三个力的有向线段首尾相接组成一个封闭三角形。

二、分析物体静态平衡的常用方法

方法	适用条件	注意事项	优点
合成法	物体受三个力作用而平衡	(1) 表示三个力大小的线段长度不可随意画 (2) 两力的合力与第三个力等大反向	对于物体所受的三个力, 有两个力相互垂直或两个力大小相等的平衡问题求解较简单
正交分解法	物体受三个或三个以上的力作用而平衡	选坐标轴时应使尽量多的力与坐标轴重合	对于物体受三个以上的力处于平衡状态的问题求解较方便

力的三角形法	物体受三个力作用而平衡	将三个力的矢量图平移, 构成一个依次首尾相连接的矢量三角形	常用于求解一般矢量三角形中未知力的大小和方向
--------	-------------	-------------------------------	------------------------

【模型二】瞬时加速问题

1. 轻绳、轻杆、硬接触面模型的特点:

对于轻绳、轻杆和硬接触面这类物体认为是一种不发生明显形变就能产生弹力的物体, 剪断(或脱离)后, 其弹力立即改变或消失, 不需要形变恢复时间。

①在瞬时问题中, 其弹力可以看成是瞬间改变的。

②一般题目中所给细绳、轻杆和接触面等在不加特殊说明时, 均可按此模型处理。二、弹力不能瞬间改变的情形。

2. 弹簧、橡皮绳模型的特点

①当弹簧、橡皮绳的两端与物体相连时, 由于物体具有惯性, 弹簧、橡皮绳的形变量不会瞬间发生突变。

②在求解瞬时加速度的问题中, 其弹力的大小可认为是不变的, 即弹簧或橡皮绳的弹力不发生突变。

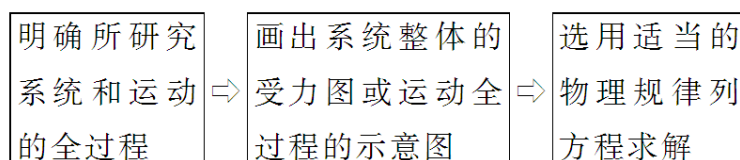
【模型三】动力学中的连接体问题

1. 处理连接体问题的方法

(1) 整体法的选取原则及解题步骤

①当只涉及系统的受力和运动情况而不涉及系统内某些物体的受力和运动情况时, 一般采用整体法。

②运用整体法解题的基本步骤:



(2) 隔离法的选取原则及解题步骤

①当涉及系统(连接体)内某个物体的受力和运动情况时, 一般采用隔离法。

②运用隔离法解题的基本步骤:

第一步: 明确研究对象或过程、状态。

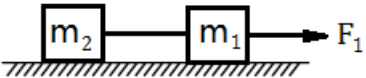
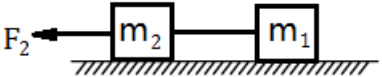
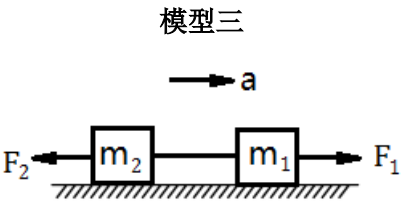
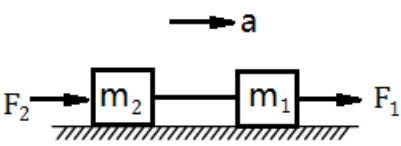
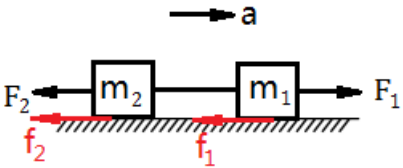
第二步: 将某个研究对象或某段运动过程、某个状态从系统或全过程中隔离出来。

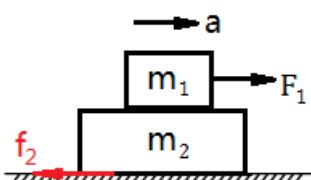
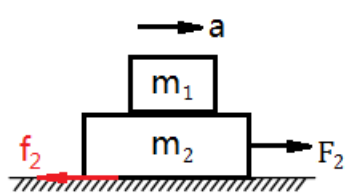
第三步: 画出某状态下的受力图或运动过程示意图。

第四步: 选用适当的物理规律列方程求解。

2. 加速度相同的连接体问题

常见模型	条件	交叉内力公式
模型一	地面光滑, m_1	整体: $F_1 = (m_1 + m_2)a$ (F_1 为 m_1 所受到的外力)

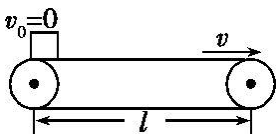
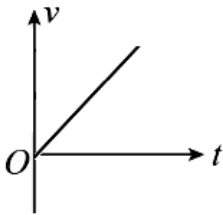
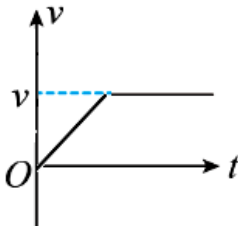
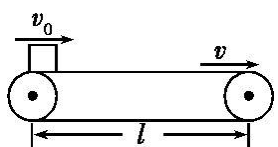
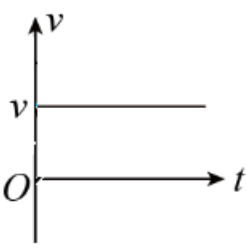
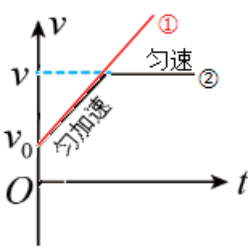
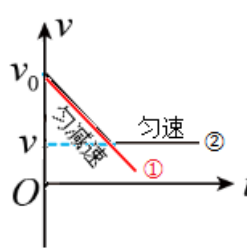
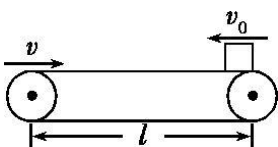
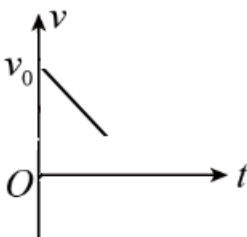
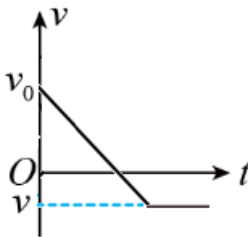
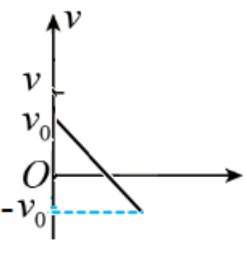
	<p>和 m_2 具有共同 加速度</p>	<p>隔离 m_2: m_2 和 m_1 之间绳的拉力 T (内力) 大小:</p> $T = m_2 a = \frac{m_2 F_1}{m_1 + m_2}$ <p>(注: 分子是 m_2 与作用在 m_1 上的外力 F_1 交叉相乘)</p>
<p>模型二</p> 	<p>地面光滑, m_1 和 m_2 具有共同 加速度</p>	<p>整体: $F_2 = (m_1 + m_2)a$ (F_2 为 m_2 所受到的外力)</p> <p>隔离 m_1: m_2 和 m_1 之间绳的拉力 T (内力) 大小:</p> $T = m_1 a = \frac{m_1 F_2}{m_1 + m_2}$ <p>(注: 分子是 m_1 与作用在 m_2 上的外力 F_2 交叉相乘)</p>
<p>模型三</p> 	<p>地面光滑, m_1 和 m_2 具有共同 加速度</p>	<p>整体: $F_1 - F_2 = (m_1 + m_2)a$</p> <p>(F_2 为 m_2 所受到的外力, F_1 为 m_1 所受到的外力)</p> <p>隔离 m_1: m_2 和 m_1 之间绳的拉力 T (内力) 大小:</p> $F_1 - T = m_1 a$ $T = F_1 - m_1 a = \frac{m_2 F_1 + m_1 F_2}{m_1 + m_2}$ <p>(注: 分子是 m_2 与作用在 m_1 上的外力 F_1 交叉相乘 “加上” m_1 与作用在 m_2 上的外力 F_2 交叉相乘)</p>
<p>模型四</p> 	<p>地面光滑, m_1 和 m_2 具有共同 加速度</p>	<p>整体: $F_1 + F_2 = (m_1 + m_2)a$</p> <p>隔离 m_1: 内力 T: $F_1 - T = m_1 a$</p> $T = F_1 - m_1 a = \frac{m_2 F_1 - m_1 F_2}{m_1 + m_2}$ <p>(注: 分子是 m_2 与作用在 m_1 上的外力 F_1 交叉相乘 “减去” m_1 与作用在 m_2 上的外力 F_2 交叉相乘)</p>
<p>模型五</p> 	<p>地面不光滑, m_1 和 m_2 具有共 同加速度</p>	<p>类似于模型三: 对 m_1 把 $(F_1 - f_1)$ 的合力记作 F_1'; 对 m_2 把 $(F_2 + f_2)$ 的合力记作 F_2', 则有:</p> <p>整体: $F_1' - F_2' = (m_1 + m_2)a$</p>

		<p>隔离 m_1: $T = F_1' - m_1 a = \frac{m_2 F_1' + m_1 F_2'}{m_1 + m_2}$</p> <p>（注：$F_1'$和 F_2'分别为两个物体除内力以外的各自所受所有外力的合力，等同于模型三中的 F_1 和 F_2，公式形式相同）</p>
<p>模型六</p> 	<p>地面不光滑， m_1 和 m_2 具有共同加速度</p>	<p>类似于模型三：水平外力分别是 m_1 受到的 F_1 和 m_2 受到的摩擦力 f_2，此种情况的水平内力为物体间的摩擦力 F_f。</p> <p>整体： $F_1 - f_2 = (m_1 + m_2)a$</p> <p>隔离 m_1: m_2 和 m_1 之间摩擦力 F_f（内力）大小：</p> $F_1 - F_f = m_1 a$ $F_f = F_1 - m_1 a = \frac{m_2 F_1 + m_1 f_2}{m_1 + m_2}$
<p>模型七</p> 	<p>地面不光滑， m_1 和 m_2 具有共同加速度</p>	<p>类似于模型一和二：把 m_2 受到的外力 $(F_2 - f_2)$ 的合力记作 F_2'，则有</p> <p>整体： $F_2 - f_2 = (m_1 + m_2)a$</p> <p>隔离 m_1: m_2 和 m_1 之间摩擦力 F_f（内力）大小：</p> $F_f = m_1 a = \frac{m_1 (F_2 - f_2)}{m_1 + m_2}$
<p>进一步强调：①被研究的两个对象必须有共同加速度；</p> <p>②此种方法适合做选择题时使用，计算题还需使用整体法和隔离法规范的步骤展示；</p> <p>③交叉内力公式求得是内力大小，这个内力可能是物体间绳的拉力，也可能是摩擦力等等；</p> <p>④公式分母是两个物体的质量之和，分子则是一个物体的质量乘以作用在另外一个物体上的所有外力矢量和，交叉相乘后两部分再相加或者相减（模型四）。</p> <p>⑤公式中的外力，指的是除了两个物体以外，其他物体施加的力，一般分析的是沿加速度方向的外力。</p>		

【模型四】传送带模型

一、水平传送带

1.三种常见情景

常见情景	物体的 v-t 图像		
	条件: $l \leq \frac{v^2}{2ug}$ 	条件: $l > \frac{v^2}{2ug}$ 	
	条件: $v_0 = v$ 	条件: $v_0 < v$ ① $l \leq x_{\text{物}}$; ② $l > x_{\text{物}}$ 	条件: $v_0 > v$ ① $l \leq x_{\text{物}}$; ② $l > x_{\text{物}}$ 
	条件: $l \leq \frac{v_0^2}{2ug}$ 	条件: $l > \frac{v_0^2}{2ug}$; $v_0 > v$ 	条件: $l > \frac{v_0^2}{2ug}$; $v_0 < v$ 

2.方法突破

(1)水平传送带又分为两种情况: 物体的初速度与传送带速度同向(含物体初速度为 0)或反向。

(2)在匀速运动的水平传送带上, 只要物体和传送带不共速, 物体就会在滑动摩擦力的作用下, 朝着和传送带共速的方向变速, 直到共速, 滑动摩擦力消失, 与传送带一起匀速运动, 或由于传送带不是足够长, 在匀加速或匀减速过程中始终没达到共速。

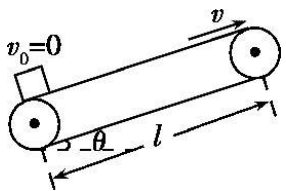
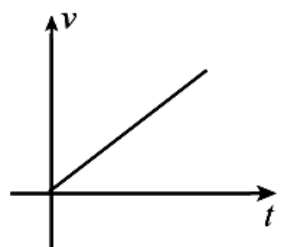
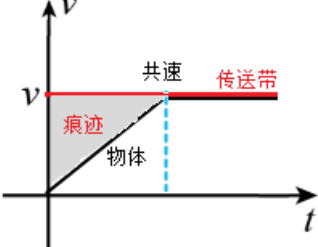
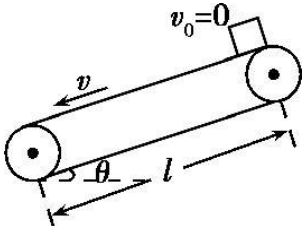
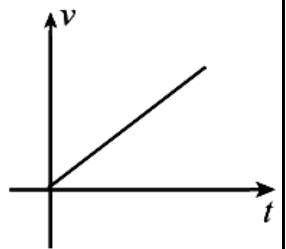
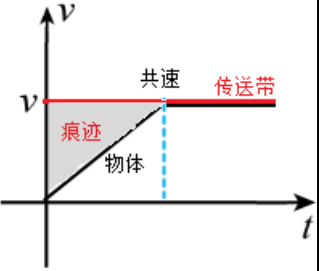
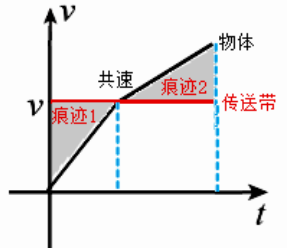
(3)计算物体与传送带间的相对路程要分两种情况:

①若二者同向, 则 $\Delta s = |s_{\text{传}} - s_{\text{物}}|$;

②若二者反向, 则 $\Delta s = |s_{\text{传}}| + |s_{\text{物}}|$ 。

二、倾斜传送带

1.两种常见情景

常见情景	v-t 图像		
	<p>条件: $l \leq \frac{v^2}{2a}$; $\mu > \tan\theta$</p> <p>加速度: $a = g(\mu\cos\theta - \sin\theta)$</p> 	<p>条件: $l > \frac{v^2}{2a}$; $\mu > \tan\theta$</p> <p>加速度: $a = g(\mu\cos\theta - \sin\theta)$</p> 	
	<p>条件: $l \leq \frac{v^2}{2a}$; $\mu > \tan\theta$</p> <p>加速度: $a = g(\mu\cos\theta + \sin\theta)$</p> 	<p>条件: $l > \frac{v^2}{2a}$; $\mu > \tan\theta$</p> <p>加速度: $a = g(\mu\cos\theta + \sin\theta)$</p> 	
		<p>条件: $l > \frac{v^2}{2a}$; $\mu < \tan\theta$</p> <p>加速度: $a = g(\mu\cos\theta + \sin\theta)$</p> <p>$a' = g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$</p> 	

2. 倾斜传送带问题分析

(1) 物体沿倾角为 θ 的传送带传送时, 可以分为两类: 物体由底端向上运动, 或者由顶端向下运动。解决倾斜传送带问题时要特别注意 $mg\sin\theta$ 与 $\mu mg\cos\theta$ 的大小和方向的关系, 进一步判断物体所受合力与速度方向的关系, 确定物体运动情况。当物体速度与传送带速度相等时, 物体所受的摩擦力有可能发生突变。

(2) 痕迹问题: 共速前, $x_{\text{传}} > x_{\text{物}}$, 痕迹 $\Delta x_1 = x_{\text{传}} - x_{\text{物}}$, 共速后, $x_{\text{物}} > x_{\text{传}}$, 痕迹 $\Delta x_2 = x_{\text{物}} - x_{\text{传}}$, 总痕迹取二者中大的那一段。

【模型五】板块模型

运动状态	板块速度不相等	板块速度相等瞬间	板块共速运动
处理方法	隔离法	假设法	整体法

具体步骤	对滑块和木板进行隔离分析,弄清每个物体的受力情况与运动过程	假设两物体间无相对滑动,先用整体法算出一起运动的加速度,再用隔离法算出其中一个物体“所需要”的摩擦力 F_f ; 比较 F_f 与最大静摩擦力 F_{fm} 的关系,若 $F_f > F_{fm}$, 则发生相对滑动	将滑块和木板看成一个整体,对整体进行受力分析和运动过程分析
临界条件	①两者速度达到相等的瞬间,摩擦力可能发生突变 ②当木板的长度一定时,滑块可能从木板滑下,恰好滑到木板的边缘,二者共速是滑块滑离木板的临界条件		
相关知识	运动学公式、牛顿运动定律、动能定理、功能关系等		



易错避坑--易错陷阱 精准避坑

【易错一】摩擦力方向

- (1) 易错点: 误认为摩擦力方向与运动方向相反;
- (2) 闭坑策略: 摩擦力与相对运动趋势方向或相对运动方向相反, 而非与运动方向相反。

【易错二】整体法与隔离法误用

- (1) 易错点: 在非平衡系统错误使用整体法求内力;
- (2) 闭坑策略: 整体法求加速度和合外力; 求内力必须隔离分析。

【易错三】弹簧瞬时突变

- (1) 易错点: 误认为弹簧力可以突变;
- (2) 闭坑策略: 轻绳/轻杆的力可以突变, 弹簧的力在剪断瞬间不会突变。

【易错四】超重失重混淆

- (1) 易错点: 误认为失重就是重力减小;
- (2) 闭坑策略: 重力不变, 只是支持力变化。

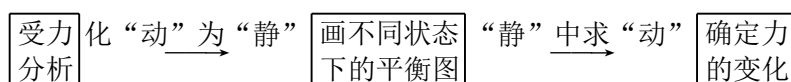


高频考点--高频要点 重点攻克

【考点一】动态平衡问题

一、图解法

1. 特点: 物体受三个共点力, 有一个力是恒力、另有一个力方向不变的问题。
2. 方法:



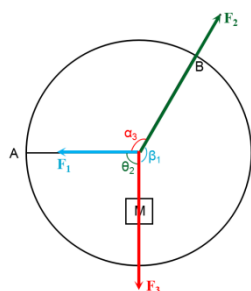
二、相似三角形法

- 1.特点：在三力平衡问题中，如果有一个力是恒力，另外两个力方向都变化，且题目给出了空间几何关系。
- 2.方法：①对物体在某个位置作受力分析；②以两个变力为邻边，利用平行四边形定则，作平行四边形；③找出相似的力的矢量三角形和空间几何三角形；④利用相似三角形对应边的比例关系确定力的变化。

三、拉密定理在动态平衡问题中的应用

- 1.特点：物体受三个共点力，这三个力其中一个力为恒力，另外两个力都变化，且变化两个力的夹角不变。

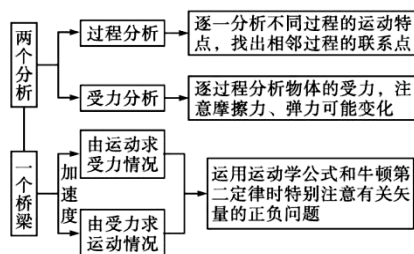
2. 拉密定理：
$$\frac{F_1}{\sin \beta_1} = \frac{F_2}{\sin \theta_2} = \frac{F_3}{\sin \alpha_3}$$



【考点二】动力学两类基本问题

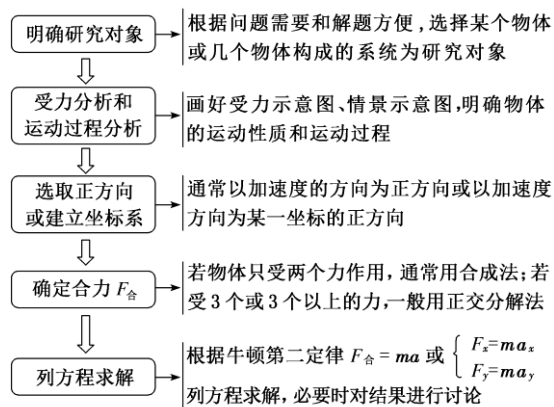
一、解决动力学两类问题的两个关键点

- 1.把握“两个分析”“一个桥梁”



- 2.找到不同过程之间的“联系”，如第一个过程的末速度就是下一个过程的初速度,若过程较为复杂,可画位置示意图确定位移之间的联系。

二、两类动力学问题的解题步骤



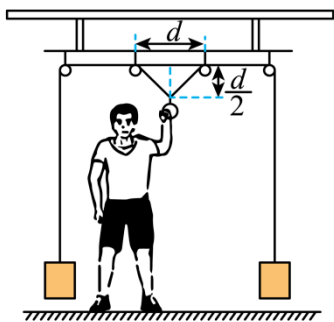
【考点三】动力学图像问题

常见图像	$v-t$ 图像、 $a-t$ 图像、 $F-t$ 图像
三种类型	(1) 已知物体受到的力随时间变化的图线, 求解物体的运动情况。 (2) 已知物体的速度、加速度随时间变化的图线, 求解物体的受力情况。 (3) 由已知条件确定某物理量的变化图像。
解题策略	(1) 问题实质是力与运动的关系, 要注意区分是哪一种动力学图像。 (2) 应用物理规律列出与图像对应的函数方程式, 进而明确“图像与公式”“图像与物体”间的关系, 以便对有关物理问题作出准确判断。
破题关键	(1) 分清图像的类别: 即分清横、纵坐标所代表的物理量, 明确其物理意义, 掌握物理图像所反映的物理过程, 会分析临界点。 (2) 注意图线中的一些特殊点所表示的物理意义: 图线与横、纵坐标的交点, 图线的转折点, 两图线的交点等。 (3) 明确能从图像中获得哪些信息: 把图像与具体的题意、情境结合起来, 再结合斜率、特殊点、面积等的物理意义, 确定从图像中反馈出来的有用信息, 这些信息往往是解题的突破口或关键点。

真题精研--复盘经典 把握规律

题组一 情景设定: 某同学在健身 知识溯源: 正交分解法解共点力平衡问题

(2025·贵州·高考真题) 一不可伸长的轻绳跨过同一水平线上的定滑轮, 中间两定滑轮的间距为 d , 在绳中央固定有一轻质吊环, 绳两端分别挂有质量均为 m 的配重物, 配重物静止在地面上且绳恰好伸直。如图, 某同学在健身时把吊环竖直向下缓慢拉 $\frac{d}{2}$ 的距离后保持静止, 已知重力加速度大小为 g , 不计摩擦及滑轮大小, 则静止时该同学对吊环的拉力大小为 ()



A. $\sqrt{2}mg$

B. mg

C. $\frac{\sqrt{2}}{2}mg$

D. $\frac{1}{2}mg$

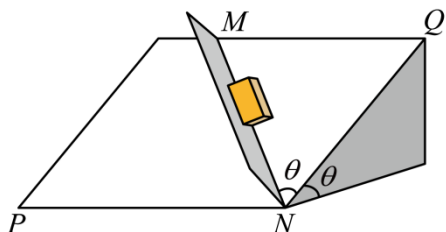
【答案】A

【详解】根据几何关系可知，吊环两边的细绳与竖直方向的夹角为 45° ，则由平衡可知 $F = 2T \cos 45^\circ$

其中 $T = mg$ ，可得 $F = \sqrt{2}mg$ 故选 A。

题组二 情景设定：工地建筑材料 知识溯源：牛顿第二定律的应用

（2025·山东·高考真题）工人在河堤的硬质坡面上固定一垂直坡面的挡板，向坡底运送长方体建筑材料。如图所示，坡面与水平面夹角为 θ ，交线为 PN ，坡面内 QN 与 PN 垂直，挡板平面与坡面的交线为 MN ， $\angle MNQ = \theta$ 。若建筑材料与坡面、挡板间的动摩擦因数均为 μ ，重力加速度大小为 g ，则建筑材料沿 MN 向下匀加速滑行的加速度大小为（ ）



A. $g \sin^2 \theta - \mu g \cos \theta - \mu g \sin \theta \cos \theta$

B. $g \sin \theta \cos \theta - \mu g \cos \theta - \mu g \sin^2 \theta$

C. $g \sin \theta \cos \theta - \mu g \cos \theta - \mu g \sin \theta \cos \theta$

D. $g \cos^2 \theta - \mu g \cos \theta - \mu g \sin^2 \theta$

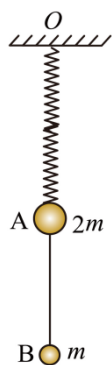
【答案】B

【详解】根据牛顿第二定律 $mg \sin \theta \cos \theta - \mu mg \cos \theta - \mu mg \sin \theta \sin \theta = ma$

可得 $a = g \sin \theta \cos \theta - \mu g \cos \theta - \mu g \sin^2 \theta$ 故选 B。

题组三 情景设定：弹簧振子模型 知识溯源：牛顿第二定律求瞬时加速度问题、弹簧振子模型

（2025·甘肃·高考真题）（多选）如图，轻质弹簧上端固定，下端悬挂质量为 $2m$ 的小球 A，质量为 m 的小球 B 与 A 用细线相连，整个系统处于静止状态。弹簧劲度系数为 k ，重力加速度为 g 。现剪断细线，下列说法正确的是（ ）



A. 小球 A 运动到弹簧原长处速度最大 B. 剪断细线的瞬间，小球 A 的加速度大小为 $\frac{g}{2}$

C. 小球 A 运动到最高点时，弹簧的伸长量为 $\frac{mg}{k}$ D. 小球 A 运动到最低点时，弹簧的伸长量为 $\frac{2mg}{k}$

【答案】BC

【知识点】 牛顿第二定律求瞬时加速度问题、弹簧振子模型

【详解】 A. 剪断细线后，弹力大于 A 的重力，则 A 先向上做加速运动，随弹力的减小，则向上的加速度减小，当加速度为零时速度最大，此时弹力等于重力，弹簧处于拉伸状态，选项 A 错误；

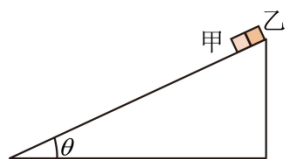
B. 剪断细线之前则 $F_{\text{弹}} = 3mg$ 剪断细线瞬间弹簧弹力不变，则对 A 由牛顿第二定律 $F_{\text{弹}} - 2mg = 2ma$ 解得 A 的加速度 $a = \frac{g}{2}$ 选项 B 正确；

C. 剪断细线之前弹簧伸长量 $x_1 = \frac{3mg}{k}$ 剪断细线后 A 做简谐振动，在平衡位置时弹簧伸长量 $x_2 = \frac{2mg}{k}$ 即振幅为 $A = x_1 - x_2 = \frac{mg}{k}$ 由对称性可知小球 A 运动到最高点时，弹簧伸长量为 $\frac{mg}{k}$ ，选项 C 正确；

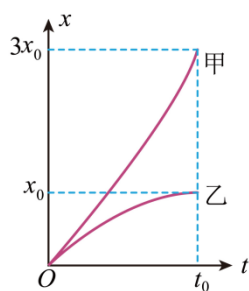
D. 由上述分析可知，小球 A 运动到最低点时，弹簧伸长量为 $\frac{3mg}{k}$ ，选项 D 错误。故选 BC。

题组四 情景设定：斜面模型 知识溯源：x-t 图像

（2025·黑吉辽蒙卷·高考真题）（多选）如图（a），倾角为 θ 的足够长斜面放置在粗糙水平面上。质量相等的小物块甲、乙同时以初速度 v_0 沿斜面下滑，甲、乙与斜面的动摩擦因数分别为 μ_1 、 μ_2 ，整个过程中斜面相对地面静止。甲和乙的位置 x 与时间 t 的关系曲线如图（b）所示，两条曲线均为抛物线，乙的 $x-t$ 曲线在 $t = t_0$ 时切线斜率为 0，则（ ）



图(a)



图(b)

- A. $\mu_1 + \mu_2 = 2 \tan \theta$
- B. $t = t_0$ 时, 甲的速度大小为 $3v_0$
- C. $t = t_0$ 之前, 地面对斜面的摩擦力方向向左
- D. $t = t_0$ 之后, 地面对斜面的摩擦力方向向左

【答案】AD

【知识点】x-t 图像、无外力, 物块在粗糙斜面滑动

【详解】B. 位置 x 与时间 t 的图像的斜率表示速度, 甲乙两个物块的曲线均为抛物线, 则甲物体做匀加速运动, 乙物体做匀减速运动, 在 t_0 时间内甲乙的位移可得 $x_{\text{甲}} = \frac{v_0 + v}{2} t_0 = 3x_0, x_{\text{乙}} = \frac{v_0 + 0}{2} t_0 = x_0$

可得 t_0 时刻甲物体的速度为 $v = 2v_0$, B 错误;

A. 甲物体的加速度大小为 $a_1 = \frac{v - v_0}{t_0}$ 乙物体的加速度大小为 $a_2 = \frac{v_0}{t_0}$

由牛顿第二定律可得甲物体 $mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta = ma_1$

同理可得乙物体 $\mu_2 mg \cos \theta - mg \sin \theta = ma_2$ 联立可得 $\mu_1 + \mu_2 = 2 \tan \theta$, A 正确

C. 设斜面的质量为 M , 取水平向左为正方向, 由系统牛顿第二定理可得 $f = ma_1 \cos \theta - ma_2 \cos \theta = 0$

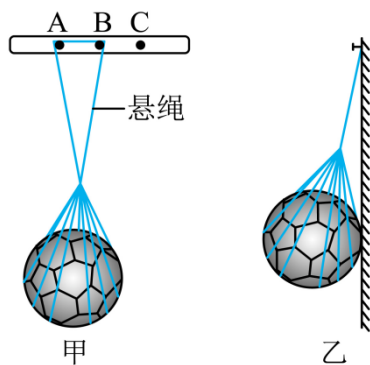
则 $t = t_0$ 之前, 地面和斜面之间摩擦力为零, C 错误;

D. $t = t_0$ 之后, 乙物体保持静止, 甲物体继续沿下面向下加速, 由系统牛顿第二定律可得 $f = ma_1 \cos \theta$

即地面对斜面的摩擦力向左, D 正确。故选 AD。

终极预测--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】(2026·云南昆明·模拟预测) 如图甲所示, 竖直墙壁上固定 3 个挂钉 A、B、C, 挂钉均与墙面垂直且在同一水平线上, 用质量不计的网兜把篮球挂在挂钉 A、B 上, 侧视图如图乙所示。不计挂钉的大小及一切摩擦, 若将篮球挂于挂钉 A、C 上, 稳定时 ()



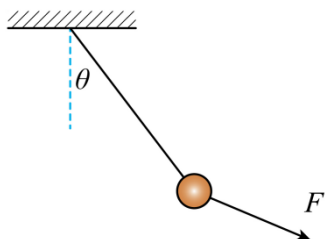
- 甲 乙
- A. 悬绳的拉力变小 B. 悬绳的拉力变大
- C. 篮球对墙壁的压力变小 D. 篮球对墙壁的压力不变

【答案】B

【知识点】用解析法解决平衡问题

【详解】篮球受四个力，重力 mg （竖直向下）、两悬绳的拉力 T_1 和 T_2 （大小相等， $T_1=T_2=T$ ），墙壁的支持力。设两悬绳夹角为 2α ，两悬绳所在的平面与竖直墙壁的夹角为 β ，可知 $2T\cos\alpha \cdot \cos\beta = mg$
 篮球对墙壁的压力 $N = 2T\cos\alpha \cdot \sin\beta = mg \tan\beta$
 若将篮球由挂于挂钉 $A、B$ 上变为挂于挂钉 $A、C$ 上时，稳定时则 α 角变大， β 变大，则 T 变大， N 变大，即悬绳的拉力变大，篮球对墙壁的压力变大。故选 **B**。

【名校预测·第二题】（2026·重庆渝中·一模）一根轻质细绳系着一个质量为 m 的小球，细绳的上端固定在横梁上，给小球施加一个拉力 F ，小球平衡后细绳与竖直方向的夹角为 $\theta = 30^\circ$ ，如图所示。现 F 绕小球逆时针缓慢旋转，同时小球在图中位置保持静止。重力加速度为 g 。则下列说法正确的是（ ）



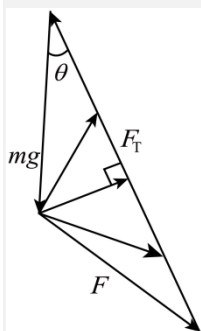
- A. 拉力 F 一定一直减小
- B. 轻质细绳的拉力 F_T 不变
- C. 拉力 F 的最小值为 $0.5mg$
- D. 轻质细绳的拉力的最小值为 $\frac{\sqrt{3}}{2}mg$

【答案】C

【知识点】用图解法解决平衡问题

【详解】小球受到重力、拉力 F 和轻质细绳的拉力 F_T ，由于小球受力平衡，将这三个力进行适当平移一定

可以构成一个首尾相接的矢量三角形，画出各力变化的动态图，如图所示



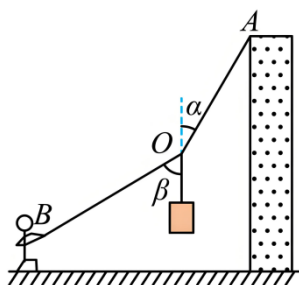
AB. 由图可知，拉力 F 先变小再变大，轻质细绳的拉力 F_T 一直变小，故 AB 错误；

C. 当拉力 F 与细绳垂直时 F 最小，最小值 $F_{\min} = mg \sin \theta = 0.5mg$ ，故 C 正确；

D. 当拉力 F 旋转到竖直方向时，轻质细绳的拉力最小，等于 0，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第三题】（2026·黑龙江哈尔滨·一模）居民楼改造过程需要把建材吊运到楼顶。如图所示，某次吊运的建材质量 $m=30\text{kg}$ ，施工人员的质量 $M=75\text{kg}$ ，缓慢吊运建材的过程中，某时刻轻绳 OA 、 OB 分别与竖直方向的夹角为 $\alpha=30^\circ$ 、 $\beta=60^\circ$ 。设最大静摩擦力与滑动摩擦力相等，取 $g=10\text{m/s}^2$ 。下列说法正确的是（ ）



A. 该时刻轻绳 OA 上拉力的大小 $T_A=300\text{N}$

B. 该时刻人对地面的压力大小 $F_N=500\text{N}$

C. 该时刻为了使人保持静止，人与地面间的动摩擦因数的最小值为 0.5

D. 人不动，缓慢松手放绳，在物体缓慢靠近墙壁的过程中，轻绳 OA 长度不变， T_B 逐渐减小

【答案】D

【知识点】 正交分解法解共点力平衡问题、牛顿第三定律、用解析法解决平衡问题

【详解】A. 对结点 O ，根据平衡条件可得 $T_A \sin \alpha = T_B \sin \beta$ ， $T_A \cos \alpha = mg + T_B \cos \beta$

联立解得 $T_A = 300\sqrt{3}\text{N}$ ， $T_B = 300\text{N}$ ，故 A 错误；

B. 对人，根据平衡条件可得 $T_B \cos \beta + F'_N = Mg$

解得 $F'_N = 600\text{N}$

根据牛顿第三定律可得，人对地面的压力大小为 $F_N = 600\text{N}$ ，故 **B** 错误；

C. 对人，根据平衡条件，水平方向，有 $T_B \sin \beta = f$ ， $f = \mu F_N$

解得 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{4}$ ，故 **C** 错误；

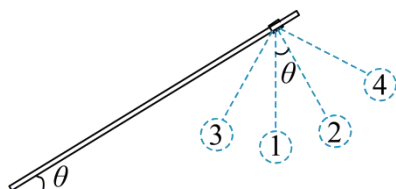
D. 由于 $T_A \sin \alpha = T_B \sin \beta$ ， $T_A \cos \alpha = mg + T_B \cos \beta$

$$\text{可得 } T_B = \frac{mg \tan \alpha}{\sin \beta - \cos \beta \tan \alpha}$$

人不动，缓慢松手放绳，在物体缓慢靠近墙壁的过程中，轻绳 OA 长度不变，则 α 减小， β 变大，则 $\tan \alpha$ 减小， $\sin \beta$ 增大， $\cos \beta$ 减小，所以 T_B 减小，故 **D** 正确。

故选 **D**。

【名校预测·第四题】（2026·安徽黄山·一模）如图所示，高空滑索早期是用于贫困山区的交通工具，后发展为高山自救及军事突击行动，如今发展为现代化体育游乐项目。现简化该模型如下：固定的足够长斜杆粗糙程度未知，与水平面的夹角为 θ ，杆上套一个金属环，不可伸长的轻绳连接着金属环和小球，质量分别为 m 、 M 。现给环和球组成的系统一沿杆方向的初速度 v_0 ，经过一段时间后两者保持相对静止，忽略空气阻力。下列说法正确的是（ ）



- A. 两者相对静止位置如图 1 时，系统一定处于静止状态
- B. 两者相对静止位置如图 2 时，系统一定沿杆下滑
- C. 两者相对静止位置如图 3 时，系统一定沿杆下滑
- D. 两者相对静止位置如图 4 时，系统一定沿杆下滑

【答案】C

【知识点】 已知受力求运动、绳连接体问题

【详解】A. 两者相对静止位置如图 1 时，小球的加速度为 0，系统加速度为 0，系统可能静止，也可能处于匀速直线运动状态，**A** 错误；

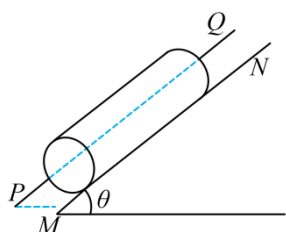
BD. 两者相对静止位置如图 2、图 4 时，小球的加速度方向沿杆向下，其运动方向可能沿杆向上减速，也可

能沿杆向下加速，BD 错误；

C. 两者相对静止位置如图 3 时，小球的加速度方向沿杆向上，其运动方向只可能沿杆向下减速，不可能向上加速（根据能量关系判断），C 正确。

故选 C。

【名校预测·第五题】（2026·山东泰安·一模）拉运木材的汽车在卸下木材时用两根细圆木作为导轨将木材卸下，如图所示两根细圆木的一端 P 、 M 分别固定在水平地面上，另一端 Q 、 N 分别固定在车上，构成两条平行的轨道 PQ 和 MN ，它们与地面的夹角 $\theta = 30^\circ$ 。装卸工在车上将一根半径为 R 的圆柱形木材推上导轨后，由静止自由释放，木材能够沿着轨道下滑。已知轨道 PQ 和 MN 的间距为 $1.2R$ ，木材与细圆木轨道间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{5}$ ，重力加速度为 g ，则木材沿着轨道下滑的加速度大小为（ ）



A. $\frac{1}{8}g$

B. $\frac{1}{5}g$

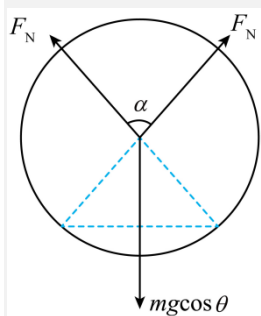
C. $\frac{3}{10}g$

D. $\frac{1}{2}g$

【答案】A

【知识点】无外力，物块在粗糙斜面滑动

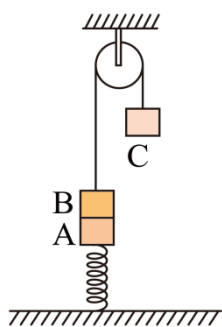
【详解】对木材在垂直于杆的平面内受力分析，如图所示



则有 $2F_N \cos \frac{\alpha}{2} = mg \cos \theta$ 其中 $\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{0.6R}{R} = 0.6$ 则 $\cos \frac{\alpha}{2} = 0.8$ 木材所受的滑动摩擦力大小为 $F_f = 2\mu F_N$ 根据牛顿第二定律有 $mg \sin \theta - F_f = ma$ 联立解得 $a = \frac{1}{8}g$ 故选 A。

【名校预测·第六题】（2026·陕西·模拟预测）如图所示，物块 A、B 的质量均为 m ，C 的质量为 $2m$ ，其中物块 A、B 上下叠放，A 放在轻弹簧上，B、C 通过一绕过光滑轻质定滑轮的轻绳相连，用手托住 C 使绳子处于恰好伸直无拉力的状态。某时刻突然释放 C，一段时间后 A、B 分离。此时 C 还未触地，重力加速度为

g ，下列说法正确的是（ ）



- A. A、B 分离时，物块 A 的速度恰好达到最大值
- B. 释放 C 后瞬间，A、B 间的弹力大小为 $\frac{1}{2}mg$
- C. 释放 C 后瞬间，轻绳对 C 的拉力大小为 $\frac{3}{2}mg$
- D. A、B 分离时，连接 B、C 的绳子拉力大小为 $\frac{1}{5}mg$

【答案】B

【知识点】绳连接体问题、弹簧连接体问题

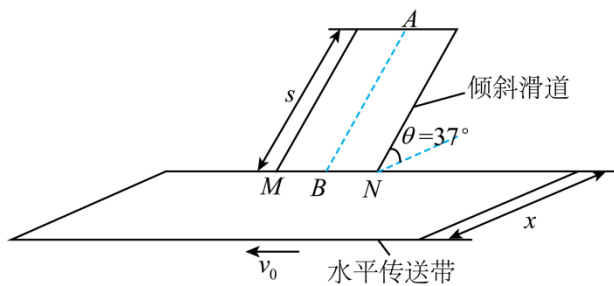
【详解】A. 分离时，由牛顿第二定律，对 A 有 $F'_{\text{弹}} - mg = ma$ 对 B 有 $T - mg = ma$ 对 C 有 $2mg - T = 2ma$ 联立得 $a = \frac{g}{3}$ ， $F'_{\text{弹}} = \frac{4mg}{3} > mg$ 说明 A 仍在加速，速度未达最大值，A 错误；

B. 释放 C 瞬间，弹簧弹力仍为 $2mg$ ，形变未变。对 A、B 整体有 $2mg + T' - 2mg = 2ma'$ 对 C 有 $2mg - T' = 2ma'$ 联立得 $a' = \frac{g}{2}$ 对 A 有 $2mg - mg - N_{AB} = m \times \frac{g}{2}$ 解得 $N_{AB} = \frac{mg}{2}$ ，B 正确；

C. 对 C 有 $2mg - T' = 2ma'$ 代入 $a' = \frac{g}{2}$ 解得 $T' = mg$ ，C 错误；

D. 分离时有 $a = \frac{g}{3}$ 拉力 $T = mg + \frac{mg}{3} = \frac{4mg}{3} \neq \frac{mg}{5}$ ，D 错误。故选 B。

【名校预测·第七题】（2026·河北邢台·模拟预测）某工厂自动化分拣系统简化如图所示，倾斜滑道与水平传送带在 MN 处平滑连接。质量为 1kg 的包裹（可视为质点）从滑道顶端 A 点由静止释放，沿直线 AB 运动并以垂直于 MN 方向的速度滑入传送带进行分拣。已知滑道倾角 $\theta = 37^\circ$ ，长度 $s = 2\text{m}$ ，包裹与滑道间的动摩擦因数 $\mu_1 = 0.25$ ；传送带以 $v_0 = 3\text{m/s}$ 的恒定速度向左运行，包裹与传送带间的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.5$ ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ 。忽略包裹在滑道与传送带连接处的能量损失，包裹滑上传送带后与传送带发生相对滑动，最终达到共速。为了防止包裹从传送带上滑落，传送带的最小宽度 x 为（ ）



- A. 1.5m B. 1.6m C. 2.0m D. 2.5m

【答案】C

【知识点】无外力，物块在粗糙斜面滑动、物块在水平传送带上运动分析

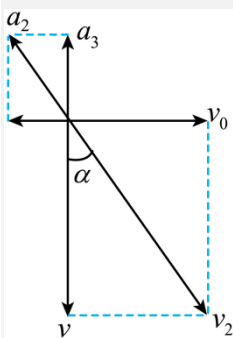
【详解】包裹沿倾斜滑道下滑阶段，由牛顿第二定律，有 $mg \sin \theta - \mu_1 mg \cos \theta = ma_1$

解得 $a_1 = 4\text{m/s}^2$ 由速度-位移公式 $v^2 = 2a_1 s$ 解得包裹滑上传送带的初速度 $v = 4\text{m/s}$

包裹相对于传送带的速度大小为 $v_2 = \sqrt{v_0^2 + v^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{m/s} = 5\text{m/s}$ 方向如图所示， v_2 与 v 之间的夹角正切值

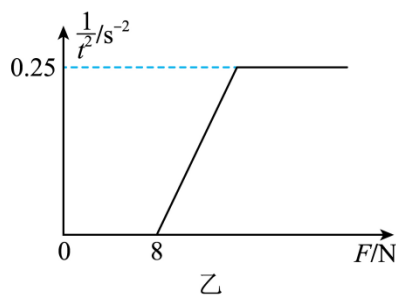
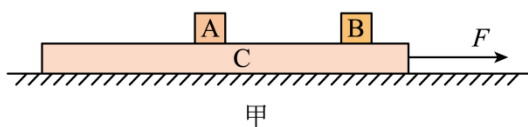
$\tan \alpha = \frac{v_0}{v} = \frac{3}{4} = 0.75$ 解得 $\alpha = 37^\circ$ 包裹受摩擦力方向与 v_2 方向相反，加速度方向与 v_2 方向相反，包裹在传送

带上滑动时加速度大小为 $a_2 = \mu_2 g = 5\text{m/s}^2$ 将加速度分解，如图所示



垂直于传送带速度方向有 $a_3 = a_2 \cos \alpha = 4\text{m/s}^2$ 根据速度-位移公式得 $2a_3 x = v^2$ 代入数据解得 $x = 2.0\text{m}$ 故选 C。

【名校预测·第八题】（2026·湖南长沙·模拟预测）如图甲所示，质量为 $2m$ 的足够长木板 C 置于水平面上，滑块 A、B 质量均为 m ，置于 C 上，B 位于 A 右方某处。A、C 间的动摩擦因数 $\mu_A = 0.2$ ，B、C 间和 C 与地面间的动摩擦因数 $\mu_B = \mu_C = 0.1$ 。给 C 施加一水平向右的恒力 F ，从开始施加恒力到 A、B 第一次相遇时间为 t 。可得 $\frac{1}{t^2}$ 与 F 的关系如图乙所示（最大静摩擦力等于滑动摩擦力， g 取 10m/s^2 ）下列说法正确的是（ ）



- A. 滑块 A 能获得的最大加速度为 1m/s^2
- B. A、B 之间的初始距离为 4m
- C. 滑块 A 的质量为 1kg
- D. 若 $F = 10.5\text{N}$ ，A、C 之间将发生相对滑动

【答案】C

【知识点】有外力接触面光滑的板块模型

【详解】A. 对滑块 A 有 $\mu_A mg = ma_A$ 解得 $a_A = 2\text{m/s}^2$ ，A 错误；

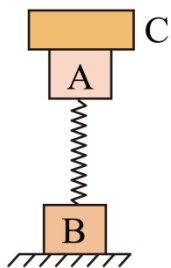
B. 对滑块 B 有 $\mu_B mg = ma_B$ 解得 $a_B = 1\text{m/s}^2$ 由图可知 F 足够大时，A、B 均相对 C 滑动，相遇时间恒定为

$$t = \sqrt{\frac{1}{0.25}}\text{s} = 2\text{s} \text{ 由 } \frac{1}{2}a_A t^2 - \frac{1}{2}a_B t^2 = L \text{ 解得 } L = 2\text{m}, \text{ B 错误；}$$

C. 当 $F = 8\text{N}$ ，滑块 B 与 C 恰好发生相对滑动，则有 $F - 4\mu_C mg = 4ma_B$ 得 $m = 1\text{kg}$ ，C 正确；

D. 设 A、B、C 均产生相对运动时的拉力为 F_1 ，则有 $F_1 - 4\mu_C mg - \mu_A mg - \mu_B mg = 2ma_A$ 得 $F_1 = 11\text{N}$ 故 $F = 10.5\text{N}$ 时，A、C 保持静止，D 错误。故选 C。

【名校预测·第九题】（2026·河南·二模）如图所示，质量均为 m 的木块 A 和 B 用一轻弹簧相连，竖直放在粗糙的水平面上，二者处于静止状态，重力加速度为 g 。将质量为 $2m$ 的木块 C 轻放在 A 上的瞬间，下列说法正确的是（ ）



- A. 弹簧的弹力大小变为 $3mg$
- B. 木块 A 的加速度大小为 $\frac{2}{3}g$
- C. 木块 B 对水平面的压力大小变为 $4mg$

D. 弹簧的形变量瞬间增大

【答案】B

【知识点】牛顿第二定律求瞬时加速度问题


【详解】A. 未放木块 C 之前，对 A 受力分析，受竖直向下重力 mg 和竖直向上的弹簧弹力 $F_{\text{弹}}$ ，根据平衡条件有 $F_{\text{弹}} = mg$ 木块 C 放在 A 上的瞬间，弹簧不发生突变，弹力大小不变，即弹簧的弹力大小仍然为 mg ，故 A 错误；

B. 木块 C 放在 A 上的瞬间，对 A、C 整体，根据牛顿第二定律有 $(2m+m)g - F_{\text{弹}} = (2m+m)a$

解得 $a = \frac{2}{3}g$ 所以木块 A 的加速度大小为 $\frac{2}{3}g$ ，故 B 正确；

C. 未放木块 C 之前，对 B 受力分析，受竖直向下重力 mg ，竖直向下弹力 $F_{\text{弹}}$ 和竖直向上的支持力 F_N ，根据平衡条件有 $F_N = F_{\text{弹}} + mg = 2mg$ 木块 C 放在 A 上的瞬间，弹簧不发生突变，B 对水平面的压力大小与没有放 C 之前一样，根据牛顿第三定律有 $F_N' = F_N$ ，即 B 对水平面的压力大小为 $2mg$ ，故 C 错误；

D. 因为轻弹簧的弹力不能发生突变，木块 C 放在 A 上的瞬间，弹簧的形变量不变，故 D 错误。故选 B。

 倒计时 18 天

以引力定航向，以航天赴荣光。

万有引力与航天

 考情透视--把脉命题 直击重点

► 命题解码：

万有引力与航天是高考力学中的“航天名片”，试题多聚焦于万有引力定律的理解与应用、天体运动参量的分析与计算，以及宇宙速度、卫星变轨等实际问题。核心逻辑围绕两条路径展开：①万有引力提供向心力（环绕模型）；②天体表面重力 \approx 万有引力（近地模型）。

► 高考前沿：

情境设置紧跟我国航天科技发展前沿，如“嫦娥探月”、“天宫空间站”、“北斗导航”、“天问一号”火星探测、“天都一号”环月卫星等真实科技成就为载体，考查学生运用物理知识解释现象和构建模

型的能力-。深空探测（如小行星采样、月球基地建设）和空间引力波探测等前沿领域也可能成为命题素材。

同步卫星、近地卫星、极地卫星的比较分析是选择题高频考点。

核心模型--模型架构，精准剖析

【模型一】环绕卫星问题

1.不同轨道人造卫星的加速度、线速度、角速度和周期与轨道半径的关系

$$G\frac{Mm}{r^2} = \begin{cases} ma \rightarrow a = \frac{GM}{r^2} \\ m\frac{v^2}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \\ m\omega^2 r \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}} \\ m\frac{4\pi^2}{T^2}r \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 r^3}{GM}} \end{cases} \left. \begin{array}{l} \text{越} \\ \text{高} \\ \text{越} \\ \text{慢} \end{array} \right\}$$

2.宇宙速度

(1) 第一宇宙速度的推导

方法一：由 $G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v_1^2}{R}$ 得 $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

方法二：由 $mg = m\frac{v_1^2}{R}$ 得 $v_1 = \sqrt{gR}$

第一宇宙速度是发射人造卫星的最小速度，也是人造卫星的最大环绕速度，此时它的运行周期最短，

对于人造地球卫星而言，最小周期： $T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 5\,075\text{ s} \approx 85\text{ min}$ 。

(2) 宇宙速度与人造地球卫星运动轨迹的关系

(1) $v_{\text{发}} = 7.9\text{ km/s}$ 时，卫星绕地球做匀速圆周运动。

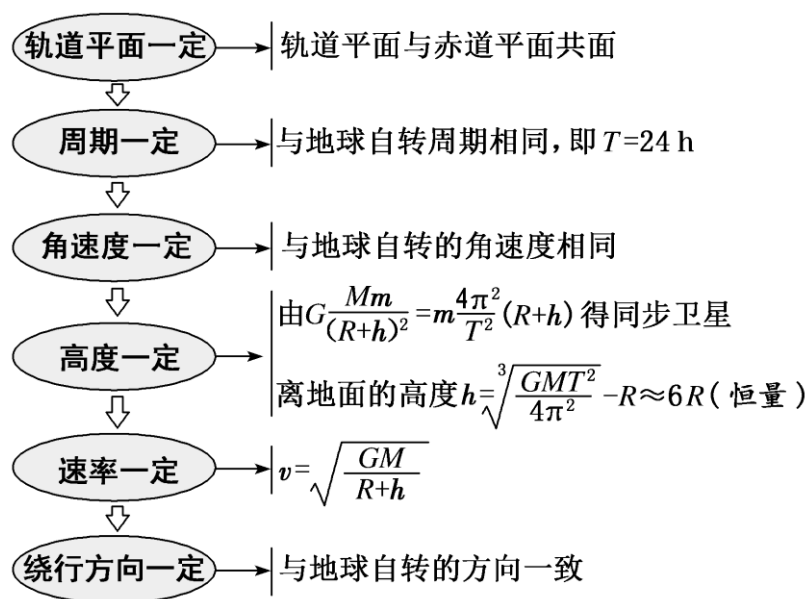
(2) $7.9\text{ km/s} < v_{\text{发}} < 11.2\text{ km/s}$ ，卫星绕地球运动的轨迹为椭圆。

(3) $11.2\text{ km/s} \leq v_{\text{发}} < 16.7\text{ km/s}$ ，卫星绕太阳做椭圆运动。

(4) $v_{\text{发}} \geq 16.7\text{ km/s}$ ，卫星将挣脱太阳引力的束缚，飞到太阳系以外的空间。

【模型二】同步静止卫星

同步静止卫星的 6 个“一定”



【模型三】双星和多星问题

	“双星”模型	“三星”模型	“四星”模型
情景导图			
运动特点	转动方向、周期、角速度相同, 运动半径一般不等	转动方向、周期、角速度、线速度大小均相同, 圆周运动半径相等	转动方向、周期、角速度、线速度大小均相同, 圆周运动半径相等
受力特点	两星间的万有引力提供两星圆周运动的向心力	各星所受万有引力的合力提供圆周运动的向心力	各星所受万有引力的合力提供圆周运动的向心力
解题规律	$\frac{Gm_1m_2}{L^2} = m_1\omega^2r_1$ $\frac{Gm_1m_2}{L^2} = m_2\omega^2r_2$	$\frac{Gm^2}{r^2} + \frac{Gm^2}{2r^2} = ma_{\text{向}}$ $\frac{Gm^2}{L^2} \times \cos 30^\circ \times 2 = ma_{\text{向}}$	$\frac{Gm^2}{L^2} \times 2\cos 45^\circ + \frac{Gm^2}{\sqrt{2}L^2} = ma_{\text{向}}$ $\frac{Gm^2}{L^2} \times 2 \times \cos 30^\circ + \frac{GmM}{r^2} = ma_{\text{向}}$

解题关键	$m_1 r_1 = m_2 r_2$ $r_1 + r_2 = L$	$r = \frac{L}{2 \cos 30^\circ}$	$r = \frac{\sqrt{2}}{2} L$ 或 $r = \frac{L}{2 \cos 30^\circ}$
------	--	---------------------------------	--

易错避坑--易错陷阱 精准避坑

【易错一】轨道半径与天体半径混淆

- (1) 易错点：把卫星轨道半径当成天体半径；
 (2) 闭坑策略：天体半径是天体本身的半径，卫星轨道半径是卫星到天体中心的距离；仅在表面附近时。

【易错二】卫星不同速度混淆

- (1) 易错点：第一宇宙速度、轨道速度、发射速度含义不清；
 (2) 闭坑策略：第一宇宙速度是最小发射速度、最大环绕速度；轨道速度随增大而减小。

【易错三】变轨过程能量分析

- (1) 易错点：低轨→高轨误认为速度减小；
 (2) 闭坑策略：低轨→高轨需加速，但进入高轨后运行速度反而更小——区分“变轨瞬间”和“稳定运行后”。

高频考点--高频要点 重点攻克

【考点一】天体质量和密度的估算

1.“自力更生”法($g-R$)：利用天体表面的重力加速度 g 和天体半径 R 。

(1) 由 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$ 得天体质量 $M = \frac{gR^2}{G}$ 。

(2) 天体密度 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3g}{4\pi GR}$ 。

(3) $GM = gR^2$ 称为黄金代换公式。

2.“借助外援”法($T-r$)：测出卫星绕天体做匀速圆周运动的周期 T 和半径 r 。

(1) 由 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ 得天体的质量 $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ 。

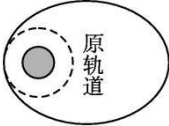
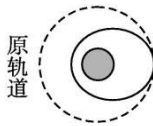
(2) 若已知天体的半径 R ，则天体的密度 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$ 。

(3) 若卫星绕天体表面运行时，可认为轨道半径 r 等于天体半径 R ，则天体密度 $\rho = \frac{3\pi}{GT^2}$ ，可见，只要测出卫星环绕天体表面运动的周期 T ，就可估算出中心天体的密度。

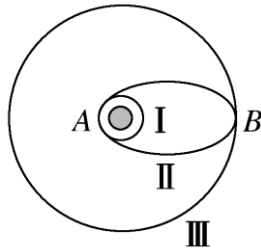
【考点二】卫星的变轨和追击相遇问题

一、卫星的变轨问题

1. 两类变轨简介

两类变轨	离心运动	近心运动
示意图		
变轨起因	卫星速度突然增大	卫星速度突然减小
万有引力与向心力的大小关系	$G\frac{Mm}{r^2} < m\frac{v^2}{r}$	$G\frac{Mm}{r^2} > m\frac{v^2}{r}$

2. 变轨前后各运行物理参量的比较



(1) 速度：设卫星在圆轨道I和III上运行时的速率分别为 v_1 、 v_3 ，在轨道II上过 A 点和 B 点时速率分别为 v_A 、 v_B 。在 A 点加速，则 $v_A > v_1$ ，在 B 点加速，则 $v_3 > v_B$ ，又因 $v_1 > v_3$ ，故有 $v_A > v_1 > v_3 > v_B$ 。

(2) 加速度：因为在 A 点，卫星只受到万有引力作用，故不论从轨道I还是轨道II上经过 A 点，卫星的加速度都相同，同理，经过 B 点加速度也相同。

(3) 周期：设卫星在I、II、III轨道上的运行周期分别为 T_1 、 T_2 、 T_3 ，轨道半径分别为 r_1 、 r_2 (半长轴)、 r_3 ，由开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$ 可知 $T_1 < T_2 < T_3$ 。

(4) 机械能：在一个确定的圆(椭圆)轨道上机械能守恒。若卫星在I、II、III轨道的机械能分别为 E_1 、 E_2 、 E_3 ，则 $E_1 < E_2 < E_3$ 。

①在 A 点，由圆周I变至椭圆II时，发动机向后喷气，推力做正功，动能增加、势能不变、机械能增加；

②在 B 点，由椭圆II变至圆周III时，发动机向后喷气，推力做正功，动能增加、势能不变、机械能增加；

反之也有相应的规律。

二、天体追及相遇问题

绕同一中心天体，在同一轨道平面内不同高度上同向运行的卫星，因运行周期的不同，两颗卫星有时相距最近，有时又相距最远，这就是天体中的“追及相遇”问题。

相距最远	当两卫星位于和中心天体连线的半径上两侧时，两卫星相距最远，从运动关系上，两卫星运动关系应满足 $(\omega_A - \omega_B)t' = (2n - 1)\pi (n = 1, 2, 3, \dots)$
------	---

相距	两卫星的运转方向相同，且位于和中心天体连线的半径上同侧时，两卫星相距最近，从运动关系上，两卫星运动关系应满足 $(\omega_A - \omega_B)t = 2n\pi (n=1,2,3, \dots)$
最近	

真题精研--复盘经典 把握规律

题组一 情景设定：天问三号 知识溯源：计算中心天体的质量

(2025·陕晋青宁卷·高考真题) 我国计划于 2028 年前后发射“天问三号”火星探测系统，实现火星取样返回。其轨道器将环绕火星做匀速圆周运动，轨道半径约 3750km，轨道周期约 2h。引力常量 G 取 $6.67 \times 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ，根据以上数据可推算出火星的 ()

- A. 质量 B. 体积 C. 逃逸速度 D. 自转周期

【答案】A

【详解】轨道器绕火星做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，可得 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = ma$

A. 题中已知的物理量有轨道半径 r ，轨道周期 T ，引力常量 G ，可推算出火星的质量，故 A 正确；

B. 若想推算火星的体积和逃逸速度，则还需要知道火星的半径 r ，故 BC 错误；

D. 根据上述分析可知，不能通过所提供物理量推算出火星的自转周期，故 D 错误。

故选 A。

题组二 情景设定：核聚变能源星际飞行器 知识溯源：天体运动中机械能的变化

(2025·河北·高考真题) 随着我国航天事业飞速发展，人们畅想研制一种核聚变能源星际飞行器。从某星球表面发射的星际飞行器在飞行过程中只考虑该星球引力，不考虑自转，该星球可视为质量分布均匀的球体，半径为 R_0 ，表面重力加速度为 g_0 。质量为 m 的飞行器与星球中心距离为 r 时，引力势能为

$mg_0 R_0^2 \left(\frac{1}{R_0} - \frac{1}{r} \right) (r \geq R_0)$ 。要使飞行器在距星球表面高度为 R_0 的轨道上做匀速圆周运动，则发射初速度为

()

- A. $\sqrt{g_0 R_0}$ B. $\sqrt{\frac{3g_0 R_0}{2}}$ C. $\sqrt{2g_0 R_0}$ D. $\sqrt{3g_0 R_0}$

【答案】B

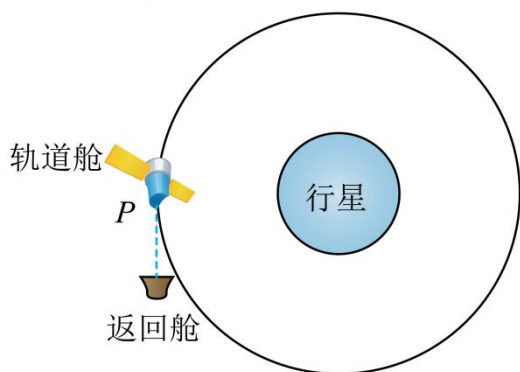
【详解】飞行器在轨道半径 $r = 2R_0$ 处的总机械能包括动能和势能。引力势能为 $E_p = \frac{1}{2} mg_0 R_0$ 根据万有引力提供向心力 $\frac{GMm}{(2R_0)^2} = m \frac{v^2}{(2R_0)}$ ，在星球表面有 $\frac{GMm}{R_0^2} = mg_0$ ，解得轨道速度满足 $v^2 = \frac{g_0 R_0}{2}$ ，对应动能

$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{4} mg_0 R_0$ ，总机械能 $E_{\text{总}} = \frac{3}{4} mg_0 R_0$ 根据机械能守恒，初始动能 $\frac{1}{2} mv_0^2 = E_{\text{总}}$ ，解得 $v_0 = \sqrt{\frac{3g_0 R_0}{2}}$ 。

故选 B。

题组三 情景设定：轨道舱与返回舱的组合体**知识溯源：计算卫星的各个物理量、动量守恒**

（2025·山东·高考真题）轨道舱与返回舱的组合体，绕质量为 M 的行星做半径为 r 的圆周运动，轨道舱与返回舱的质量比为 $5:1$ 。如图所示，轨道舱在 P 点沿运动方向向前弹射返回舱，分开瞬间返回舱相对行星的速度大小为 $2\sqrt{\frac{GM}{r}}$ ， G 为引力常量，此时轨道舱相对行星的速度大小为（ ）



- A. $\frac{2}{5}\sqrt{\frac{GM}{r}}$ B. $\frac{3}{5}\sqrt{\frac{GM}{r}}$ C. $\frac{4}{5}\sqrt{\frac{GM}{r}}$ D. $\sqrt{\frac{GM}{r}}$

【答案】C

【详解】轨道舱与返回舱的质量比为 $5:1$ ，设返回舱的质量为 m ，则轨道舱的质量为 $5m$ ，总质量为 $6m$ ；

根据题意组合体绕行星做圆周运动，根据万有引力定律有 $G\frac{M \cdot 6m}{r^2} = 6m\frac{v^2}{r}$

可得做圆周运动的线速度为 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

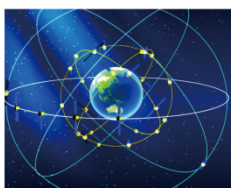
弹射返回舱的过程中组合体动量守恒，有 $6mv = 5mv_1 + mv_2$

由题意 $v_2 = 2\sqrt{\frac{GM}{r}}$

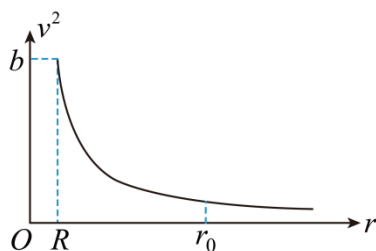
带入解得 $v_1 = \frac{4}{5}\sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，故选 C。

终极预测--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】（2026·安徽·三模）“古有司南，今有北斗”，如图甲所示的北斗卫星导航系统入选“2022 全球十大工程成就”。组成北斗卫星导航系统的卫星运行轨道半径 r 越大，线速度 v 越小，卫星运行状态视为匀速圆周运动，其 $v^2 - r$ 图像如图乙所示，图中 R 为地球半径， r_0 为北斗星座 GEO 卫星的运行轨道半径，图中物理量单位均为国际单位，引力常量为 G ，忽略地球自转，则（ ）



甲



乙

- A. 北斗星座 GEO 卫星的加速度为 $\frac{R}{r_0^2}$ B. 地球表面的重力加速度为 $\frac{R}{b}$
- C. 地球的质量为 $\frac{bR}{G}$ D. 地球的密度为 $\frac{3}{4\pi R^2 G}$

【答案】C

【知识点】计算中心天体的质量、计算中心天体的密度、其他星球表面的重力加速度、计算卫星的各个物理量

【详解】AC. 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$

由图乙可知当 $r = R$ 时, $v^2 = b$

代入可得地球的质量为 $M = \frac{bR}{G}$

对北斗星座 GEO 卫星根据 $G \frac{Mm}{r_0^2} = ma$

代入 $M = \frac{bR}{G}$, 可得 GEO 卫星的加速度大小 $a = \frac{bR}{r_0^2}$, 故 A 错误, C 正确;

B. 根据 $G \frac{Mm}{R^2} = mg$

代入 $M = \frac{bR}{G}$, 解得 $g = \frac{b}{R}$, 故 B 错误;

D. 地球的密度 $\rho = \frac{M}{V} = \frac{\frac{bR}{G}}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3b}{4\pi GR^2}$, 故 D 错误。

故选 C。

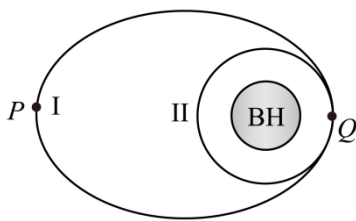
【名校预测·第二题】(2026·浙江杭州·二模) 2025 年 9 月, 科学家们的最新研究探讨了向距离地球最近的

黑洞发射探测器的可能性。下图为探测器绕黑洞 (BH) 的运动示意图, 椭圆轨道 I 与圆轨道 II 相切于 Q 点。

已知探测器质量为 m , 黑洞质量为 M , 半径为 R , 轨道 I 上离黑洞中心最远的 P 点到黑洞中心的距离为 $8R$,

圆轨道 II 的半径为 $2R$ 。若规定无穷远处引力势能为零, 探测器的引力势能 $E_p = -\frac{GMm}{r}$ (r 为探测器到黑洞

中心的距离), 探测器在椭圆轨道的总机械能 $E = -\frac{GMm}{2a}$ (a 为椭圆轨道半长轴)。则探测器 ()



- A. 在轨道 I、II 上运动的周期之比为 $2\sqrt{2}:5\sqrt{5}$
- B. 在轨道 I、II 上 Q 点的加速度大小之比为 $2\sqrt{2}:5\sqrt{5}$
- C. 经过轨道 I、II 上 Q 点的速度大小之比为 $2\sqrt{2}:\sqrt{5}$
- D. 在轨道 I 上经过 P、Q 点的速度大小之比为 $\sqrt{5}:2\sqrt{2}$

【答案】C

【知识点】开普勒第三定律、比较不同轨道上的卫星物理量、天体运动中机械能的变化

【详解】A. 根据开普勒第三定律，有 $\frac{\left(\frac{8R+2R}{2}\right)^3}{T_1^2} = \frac{(2R)^3}{T_2^2}$

可得探测器在轨道 I、II 上运行的周期之比为 $\frac{T_1}{T_2} = \frac{5\sqrt{5}}{2\sqrt{2}}$ ，故 A 错误；

B. 根据万有引力提供向心力，有 $\frac{GMm}{r^2} = ma$

可得 $a = \frac{GM}{r^2}$

故可知探测器在轨道 I、II 上 Q 点的加速度大小之比为 1:1，故 B 错误；

C. 在轨道 II 上 Q 点，根据万有引力提供向心力，有 $\frac{GMm}{(2R)^2} = m\frac{v_2^2}{2R}$

可得在轨道 II 上 Q 点的速度为 $v_2 = \sqrt{\frac{GM}{2R}}$

在轨道 I 上 Q 点的总机械能为 $E = -\frac{GMm}{2\left(\frac{8R+2R}{2}\right)} = -\frac{GMm}{10R}$

引力势能为 $E_p = -G\frac{Mm}{2R}$

则有 $E = E_p + \frac{1}{2}mv_1^2$

联立解得 $v_1 = \sqrt{\frac{4GM}{5R}}$

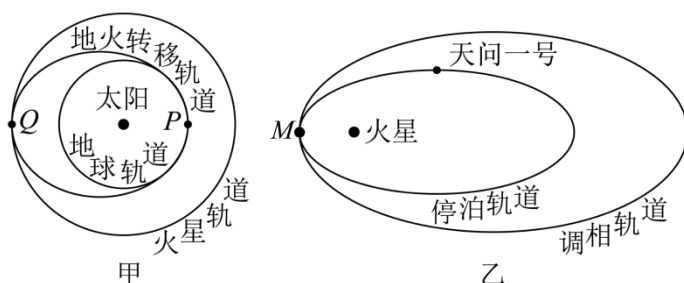
经过轨道 I、II 上 Q 点的速度大小之比为 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{5}}$ ，故 C 正确；

D. 根据开普勒第二定律，在相等的时间内，探测器与黑洞连线扫过的面积相等，则有 $\frac{1}{2}r_P v_P \Delta t = \frac{1}{2}r_Q v_Q \Delta t$

解得在轨道 I 上经过 P、Q 点的速度大小之比为 $\frac{v_P}{v_Q} = \frac{r_Q}{r_P} = \frac{2R}{8R} = \frac{1}{4}$ ，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第三题】（2026·辽宁大连·一模）“天问一号”从地球发射后，在如图甲所示的 P 点沿地火转移轨道运行到 Q 点，再依次进入如图乙所示的调相轨道和停泊轨道，已知图乙中两轨道相切于 M 点，则“天问一号”号（ ）



- A. 发射速度大于 16.7km/s
- B. 在地火转移轨道运行时，经过 P 点的加速度小于经过 Q 点的加速度
- C. 从调相轨道变轨到停泊轨道，运行周期变小
- D. 从调相轨道变轨到停泊轨道，需要在 M 点点火加速

【答案】C

【知识点】 开普勒第三定律、比较不同轨道上的卫星物理量、卫星发射及变轨问题

【详解】A. 因发射的卫星要能变轨到绕太阳转动，则发射速度要大于第二宇宙速度，即发射速度介于 11.2km/s 与 16.7km/s 之间，故 A 错误；

B. 根据牛顿第二定律有 $\frac{GMm}{r^2} = ma$

解得 $a = \frac{GM}{r^2}$

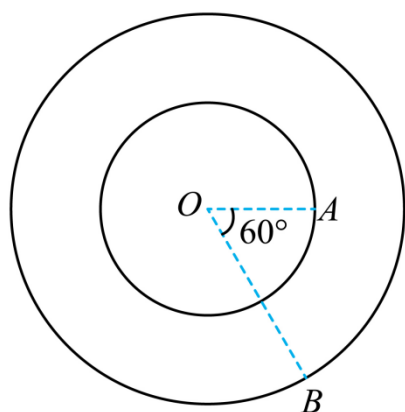
由图中卫星轨道半径大小关系可知，经过 P 点的加速度大于经过 Q 点的加速度，故 B 错误；

C. 因在环绕火星的停泊轨道的半长轴小于调相轨道的半长轴，则由开普勒第三定律 $\frac{r^3}{T^2} = k$ 可知，从调相轨道变轨到停泊轨道，运行周期变小，故 C 正确；

D. 在环绕火星的调相轨道变轨到停泊轨道，降轨要在 M 点减速，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第四题】（2026·贵州遵义·模拟预测）如图所示，A、B 为地球的两颗卫星，卫星 A 在地面附近沿顺时针方向绕地球做匀速圆周运动，周期约为 1.5h，卫星 B 绕地球做圆周运动的半径为 $4R$ （ R 为地球的半径），图示时刻两卫星分别与地心 O 点连线间的夹角为 60° 。下列说法正确的是（ ）



- A. 卫星 A 做匀速圆周运动的线速度大于 7.9km/s
- B. 卫星 B 的运动周期约为 12h
- C. 若卫星 B 沿顺时针方向运动，则至少经过约 $\frac{4}{7}\text{h}$ 两颗卫星相距最近
- D. 若卫星 B 沿逆时针方向运动，则至少经过约 $\frac{2}{9}\text{h}$ 两颗卫星相距最远

【答案】B

【知识点】开普勒第三定律、第一宇宙速度、卫星的追及相遇问题

【详解】A. 卫星 A 在地面附近沿顺时针方向绕地球做匀速圆周运动，其线速度大小等于第一宇宙速度。由万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{R^2} = m\frac{v^2}{R}$ 可得卫星 A 做匀速圆周运动的线速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = 7.9\text{km/s}$ ，故 A 错误；

B. 由开普勒第三定律有 $\frac{r_A^3}{T_A^2} = \frac{R^3}{T_A^2} = \frac{r_B^3}{T_B^2}$

卫星 A 的周期约为 1.5h，卫星 B 绕地球做圆周运动的半径为 $4R$ ，代入数据可得卫星 B 的运动周期约为 12h，故 B 正确；

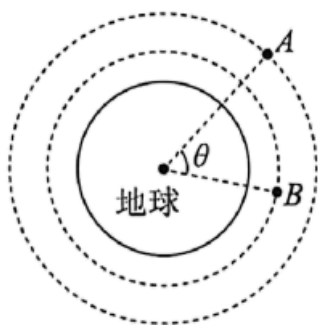
C. 若卫星 B 沿顺时针方向运动，设约经过 Δt 时间两颗卫星相距最近，由题意有 $\frac{2\pi}{T_A}\Delta t - \frac{2\pi}{T_B}\Delta t = \frac{\pi}{3}$ 可得 $\Delta t = \frac{2}{7}\text{h}$ ，故 C 错误；

D. 若卫星 B 沿逆时针方向运动，则至少经过 Δt 时间两颗卫星相距最远，由题意有 $\frac{2\pi}{T_A}\Delta t + \frac{2\pi}{T_B}\Delta t = \frac{4\pi}{3}$

可得 $\Delta t = \frac{8}{9}h$ ，故 D 错误。

故选 B。

【名校预测·第五题】（2026·河北保定·一模）千帆星座（别称 G60 星链）是中国首个进入正式组网阶段的巨型低轨商业卫星互联网星座，计划于 2030 年前部署超 1.5 万颗卫星。如图所示，两颗已发射的卫星 A、B 在同一轨道平面内绕地球沿逆时针方向做匀速圆周运动（只考虑地球对它们的引力作用），某时刻两者与地心连线夹角为 θ ，轨道半径分别为 r_A 、 r_B 。已知引力常量为 G ，地球质量为 M ，下列说法正确的是（ ）



A. 两卫星的线速度之比为 $r_A:r_B$

B. 两卫星的加速度之比为 $r_B:r_A$

C. 再经过时间 $\frac{\theta}{\sqrt{\frac{GM}{r_B^3}} - \sqrt{\frac{GM}{r_A^3}}}$ ，两卫星相距最近

D. 两卫星经过相同的时间，卫星 B 与地心连线扫过的面积更大

【答案】C

【知识点】 比较不同轨道上的卫星物理量、卫星的追及相遇问题

【详解】A. 根据万有引力提供向心力有 $G\frac{Mm}{r^2} = m\frac{v^2}{r}$

可得 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

可知两卫星的线速度之比为 $\sqrt{r_B}:\sqrt{r_A}$ ，故 A 错误；

B. 根据牛顿第二定律有 $G\frac{Mm}{r^2} = ma$

可得 $a = \frac{GM}{r^2}$

可知两卫星的加速度之比为 $r_B^2:r_A^2$ ，故 B 错误；

C. 根据万有引力提供向心力可得 $G\frac{Mm}{r^2} = m\omega^2 r$

可得 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$

设经过 t 时间两卫星相距最近，根据 $(\omega_B - \omega_A)t = k \cdot 2\pi + \theta (k = 0, 1, 2, \dots)$

当 $k = 0$ 时，解得 $t = \frac{\theta}{\sqrt{\frac{GM}{r_B^3}} - \sqrt{\frac{GM}{r_A^3}}}$ ，故 C 正确；

D. 卫星与地心连线 t 时间内扫过的面积 $S = \frac{1}{2} \omega r^2 t$

代入 $\omega = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ 可得 $S = \frac{1}{2} \sqrt{GM} r t$

由于 $r_A > r_B$ ，则两卫星经过相同的时间，卫星 A 与地心连线扫过的面积更大，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第六题】（2026·陕西宝鸡·一模）2025 年 4 月 27 日 23 时 54 分，我国成功发射第二代地球同步轨道数据中继卫星。该卫星主要用于为飞船、空间站等载人航天器提供数据中继和测控服务，也为中、低轨道资源卫星提供数据中继和测控支持。假设该地球同步卫星的离地高度是地球半径的 n 倍，下列说法正确的是（ ）

- A. 该同步卫星可以静止在北京上空
- B. 该同步卫星运行速度是第一宇宙速度的 $\sqrt{n+1}$ 倍
- C. 该同步卫星的运行速度是地球赤道上物体随地球自转速度的 $n+1$ 倍
- D. 若忽略地球的自转效应，则同步卫星的向心加速度是地球表面重力加速度的 $(n+1)^2$ 倍

【答案】C

【知识点】 同步卫星、近地卫星与赤道上物体的比较

【详解】A. 同步卫星必须位于赤道平面内才能相对于地面静止，北京不在赤道上（位于北纬约 40° ），故该卫星不能静止在北京上空，故 A 错误。

B. 根据 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$

第一宇宙速度 $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

同步卫星速度 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} = \sqrt{\frac{GM}{(n+1)R}} = \frac{v_1}{\sqrt{n+1}}$ ，故不是 v_1 的 $\sqrt{n+1}$ 倍，故 B 错误。

C. 地球赤道上物体随地球自转速度 $v_e = \frac{2\pi R}{T}$ （ T 为地球自转周期），同步卫星速度 $v_s = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2\pi(n+1)R}{T}$ ，

故 $\frac{v_s}{v_e} = n+1$ ，故 C 正确。

D. 忽略地球自转效应，地球表面重力加速度 $g = \frac{GM}{R^2}$

同步卫星向心加速度 $a = \frac{GM}{r^2} = \frac{GM}{(n+1)^2 R^2} = \frac{g}{(n+1)^2}$ ，故不是 g 的 $(n+1)^2$ 倍，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第七题】（2026·四川南充·二模）今年我国计划发射嫦娥七号探测器，其轨道器将进入环月轨道运行，承担水冰遥感普查等关键任务，若轨道器在距月球表面高度为 h 的圆轨道上做匀速圆周运动，已知月球半径为 R 。月球表面重力加速度为 g_0 、引力常量为 G ，忽略月球自转。下列说法正确的是（ ）

A. 轨道器运行的角速度 $\omega = \sqrt{\frac{g_0 R^2}{(R+h)^3}}$

B. 轨道器运行的速度大于月球的第一宇宙速度

C. 轨道器运行的向心加速度大于 g_0

D. 月球的质量 $m_{\text{月}} = \frac{g_0 (R+h)^2}{G}$

【答案】A

【知识点】 计算中心天体的质量、第一宇宙速度、计算卫星的各个物理量

【详解】A. 月球表面物体重力等于万有引力，即 $mg_0 = G \frac{m_{\text{月}} m}{R^2}$

轨道器做匀速圆周运动时万有引力提供向心力 $G \frac{m_{\text{月}} m_{\text{轨}}}{(R+h)^2} = m_{\text{轨}} \omega^2 (R+h) = m_{\text{轨}} \frac{v^2}{R+h} = m_{\text{轨}} a$

由向心力公式可得 $\omega = \sqrt{\frac{Gm_{\text{月}}}{(R+h)^3}}$

代入 $Gm_{\text{月}} = g_0 R^2$

得 $\omega = \sqrt{\frac{g_0 R^2}{(R+h)^3}}$ ，故 A 正确；

B. 第一宇宙速度是近月轨道（轨道半径 $r = R$ ）的环绕速度，由线速度公式 $v = \sqrt{\frac{Gm_{\text{月}}}{r}}$ 可知，轨道半径 r 越

大，线速度越小，轨道器轨道半径 $R+h > R$ ，因此速度小于月球第一宇宙速度，故 B 错误；

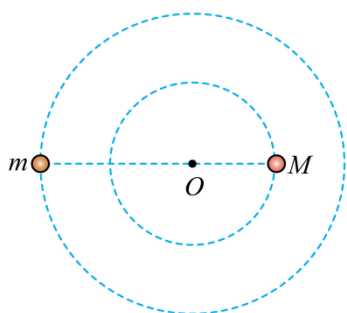
C. 向心加速度 $a = \frac{Gm_{\text{月}}}{r^2}$, r 越大 a 越小, 轨道器轨道半径 $R+h > R$, 因此向心加速度小于 g_0 , 故 C 错误;

D. 由黄金代换关系 $Gm_{\text{月}} = g_0 R^2$

得月球质量 $m_{\text{月}} = \frac{g_0 R^2}{G}$, 故 D 错误。

故选 A。

【名校预测·第八题】 (2026·山东淄博·一模) 我国“天关”卫星捕捉到一个异常的 X 射线源, 推断为某黑洞撕裂并吞噬白矮星的过程。在吞噬初期的较短时间内, 可将二者视为双星系统如图所示, 黑洞 M 和白矮星 m 绕连线上 O 点做匀速圆周运动, 初始时两星间距为 L 。若系统总质量保持不变, 运行周期变为原来的 k 倍。忽略其他天体影响, 此时黑洞与白矮星的间距变为 ()



A. $\sqrt[3]{k^2} L$

B. $\sqrt[3]{k} L$

C. $\sqrt[3]{\frac{1}{k^2}} L$

D. $\sqrt[3]{\frac{1}{k}} L$

【答案】A

【知识点】 双星问题

【详解】 设黑洞圆周运动的半径为 r_1 , 白矮星圆周运动的轨道半径为 r_2 , 万有引力提供圆周运动的向心力,

$$\text{则有 } \frac{GMm}{L^2} = M \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r_1, \quad \frac{GMm}{L^2} = m \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 r_2$$

结合题意可知 $r_1 + r_2 = L$

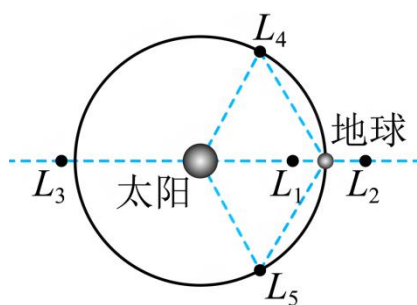
$$\text{联立解得 } T = 2\pi \sqrt{\frac{L^3}{G(M+m)}}$$

若系统总质量保持不变, 运行周期变为原来的 k 倍, 则有 $kT = 2\pi \sqrt{\frac{L'^3}{G(M+m)}}$

解得, 此时黑洞与白矮星的间距变为 $L' = \sqrt[3]{k^2} L$

故选 A。

【名校预测·第九题】（2026·湖南长沙·二模）日—地拉格朗日点是天体力学中极其特殊的位置，在这些点上，小天体在太阳和地球引力的共同作用下，相对于太阳和地球基本保持静止，在日地系统中共存在五个这样的点，如图所示。我国发射的首颗太阳探测卫星“羲和号”就运行在日地 L_1 点附近（可视为在 L_1 点）。已知“羲和号”卫星、地球均绕太阳做匀速圆周运动（轨道视为在同一平面内）。下列关于“羲和号”卫星的说法正确的是（ ）



- A. 运行周期小于地球绕太阳运行的周期
- B. 运行线速度大于地球绕太阳运行的线速度
- C. 运行向心加速度大于地球绕太阳运行的向心加速度
- D. 运行线速度小于一颗仅受太阳引力作用且在同一轨道上绕太阳做匀速圆周运动的行星的线速度

【答案】D

【知识点】比较不同轨道上的卫星物理量、拉格朗日点

【详解】A. 由题意知“羲和号”卫星与地球绕太阳运行的角速度相同，周期相同，A 错误；

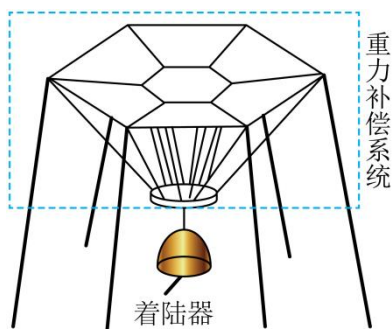
B. 由 $v = \omega r$ 知“羲和号”绕太阳运行的轨道半径小于地球绕太阳运动的轨道半径，可知“羲和号”绕太阳运行的线速度小于地球绕太阳运行的线速度，B 错误；

C. 由 $a_n = \omega^2 r$ 知“羲和号”绕太阳运行的向心加速度小于地球绕太阳运行的向心加速度，C 错误；

D. 由 $G \frac{Mm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ 有 $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，知 $v_{\text{行}} > v_{\text{地}}$ ，又 $v_{\text{地}} > v_{\text{羲}}$ ，故 $v_{\text{羲}} < v_{\text{行}}$ ，D 正确。

故选 D。

【名校预测·第十题】（2026·河南郑州·一模）2025 年 8 月，我国揽月月面着陆器着陆起飞综合验证试验取得圆满成功。如图，为了在地球上模拟月球重力环境，试验时把着陆器悬挂在重力补偿系统下方，为其提供合适的拉力。已知地球质量是月球的 a 倍、半径是月球的 b 倍，着陆器质量为 m ，地球表面的重力加速度为 g ，则重力补偿系统对着陆器提供的拉力大小为（ ）



A. $\frac{a-b^2}{a}mg$

B. $\frac{a-b}{a}mg$

C. $\frac{b^2}{a}mg$

D. $\frac{b}{a}mg$

【答案】A

【知识点】其他星球表面的重力加速度、万有引力与重力的关系

【详解】根据 $G\frac{Mm}{R^2} = mg$ 得 $g = G\frac{M}{R^2}$ 月球表面的重力加速度 $g_{\text{月}} = g\frac{b^2}{a}$ 重力补偿系统对着陆器提供的拉力大小为 $T = mg - mg_{\text{月}}$ 解得 $T = \frac{a-b^2}{a}mg$ 故选 A。

倒计时 17 天

厚积恒功，高功率冲刺；高考逐梦，必功成！。

功率和功能关系

考情透视--把脉命题 直击重点

► 命题解码：

功率和功能关系是高考物理的经典核心考点，近年来命题热度居高不下，题型覆盖选择题、实验题与计算题。近 5 年考情统计显示，功与变力做功每年均有考查，功率与机车启动更是高频，动能定理和机械能守恒定律的考查覆盖面最广、涉及年份最多。功能关系是高中物理能量观念的核心，贯穿于力学、电磁学等模块，是解决复杂运动与相互作用的重要途径。

► 高考前沿：

2026 年命题呈现三大趋势：一是强化实际情境融合，如以新能源汽车、机械吊装等生产生活场景为背景，考查功和功率的估算；二是注重功能关系的综合应用，常结合平抛运动、圆周运动等模型，通过动能定理、机械能守恒定律解决多过程问题；三是创新设问方式，引入图像分析（如 F-s 图、P-t 图）要求定量计算或定性判断。能量观点与动量观点的交叉融合将成为压轴题的命题方向。弹簧+滑块、传送带等经典模

型仍是考查功能关系的重要载体。

核心模型--模型架构，精准剖析

【模型一】功与功率

一、功及功的正负

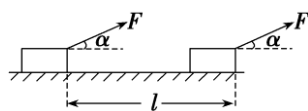
1. 定义：一个物体受到力的作用，如果在力的方向上发生了一段位移，就说这个力对物体做了功。

2. 做功的两个要素

(1)作用在物体上的力。

(2)物体在力的方向上发生的位移。

3. 公式： $W=Fl\cos\alpha$ 。



(1) α 是力与位移方向之间的夹角， l 为物体对地的位移。

(2)该公式只适用于恒力做功。

4. 功的正负

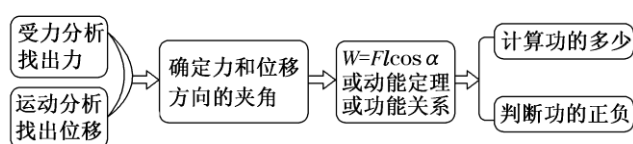
(1)当 $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 时， $W > 0$ ，力对物体做正功。

(2)当 $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ 时， $W < 0$ ，力对物体做负功，或者说物体克服这个力做了功。

(3)当 $\alpha = 90^\circ$ 时， $W = 0$ ，力对物体不做功。

二、恒力功的计算

1. 恒力功的计算方法



2. 总功的计算方法

方法一：先求合力 $F_{\text{合}}$ ，再用 $W_{\text{总}} = F_{\text{合}} l \cos \alpha$ 求功，此法要求 $F_{\text{合}}$ 为恒力。

方法二：先求各个力做的功 W_1 、 W_2 、 W_3 、...，再应用 $W_{\text{总}} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots$ 求总功，注意代入“+”“—”再求和。

三、平均功率的计算

1. 利用 $P = \frac{W}{t}$ 。

2. 利用 $P = Fv \cos \alpha$ ，其中 v 为物体运动的平均速度， α 为 F 与 v 的夹角。

四、瞬时功率的计算

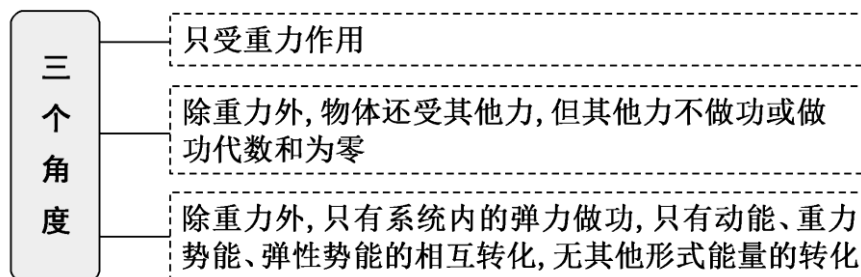
1.利用公式 $P=Fv\cos\alpha$,其中 v 为 t 时刻的瞬时速度, α 为 F 与 v 的夹角。

2.利用公式 $P=Fv_F$,其中 v_F 为物体的速度 v 在力 F 方向上的分速度。

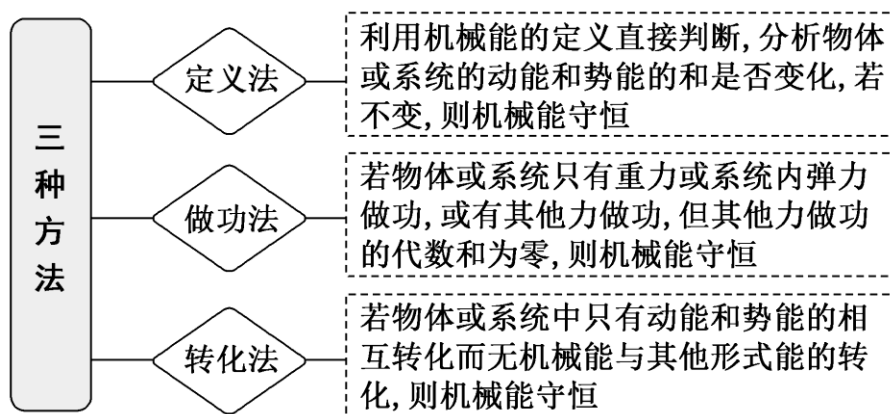
3.利用公式 $P=F_v v$,其中 F_v 为物体受到的外力 F 在速度 v 方向上的分力。

【模型二】机械能守恒定律

一、对守恒条件理解的三个角度



二、判断机械能守恒的三种方法



三、三类连接体的机械能守恒问题

1. 轻绳连接的物体系统

常见情景	
三点提醒	<p>(1) 分清两物体是速度大小相等,还是沿绳方向的分速度大小相等。</p> <p>(2) 用好两物体的位移大小关系或竖直方向高度变化的关系。</p> <p>(3) 对于单个物体,一般绳上的力要做功,机械能不守恒;但对于绳连接的系统,机械能则可能守恒。</p>

2. 轻杆连接的物体系统

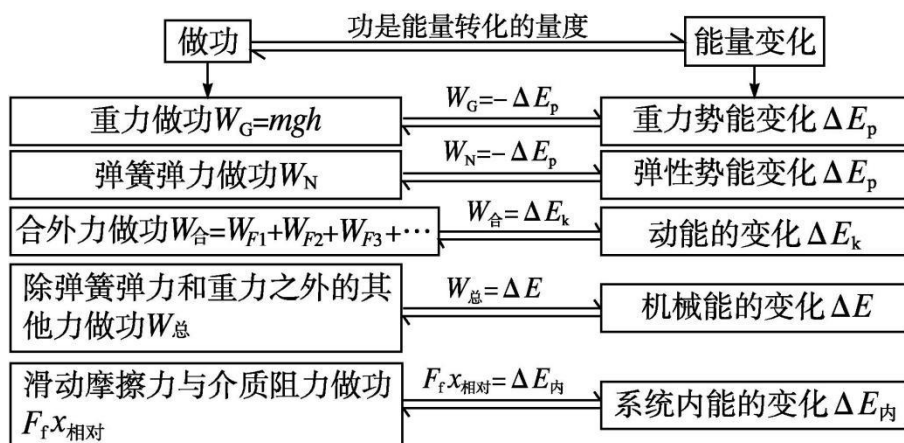
常见情景	
三大特点	<p>(1) 平动时两物体线速度相等，转动时两物体角速度相等。</p> <p>(2) 杆对物体的作用力并不总是沿杆的方向，杆能对物体做功，单个物体机械能不守恒。</p> <p>(3) 对于杆和球组成的系统，忽略空气阻力和各种摩擦且没有其他力对系统做功，则系统机械能守恒。</p>

3. 轻弹簧连接的物体系统

题型特点	由轻弹簧连接的物体系统，一般既有重力做功又有弹簧弹力做功，这时系统内物体的动能、重力势能和弹簧的弹性势能相互转化，而总的机械能守恒。
两点提醒	<p>(1) 对同一弹簧，弹性势能的大小由弹簧的形变量完全决定，无论弹簧伸长还是压缩。</p> <p>(2) 物体运动的位移与弹簧的形变量或形变量的变化量有关。</p>

【模型三】功能关系

1. 功是能量转化的量度, 力学中几种常见的功能关系如下



2. 能量守恒定律的两点理解

- (1) 某种形式的能量减少，一定存在其他形式的能量增加，且减少量和增加量一定相等。
- (2) 某个物体的能量减少，一定存在其他物体的能量增加，且减少量和增加量一定相等。

3. 能量转化问题的解题思路

- (1) 当涉及摩擦力做功，机械能不守恒时，一般应用能的转化和守恒定律。
- (2) 解题时，首先确定初、末状态，然后分析状态变化过程中哪种形式的能量减少，哪种形式的能量增加，求出减少的能量总和 $\Delta E_{\text{减}}$ 与增加的能量总和 $\Delta E_{\text{增}}$ ，最后由 $\Delta E_{\text{减}} = \Delta E_{\text{增}}$ 列式求解。

易错避坑--易错陷阱 精准避坑

【易错一】机车启动过程混淆

- (1) 易错点：恒定功率与恒定牵引力两种模式不分；
- (2) 闭坑策略：画出 $v-t$ 图分阶段分析：恒定牵引力阶段 $v-t$ 为直线，恒定功率阶段 $v-t$ 为曲线。

【易错二】机械能守恒条件误判

- (1) 易错点：系统内有摩擦力仍认为守恒；
- (2) 闭坑策略：严格检查是否有重力或弹簧弹力以外的力做功，有则机械能不守恒。

【易错三】摩擦生热计算

- (1) 易错点：生热公式 $Q=fs$ 中 s 的含义不清；
- (2) 闭坑策略： s 是摩擦力作用过程中两物体接触面的相对路程，而非位移差。

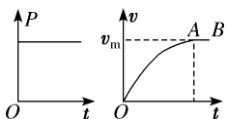
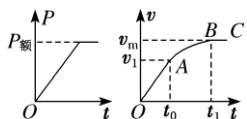
【易错四】功率公式中的角度

- (1) 易错点： $P=Fv\cos\theta$ 其中 θ 是 F 与 v 的夹角，常被忽略；
- (2) 闭坑策略：曲线运动时，往往 F 与 v 有夹角，这就是易错点。

高频考点--高频要点 重点攻克

【考点一】机车启动问题

1. 两种启动方式

		以恒定功率启动	以恒定加速度启动
$P-t$ 图像 和 $v-t$ 图像			
OA 段	过程分析	$v\uparrow \Rightarrow F=\frac{P}{v}\downarrow$ $\Rightarrow a=\frac{F-F_{\text{阻}}}{m}\downarrow$	$a=\frac{F-F_{\text{阻}}}{m}$ 不变 $\Rightarrow F$ 不变 $v\uparrow \Rightarrow P=Fv\uparrow$ 直到 $P_{\text{额}}=Fv_1$
	运动性质	加速度减小的加速运动	匀加速直线运动，维持时间 $t_0=\frac{v_1}{a}$
AB 段	过程分析	$F=F_{\text{阻}} \Rightarrow a=0$ $\Rightarrow v_m=\frac{P}{F_{\text{阻}}}$	$v\uparrow \Rightarrow F=\frac{P_{\text{额}}}{v}\downarrow$ $\Rightarrow a=\frac{F-F_{\text{阻}}}{m}\downarrow$
	运动性质	以 v_m 做匀速直线运动	加速度减小的加速运动

BC 段	无	$F = F_{\text{阻}} \Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ $\text{以 } v_m = \frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{阻}}} \text{ 做匀速运动}$
------	---	--

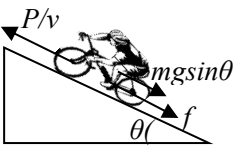
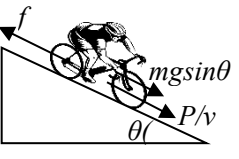
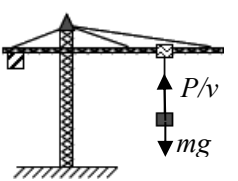
2. 三个重要关系

(1) 无论哪种启动过程，机车的最大速度都为 $v_m = \frac{P}{F_{\text{阻}}}$ 。

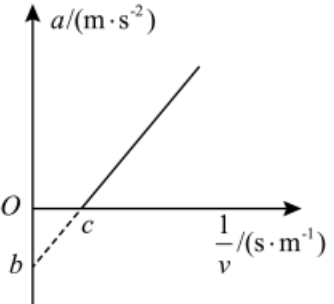
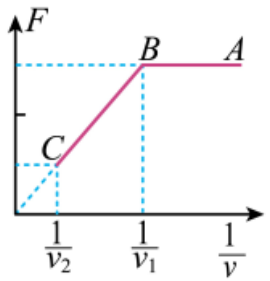
(2) 机车以恒定加速度启动时，匀加速过程结束后功率最大，速度不是最大，即 $v = \frac{P}{F} < v_m = \frac{P}{F_{\text{阻}}}$ 。

(3) 机车以恒定功率运行时，牵引力做的功 $W = Pt$ ，由动能定理得 $Pt - F_{\text{阻}}x = \Delta E_k$ ，此式经常用于求解机车以恒定功率启动过程的位移、速度或时间。

3. 倾斜、竖直机车启动问题

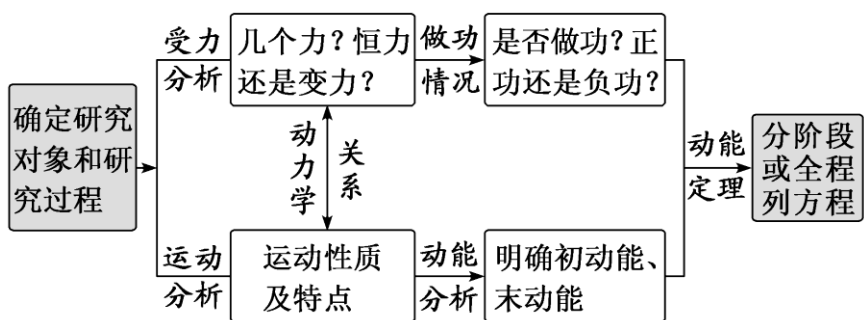
		
上坡最大速度 $v_m = \frac{P}{f + mg \sin \theta}$	下坡最大速度 $v_m = \frac{P}{f - mg \sin \theta}$	竖直提升最大速 $v_m = \frac{P}{mg}$

4. 机车启动 $a-1/v$ 图像和 $F-1/v$ 图像问题

恒定功率启动 $a-1/v$ 图像	恒定加速度启动 $F-1/v$ 图像
	
<p>由 $F - F_f = ma$, $P = Fv$ 可得: $a = \frac{P}{m} \cdot \frac{1}{v} - \frac{F_f}{m}$,</p> <p>① 斜率 $k = \frac{P}{m}$</p> <p>② 纵截距 $b = -\frac{F_f}{m}$</p> <p>③ 横截距 $c = \frac{1}{v_m} = \frac{F_f}{P}$</p>	<p>① AB 段牵引力不变，做匀加速直线运动；</p> <p>② BC 图线的斜率 k 表示功率 P，知 BC 段功率不变，牵引力减小，加速度减小，做加速度减小的加速运动；</p> <p>③ B 点横坐标对应匀加速运动的末速度为 $1/v_1$；</p> <p>④ C 点横坐标对应运动的最大速度 $1/v_2$，此时牵引力等于阻力。</p>

【考点二】应用动能定理处理多过程问题

1. 解题流程



2. 注意事项

- (1) 动能定理中的位移和速度必须是相对于同一个参考系的，一般以地面或相对地面静止的物体为参考系。
- (2) 应用动能定理的关键在于对研究对象进行准确的受力分析及运动过程分析，并画出运动过程的草图，借助草图理解物理过程之间的关系。
- (3) 当物体的运动包含多个不同过程时，可分段应用动能定理求解；当所求解的问题不涉及中间的速度时，也可以全过程应用动能定理求解，这样更简便。
- (4) 列动能定理方程时，必须明确各力做功的正、负，确实难以判断的先假定为正功，最后根据结果加以检验。

【考点三】传送带类问题中功能关系的应用

1. 两个设问角度

- (1) 动力学角度：首先要正确分析物体的运动过程，做好受力分析，然后利用运动学公式结合牛顿第二定律求物体及传送带在相应时间内的位移，找出物体和传送带之间的位移关系。
- (2) 能量角度：求传送带对物体所做的功、物体和传送带由于相对滑动而产生的热量、因放上物体而使电动机多消耗的电能等，常依据功能关系或能量守恒定律求解。

2. 两个功能关系

- (1) 传送带电动机做的功 $W_{\text{电}} = \Delta E_k + \Delta E_p + Q = Fx_{\text{传}}$ 。
- (2) 传送带摩擦力产生的热量 $Q = F_f x_{\text{相对}}$ 。

【考点四】传送带类问题中功能关系的应用

1. 两个分析角度

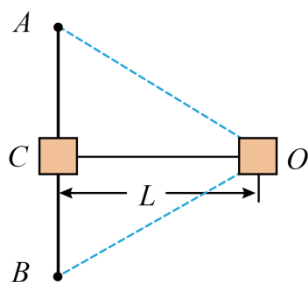
- (1) 动力学角度：首先隔离物块和木板，分别分析受力，求出加速度，根据初速度分析两者的运动过程，画出运动轨迹图，找到位移和相对位移关系，根据时间关系列位移等式和速度等式。
- (2) 能量角度：物块在木板上滑行时，速度减小的物块动能减小，速度增大的木板动能增加，根据能量守恒，减小的动能等于增加的动能与系统产生的内能之和。

2. 三种处理方法

- (1) 求解对地位移可优先考虑应用动能定理。
- (2) 求解相对位移可优先考虑应用能量守恒定律。
- (3) 地面光滑时，求速度可优先考虑应用动量守恒定律。

题组一 情景设定：橡皮绳 知识溯源：受力分析、牛顿第二定律、动能定理、简谐运动特征

（2025·浙江·高考真题）如图所示，两根相同的橡皮绳，一端连接质量为 m 的物块，另一端固定在水平桌面上的 A 、 B 两点。物块处于 AB 连线的中点 C 时，橡皮绳为原长。现将物块沿 AB 中垂线水平拉至桌面上的 O 点静止释放。已知 CO 距离为 L ，物块与桌面间的动摩擦因数为 μ ，橡皮绳始终处于弹性限度内，不计空气阻力，则释放后（ ）



- A. 物块做简谐运动
- B. 物块只受到重力、橡皮绳弹力和摩擦力的作用
- C. 若 $\angle AOB = 90^\circ$ 时每根橡皮绳的弹力为 F ，则物块所受合力大小为 $\sqrt{2}F$
- D. 若物块第一次到达 C 点的速度为 v_0 ，此过程中橡皮绳对物块做的功 $W = \frac{1}{2}mv_0^2 + \mu mgL$

【答案】D

【详解】AB. 物块在水平桌面上运动，受到重力、桌面的支持力、橡皮绳的弹力以及摩擦力的作用；而运动方向受橡皮绳的弹力和摩擦力作用，其合力不满足简谐运动的回复力特点（ $F = -kx$ ），因摩擦力是恒力，不随位移按比例变化，所以物块不做简谐运动，故 **AB** 错误；

C. 若 $\angle AOB = 90^\circ$ 时每根橡皮绳的弹力为 F ，两根橡皮绳弹力的合力 $F_{\text{弹合}} = \sqrt{F^2 + F^2} = \sqrt{2}F$

物块还受到摩擦力为 $f = \mu N = \mu mg$ 则物块所受合力为 $F_{\text{合}} = \sqrt{2}F - \mu mg$ ，故 **C** 错误；

D. 若物块第一次到达 C 点的速度为 v_0 ，物块从 O 点运动到 C 点，由动能定理可知 $W - \mu mgL = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$

解得橡皮绳对物块做的功为 $W = \frac{1}{2}mv_0^2 + \mu mgL$ ，故 **D** 正确。故选 **D**。

题组二 情景设定：光伏电池 知识溯源：功率、能量守恒定律

（2025·山东·高考真题）一辆电动小车上的光伏电池，将太阳能转换成的电能全部给电动机供电，刚好维持小车以速度 v 匀速运动，此时电动机的效率为 50%。已知小车的质量为 m ，运动过程中受到的阻力 $f = kv$ （ k 为常量），该光伏电池的光电转换效率为 η ，则光伏电池单位时间内获得的太阳能为（ ）

A. $\frac{2kv^2}{\eta}$

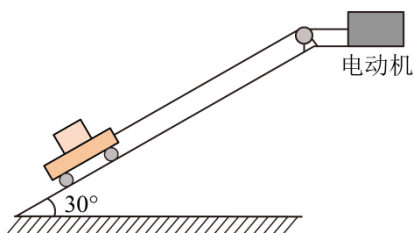
B. $\frac{kv^2}{2\eta}$

C. $\frac{kv^2 + mv^2}{2\eta}$

D. $\frac{2kv^2 + mv^2}{\eta^2}$

【答案】A**【详解】**根据题意小车匀速运动，则有 $F = f = kv$ 小车的机械功率 $P_{\text{机}} = Fv = kv^2$ 由于电动机的效率为 50%，则有 $P_{\text{电}} = \frac{P_{\text{机}}}{\eta} = \frac{kv^2}{0.5} = 2kv^2$ 光伏电池的光电转换效率为 η ，即 $\eta = \frac{P_{\text{电}}}{P_{\text{阳}}}$ 可得 $P_{\text{阳}} = \frac{P_{\text{电}}}{\eta} = \frac{2kv^2}{\eta}$ 故选 A。**题组三 情景设定：电动机拉小车 知识溯源：已知受力求运动、应用动能定理解决机车启动问题**

3. (2025·四川·高考真题) 如图所示，倾角为 30° 的光滑斜面固定在水平地面上，安装在其顶端的电动机通过不可伸长轻绳与小车相连，小车上静置一物块。小车与物块质量均为 m ，两者之间动摩擦因数为 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 。电动机以恒定功率 P 拉动小车由静止开始沿斜面向上运动。经过一段时间，小车与物块的速度刚好相同，大小为 v_0 。运动过程中轻绳与斜面始终平行，小车和斜面均足够长，重力加速度大小为 g ，忽略其他摩擦。则这段时间内 ()



A. 物块的位移大小为 $\frac{2v_0^2}{3g}$

B. 物块机械能增量为 $\frac{5mv_0^2}{2}$

C. 小车的位移大小为 $\frac{16Pv_0}{5mg^2} - \frac{2v_0^2}{5g}$

D. 小车机械能增量为 $\frac{8Pv_0}{5g} + \frac{mv_0^2}{2}$

【答案】C**【详解】A.** 对物块根据牛顿第二定律有 $\mu mg \cos 30^\circ - mg \sin 30^\circ = ma$ 解得 $a = \frac{1}{4}g$ 根据运动学公式有 $v_0^2 = 2ax_1$ 解得物块的位移大小为 $x_1 = \frac{2v_0^2}{g}$ 故 A 错误；B. 物块机械能增量为 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx_1 \cdot \sin 30^\circ = \frac{3}{2}mv_0^2$ 故 B 错误；C. 对小车根据动能定理有 $Pt - (\mu mg \cos 30^\circ + mg \sin 30^\circ)x = \frac{1}{2}mv_0^2$ 其中 $t = \frac{v_0}{a}$ 联立解得 $x = \frac{16Pv_0}{5mg^2} - \frac{2v_0^2}{5g}$

故 C 正确；

D. 小车机械能增量为 $\Delta E' = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgx \sin 30^\circ = \frac{8Pv_0}{5g} + \frac{3mv_0^2}{10}$ 故 D 错误。故选 C。**终极预测**--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】（2026·浙江台州·二模）在 2026 年春晚中机器人表演了原地起跳动作。在起跳阶段，质量为 M 的机器人对地面的平均压力为 F ，重心上升高度为 d 。离地后，重心继续上升的最大高度为 h 。假设空气阻力忽略不计。下列说法正确的是（ ）



- A. 起跳阶段，机器人处于失重状态
- B. 起跳阶段，地面对机器人做功 Fd
- C. 起跳阶段，地面对机器人做功 Fh
- D. 地面对机器人的支持力与机器人对地面的压力大小一定相等

【答案】D

【知识点】 牛顿第三定律、超重和失重的概念、功的定义（式）

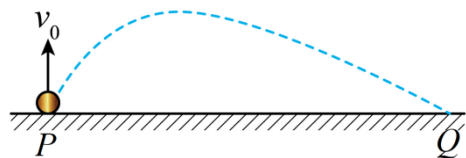
【详解】 A. 起跳阶段，机器人的加速度方向向上，处于超重状态，A 错误；

BC. 起跳阶段，地面对机器人的弹力没有位移，则地面对机器人不做功，BC 错误；

D. 地面对机器人的支持力与机器人对地面的压力是相互作用力，总是等大反向，D 正确。

故选 D。

【名校预测·第二题】（2026·安徽芜湖·一模）一个质量为 m 的小球（视为质点）从空中某一高度的 P 点以大小为 v_0 的初速度竖直向上抛出，已知小球在空中受到水平向右的恒定风力，运动轨迹如图所示，忽略小球受到的空气阻力。已知小球在空中运动的最高点到抛出点的竖直距离与水平距离相等，小球下落经过了与 P 点相同高度的 Q 点，重力加速度大小为 g 。下列说法正确的是（ ）



- A. 小球受到的恒定风力大小为 $\frac{1}{2}mg$
- B. 小球经过最高点时机械能最小
- C. 小球经过最高点时恒定风力的瞬时功率大小为 $2mgv_0$
- D. 小球从 P 点到 Q 点过程中机械能增加量为 $2mv_0^2$

【答案】D

【知识点】斜抛运动、机械能、常见力做功与相应的能量转化、瞬时功率

【详解】A. 已知小球在空中运动的最高点到抛出点的竖直距离与水平距离相等，竖直方向利用逆向思维，则有 $y = \frac{1}{2}gt^2 = x = \frac{1}{2}at^2$

可知小球在水平方向的加速度 $a = g$

则小球受到的恒定风力大小为 $F = ma = mg$ ，故 A 错误；

B. 小球在整个运动过程中，风力对小球一直做正功，小球的机械能一直在增加，所以小球经过最高点时机械能不是最小的，故 B 错误；

C. 小球经过最高点时，水平方向的速度大小为 $v_x = at = gt = v_0$

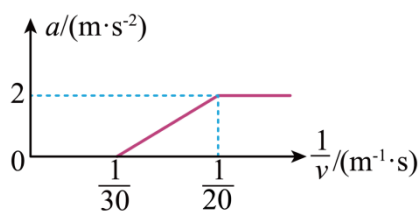
则此时恒定风力的瞬时功率大小为 $P = Fv_x = mgv_0$ ，故 C 错误；

D. 小球运动到 Q 点时的速度大小为 $v = \sqrt{v_x'^2 + v_y^2} = \sqrt{(g \times 2t)^2 + v_0^2} = \sqrt{(2v_0)^2 + v_0^2} = \sqrt{5}v_0$

可得小球从 P 点到 Q 点过程中机械能增加量为 $\Delta E = \Delta E_k = \frac{1}{2}m(\sqrt{5}v_0)^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = 2mv_0^2$ ，故 D 正确。

故选 D。

【名校预测·第三题】（2026·山西朔州·一模）如图所示为某新能源汽车在某次测试行驶时的加速度 a 和车速的倒数 $\frac{1}{v}$ 的关系图像。若车的质量为 $2 \times 10^3 \text{ kg}$ ，它由静止开始沿平直公路行驶，且行驶中阻力恒定，最大车速为 30 m/s ，根据以上条件结合图像，下列说法正确的是（ ）



- A. 无法求出汽车做匀加速运动的时间
- B. 无法求出汽车所受阻力大小
- C. 可以求出汽车的额定功率
- D. 无法求出汽车的加速度为 1 m/s^2 时的速度大小

【答案】C

【知识点】以恒定加速度启动

【详解】A. 由题图可知，汽车做匀加速直线运动的加速度大小为 $a = 2 \text{ m/s}^2$ ，末速度大小 $v_1 = 20 \text{ m/s}$ ，则

汽车做匀加速运动的时间为 $t = \frac{v_1}{a} = 10\text{s}$ ，故 A 错误；

BC. 设汽车所受阻力大小为 f ，额定功率为 $P_{\text{额}}$ ，当汽车速度达到最大时，有 $P_{\text{额}} = fv_m$

汽车做匀加速直线运动过程，由牛顿第二定律可得 $F_1 - f = ma$

又 $P_{\text{额}} = F_1 v_1$

联立解得 $f = 8000\text{N}$ ， $P_{\text{额}} = 2.4 \times 10^5\text{W}$ ，故 B 错误，C 正确；

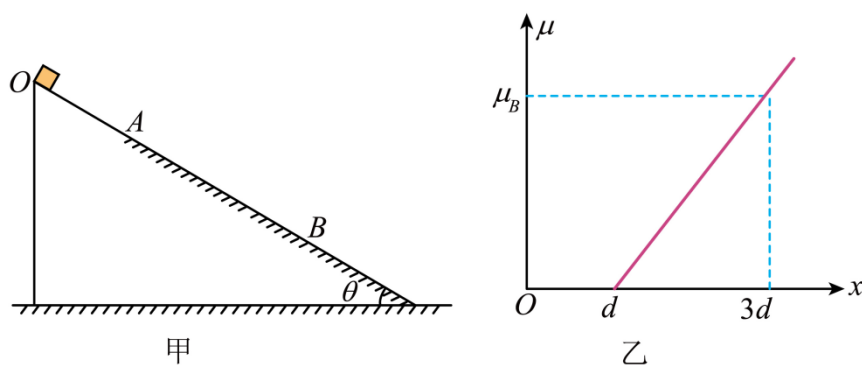
D. 当汽车的加速度为 1m/s^2 时，由牛顿第二定律可得 $F - f = ma_1$

解得牵引力大小为 $F = 10000\text{N}$

此时汽车的速度大小为 $v = \frac{P_{\text{额}}}{F} = 24\text{m/s}$ ，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第四题】（2026·山东枣庄·二模）如图甲所示，固定斜面的倾角为 θ ，以 O 为原点、沿斜面向下为正方向建立 x 轴， A 、 B 点的坐标分别为 $x_A = d$ 、 $x_B = 3d$ 。质量为 m 的滑块由 O 点静止释放，恰好能运动到 B 点，滑块与斜面间的动摩擦因数 μ 随坐标 x 的变化的图线为倾斜直线，如图乙所示。重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）



- A. 滑块进入 AB 段立即做减速运动
- B. 滑块经过 A 点时重力的功率为 $mg\sqrt{2gd \sin \theta}$
- C. B 点处的动摩擦因数 $\mu_B = 3 \tan \theta$
- D. 滑块从 $x = \frac{d}{2}$ 处由静止释放将不能到达 $x = 2d$ 处

【答案】C

【知识点】应用动能定理解决多段过程问题、瞬时功率

【详解】A. 滑块进入 AB 段，最初动摩擦因数较小，重力的下滑分力大于滑动摩擦力，故先做加速度减小

的加速运动，后重力的下滑分力小于滑动摩擦力，且滑动摩擦力增大，做加速度增大的减速运动，故 A 错误；

B. 从 $O \rightarrow A$ ，由 $mgd \sin \theta = \frac{1}{2}mv^2$ 重力的功率为 $P = mgv \cos(90^\circ - \theta) = mg\sqrt{2gd \sin \theta} \sin \theta$ ，故 B 错误；

C. 设在距离原点 x 处动摩擦因数为 μ ，则下滑 Δx 由动能定理有 $mg\Delta x \sin \theta - \mu mg \cos \theta \cdot \Delta x = \Delta E_k$

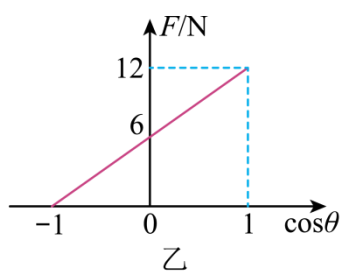
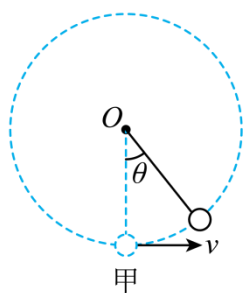
求和得 $mg3d \sin \theta - mg \cos \theta \cdot \mu x = 0$ ， μx 为图乙中三角形的面积 $\mu x = \frac{1}{2} \times 2d\mu_B$ 解得 $\mu_B = 3 \tan \theta$ ，故 C 正确；

D. 从 $x = \frac{d}{2}$ 处到 $x = 2d$ 处，重力做功为 $W_G = \frac{3}{2}mgd \sin \theta$ 摩擦力做功为 $W_{F_f} = -mg \cos \theta \cdot \frac{1}{2}d \cdot \frac{\mu_B}{2} = -\frac{3}{4}mgd \sin \theta$

因 $W_G > |W_{F_f}|$ ，故滑块从 $x = \frac{d}{2}$ 处由静止释放将能到达 $x = 2d$ 处，故 D 错误。故选 C。

【名校预测·第五题】（2025·四川·一模）如图甲所示，不可伸长的细绳一端固定在 O 点，另一端连接小球。

小球绕着 O 点在竖直面内做完整的圆周运动，细绳与竖直向下方向间的夹角为 θ ，绳中拉力大小为 F ， F 与 $\cos \theta$ 的关系如图乙所示， g 取 10 m/s^2 。则小球的质量为（ ）



A. 0.1kg

B. 0.2kg

C. 0.4kg

D. 0.6kg

【答案】B

【知识点】机械能守恒定律在曲线运动中的应用

【详解】设小球在最低点时的速度为 v ，从最低点开始转过 θ 角时，根据机械能守恒有

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv'^2 + mgL(1 - \cos \theta)$$

根据牛顿第二定律可得 $F - mg \cos \theta = m \frac{v'^2}{L}$

$$\text{联立可得 } F = \frac{mv^2}{L} - 2mg + 3mg \cos \theta$$

$$\text{可得 } 3mg = k = 6\text{N}$$

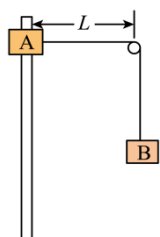
解得小球的质量 $m = 0.2\text{kg}$

故选 B。

【名校预测·第六题】（2026·海南海口·二模）如图，可视为质点的物块 A、B 用一不可伸长的轻绳连接，A

穿在光滑竖直细杆上，细杆底部固定。轻绳跨过轻质光滑定滑轮。A、B 的质量分别为 m ， $2m$ ，定滑轮到

杆的距离为 L ，细绳长为 $2L$ 。现让 A 从与定滑轮等高处由静止释放，不计一切摩擦、空气阻力及定滑轮大小，重力加速度为 g 。关于 A 下落过程中的说法正确的是（ ）



- A. 物块 A 的机械能一直增大
- B. 物块 A 的速度始终小于物块 B 的速度
- C. 物块 A 下落的最大距离为 $h = \frac{4}{3}L$
- D. 物块 A、B 等高时物块 B 的速度大小为 $\frac{5}{86}\sqrt{86gL}$

【答案】C

【知识点】绳连接关联速度问题、机械能守恒定律在绳连接系统中的应用

【详解】A. 由静止释放物块 A，物块 A 向下运动的过程中，重力做正功，绳子的拉力做负功，物块 A 的机械能减小，故 A 错误；

B. 设物块 A 下滑的过程中绳与竖直方向的夹角为 α ，则 $v_A \cos \alpha = v_B$

所以，物块 A 的速度大于物块 B 的速度，当物块 A 的速度为零时，物块 B 的速度也为零，故 B 错误；

C. 当物块 A 的速度为零时，物块 A 的下落高度最大，此时物块 B 的速度也为 0，设物块 A 下落的最大高度为 h ，根据机械能守恒定律有 $mgh = 2mg(\sqrt{h^2 + L^2} - L)$

解得 $h = \frac{4}{3}L$ ，故 C 正确；

D. 设物块 A、B 处于同一高度时定滑轮左侧细绳与水平方向所成的角为 θ ，根据几何关系有

$$L \tan \theta = 2L - \frac{L}{\cos \theta}$$

$$\text{又知 } \tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}, (\sin \theta)^2 + (\cos \theta)^2 = 1$$

联立解得 $\theta = 37^\circ$

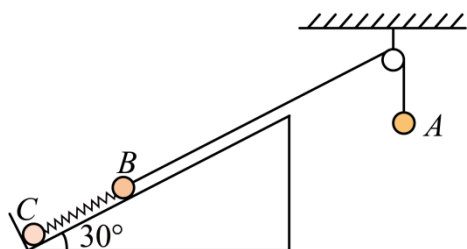
$$\text{根据动能定理有 } mgL \tan \theta - 2mg\left(\frac{L}{\cos \theta} - L\right) = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2} \times 2mv_B^2$$

$$\text{又知 } v_A \sin \theta = v_B$$

联立解得，物块 A、B 等高时物块 B 的速度大小为 $v_B = \frac{3}{86}\sqrt{86gL}$ ，故 D 错误。

故选 C。

【名校预测·第七题】（2026·宁夏银川·一模）如图所示，A、B 两小球由绕过定滑轮的轻质细线相连，B、C 两小球通过劲度系数为 k 的轻质弹簧相连，放在倾角为 30° 带有挡板的固定光滑斜面上，斜面足够长。初始时用手控制住 A，使细线伸直但无拉力作用，并保证滑轮左侧细线与斜面平行，此时整个系统处于静止状态。现释放 A 球（A 球下落过程中不会触地）。已知 A、B 的质量均为 m ，C 的质量为 $3m$ ，弹簧始终在弹性限度内，弹簧的弹性势能 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ （ x 为弹簧的形变量），不计一切摩擦，重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）



- A. 初始时，弹簧形变量大小为 $\frac{mg}{k}$
- B. A 下落过程中其重力的最大功率为 $\frac{mg^2\sqrt{2mk}}{2k}$
- C. A 下落的最大位移为 $\frac{4mg}{k}$
- D. A 下落到最低点时挡板与 C 球之间的弹力为 $\frac{mg}{2}$

【答案】B

【知识点】绳连接体问题、机械能守恒定律在弹簧类问题中的应用、瞬时功率

【详解】A. 初始时细线无拉力，对 B 沿斜面方向受力平衡 $mg \sin 30^\circ = kx_1$

初始时，弹簧形变量大小 $x_1 = \frac{mg}{2k}$ ，故 A 错误；

B. A 速度最大时重力功率最大，此时加速度为 0、合力为 0。对 A、B 整体受力分析，设此时弹簧伸长量为

$$x_2, \quad mg = mg \sin 30^\circ + kx_2, \quad \text{解得 } x_2 = \frac{mg}{2k}$$

从初始到速度最大，B 沿斜面上移距离 $x = x_1 + x_2 = \frac{mg}{k}$ ，A 下落距离也为 x ；且初始和末态弹簧形变量大小相等，弹性势能变化为 0。

$$\text{由动能定理 } mgx - mgx \sin 30^\circ = \frac{1}{2}(m+m)v^2$$

$$\text{解得 } v = \frac{g\sqrt{2mk}}{2k}, \quad \text{重力功率 } P = mgv = \frac{mg^2\sqrt{2mk}}{2k}, \quad \text{故 B 正确；}$$

C. 设 A 下落最大位移为 L （此时速度为 0），此时弹簧伸长量 $\Delta x = L - x_1 = L - \frac{mg}{2k}$

由能量守恒 $mgL = mgL \sin 30^\circ + \left(\frac{1}{2} k \Delta x^2 - \frac{1}{2} k x_1^2 \right)$

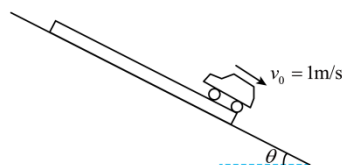
A 下落的最大位移为 $L = \frac{2mg}{k}$ ，故 C 错误；

D. A 下落到最低点时，弹簧伸长量 $\Delta x = \frac{3mg}{2k}$ ，弹簧弹力 $F = k \Delta x = \frac{3mg}{2}$

对 C 沿斜面受力分析，C 重力分力 $3mg \sin 30^\circ = \frac{3mg}{2}$ ，因此挡板对 C 的弹力 $N = 3mg \sin 30^\circ - F = 0$ ，故 D 错误。故选 B。

【名校预测·第八题】（2026·重庆沙坪坝·一模）（多选）如图：足够长的粗糙斜面倾角 $\theta = 30^\circ$ ；斜面上放

一长 $L = 12\text{m}$ ，质量 $M = 10^3\text{kg}$ 的钢板，钢板与斜面间动摩擦因数 $\mu = \frac{\sqrt{3}}{3}$ ；钢板上有一质量为 $2M$ 的汽车，汽车前后轮间距 $d = 3\text{m}$ ，且车轮与钢板之间始终不打滑。开始时，汽车后轮与钢板下端对齐，两者正一起以 $v_0 = 1\text{m/s}$ 下滑，司机发现后 $t = 0\text{s}$ 时启动汽车向上行驶， $t = 5\text{s}$ 时车前轮到达钢板上端且汽车速度刚好为 0。若汽车发动机将汽油化学能转化为机械能的效率为 50%， $g = 10\text{m/s}^2$ ，则（ ）



- A. $t = 5\text{s}$ 时，钢板的速度大小为 3m/s
- B. 从 $t = 0\text{s}$ 到 $t = 5\text{s}$ 过程中，钢板对车的摩擦力对车做负功，车对钢板的摩擦力对钢板做正功，这两个功之和为 0
- C. 从 $t = 0\text{s}$ 到 $t = 5\text{s}$ 过程中，汽车沿斜面向上走了 2m
- D. 从 $t = 0\text{s}$ 到 $t = 5\text{s}$ 过程中，汽车发动机需要消耗的汽油化学能为 93000J

【答案】AB

【知识点】 能量守恒定律在板块模型中的应用、有外力，物块在粗糙斜面滑动

【详解】A. 根据题意，对钢板和汽车整体受力分析，由于 $f = \mu(M + 2M)g \cos 30^\circ = (M + 2M)g \sin 30^\circ$ 可知，钢板和汽车整体的合力为 0，则钢板和汽车组成的系统动量守恒，由动量守恒定律有

$$(M + 2M)v_0 = Mv_{\text{板}}$$

解得 $v_{\text{板}} = 3\text{m/s}$ ，故 A 正确；

B. 由于车轮和钢板之间始终不打滑，则一对静摩擦力做功之和为 0，且钢板对车的摩擦力对车做负功，车

对钢板的摩擦力对钢板做正功，故 B 正确；

C. 车在钢板上运动过程中，由动量守恒定律有 $(M + 2M)v_0 = 2Mv_{\text{车}} + Mv_{\text{板}}$

两边求和可得 $15 = 2x_{\text{车}} + x_{\text{板}}$

又有 $x_{\text{板}} - x_{\text{车}} = 9\text{m}$

联立解得 $x_{\text{车}} = 2\text{m}$ ， $x_{\text{板}} = 11\text{m}$

即汽车沿斜面向下走了 2m，故 C 错误；

D. 根据题意，设发动机的输出功为 W ，由动能定理有

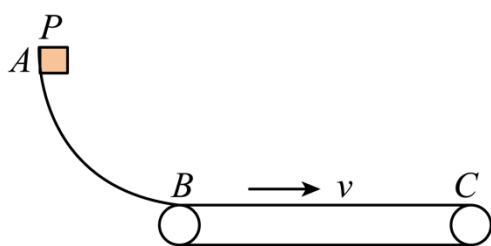
$$\frac{1}{2}Mv_{\text{板}}^2 - \frac{1}{2}(M + 2M)v_0^2 = W + Mg \sin 30^\circ \cdot x_{\text{车}} + 2Mg \sin 30^\circ \cdot x_{\text{板}} - \mu(M + 2M)g \cos 30^\circ \cdot x_{\text{板}}$$

代入数据解得 $W = 93000\text{J}$

则汽车发动机需要消耗的汽油化学能为 $Q = \frac{W}{50\%} = 186000\text{J}$ ，故 D 错误。

故选 AB。

【名校预测·第九题】（2026·青海西宁·二模）（多选）某工厂的工件传输机构如图所示，半径为 1m 的四分之一圆弧轨道 AB 在 B 点与水平传送带 BC 相切，水平传送带 BC 在电动机带动下以速度 $v = 10\text{m/s}$ 顺时针转动，质量为 0.2kg 的小滑块 P 从圆弧轨道的 A 点无初速度释放，滑块 P 经过圆弧上的 B 点时对圆弧轨道的压力大小为 5.2N，滑块滑到 C 点时刚好和传送带共速。已知滑块可视为质点，滑块与传送带之间的动摩擦因数为 0.6，取 $g = 10\text{m/s}^2$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 滑块在圆弧轨道上运动过程中损失的机械能为 0.5J
- B. 滑块在传送带上运动过程中的加速度大小为 6m/s^2
- C. 滑块与传送带之间因摩擦产生的热量为 3.6J
- D. 仅增大传送带的速度 v ，滑块离开传送带时的速度增大

【答案】 BC

【知识点】 物块在水平传送带上运动分析、常见力做功与相应的能量转化、能量守恒定律在传送带模型中

的应用

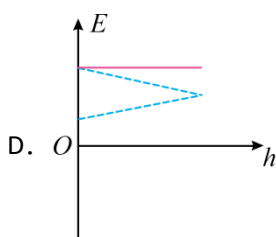
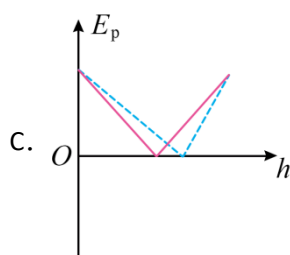
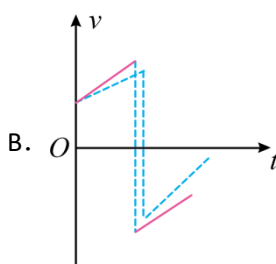
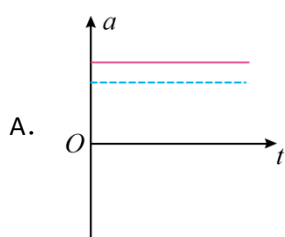
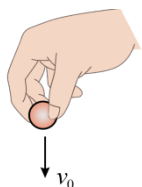
【详解】A. 小滑块 P 在圆弧轨道上运动的过程中由能量守恒, 有 $\Delta E = mgR - \frac{1}{2}mv_B^2$ 小滑块通过圆弧轨道上的 B 点时有 $F_N - mg = \frac{mv_B^2}{R}$ 由牛顿第三定律有 $F_{\text{压}} = F_N$, 联立解得 $\Delta E = 0.4\text{J}$, 故 A 错误;

B. 滑块在传送带上运动时对滑块受力分析并结合牛顿第二定律有 $\mu mg = ma$ 解得 $a = 6\text{m/s}^2$, 故 B 正确;

C. 滑块 P 在传送带上运动时, 根据速度-时间公式, 有 $v = v_B + at$ 根据位移-时间公式, 有 $x = v_B t + \frac{1}{2}at^2$ 所以此过程中滑块相对传送带的位移 $x_{\text{相}} = vt - x$ 所以此过程中因为摩擦产生的热量 $Q = \mu mgx_{\text{相}} = 3.6\text{J}$, 故 C 正确;

D. 增大传送带的速度后, 滑块在 BC 上滑行的过程中依然一直加速, 而加速度也没有发生变化, 所以滑块离开传送带时速度不变, 故 D 错误。故选 BC。

【名校预测·第十题】(2026·广东湛江·二模) (多选) 如图, $t=0$ 时刻, 在距离水平地面高 H 处, 将一弹性球以初速度 v_0 竖直向下抛出, 球与地面碰撞没有机械能损失, 碰后反弹返回抛出点, 整个过程球受到的阻力恒定。运动过程中, 球的加速度、速度、重力势能、机械能分别设为 a 、 v 、 E_p 、 E , 球下落过程与抛出点距离设为 h , 在下列选项 $a-t$ 图、 $v-t$ 图、 E_p-h 图和 $E-h$ 图中, 实线表示忽略空气阻力的情况, 虚线表示考虑了空气阻力的情况, 以向下为正方向、地面为零势能面。球从抛出到返回抛出点的过程中, 可能正确的图像有 ()



【答案】BD


【知识点】牛顿第二定律的初步应用、常见力做功与相应的能量转化

【详解】A. 球向下运动时，阻力向上，故考虑空气阻力的情况下加速度小于 g ，球向上运动时，阻力向下，故考虑空气阻力的情况下加速度大于 g ，故 A 错误；

B. $v-t$ 图中，图线的斜率表示加速度，结合选项 A 分析可知，第一段虚线的斜率应小于实线，第二段虚线斜率的绝对值大于实线。由于存在机械能损失，球不能回到原来的高度，图像与 t 轴围成的面积（表示位移）虚线情况要小于实线的情况，故 B 正确；

C. 小球的重力势能先减小后增大，但有空气阻力时，由于阻力一直做负功，机械能损失，小球不能回到原来的高度，故 C 错误；

D. 若不考虑阻力，机械能不变，若考虑阻力，小球下落过程和反弹过程机械能均减小，且图像的斜率大小均等于阻力大小，故 D 正确。故选 BD。

 倒计时 16 天

厚积冲量之力，稳守守恒之智。

动量定理和动量守恒定律

 考情透视--把脉命题 直击重点

► 命题解码：

动量模块在高考中考查重心明确指向“动量守恒定律及其应用”，着重考查守恒条件判断以及在碰撞、反冲等现象中的应用；“动量定理”同样受到持续关注，侧重理解其矢量性、用于求解变力冲量或平均力及解释相关现象。从考情统计看，动量模块涵盖动量和动量定理、动量守恒定律及其应用、四种“类碰撞”典型模型（子弹打木块、滑块-木板、滑块-弹簧、滑块-斜面）、三大观点解决力学问题等完整内容体系。

► 高考前沿：

未来趋势将巩固“动量守恒定律”的核心考查地位，情境设计趋向更复杂和综合，强化动量定理在解释瞬时作用或估算平均力方面的应用，并可能深化动量观点与能量观点的交叉融合。题目会更加注重知识的综合性和应用性，可能会将动量与原子物理、热学等知识融合，形成更复杂的物理情境。碰撞问题可能结合体育运动（如乒乓球、台球、冰壶）、航天器对接等真实场景。反冲模型可能与火箭发射、喷气式飞机等前沿科技结合。

【模型一】用动量定理解决流体类和微粒类“柱状模型”问题

1. 流体类“柱状模型”问题

流体及其特点		通常液体流、气体流等被广义地视为“流体”，质量具有连续性，通常已知密度 ρ
分析步骤	1	建立“柱状模型”，沿流速 v 的方向选取一段柱形流体，其横截面积为 S
	2	微元研究，作用时间 Δt 内的一段柱形流体的长度为 Δl ，对应的质量为 $\Delta m = \rho S v \Delta t$
	3	建立方程，应用动量定理研究这段柱状流体

2. 微粒类“柱状模型”问题

微粒及其特点		通常电子流、光子流、尘埃等被广义地视为“微粒”，质量具有独立性，通常给出单位体积内粒子数 n
分析步骤	1	建立“柱状模型”，沿运动的方向选取一段微元，柱体的横截面积为 S
	2	微元研究，作用时间 Δt 内一段柱形流体的长度为 Δl ，对应的体积为 $\Delta V = S v_0 \Delta t$ ，则微元内的粒子数 $N = n v_0 S \Delta t$
	3	先应用动量定理研究单个粒子，建立方程，再乘以 N 计算

【模型二】弹性碰撞

1. 碰撞三原则：

(1) 动量守恒：即 $p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$ 。

(2) 动能不增加：即 $E_{k1} + E_{k2} \geq E_{k1}' + E_{k2}'$ 或 $\frac{p_1^2}{2m_1} + \frac{p_2^2}{2m_2} \geq \frac{p_1'^2}{2m_1} + \frac{p_2'^2}{2m_2}$ 。

(3) 速度要合理

① 若碰前两物体同向运动，则应有 $v_{后} > v_{前}$ ，碰后原来在前的物体速度一定增大，若碰后两物体同向运动，则应有 $v_{前}' \geq v_{后}'$ 。

② 碰前两物体相向运动，碰后两物体的运动方向不可能都不改变。

2. “动碰动”弹性碰撞

发生弹性碰撞的两个物体碰撞前后动量守恒，动能守恒，若两物体质量分别为 m_1 和 m_2 ，碰前速度为 v_1 ， v_2 ，碰后速度分别为 v_1' ， v_2' ，则有：

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (1) \quad \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \quad (2)$$

联立（1）、（2）解得：



$$v_1' = 2 \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_1, \quad v_2' = 2 \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_2.$$

特殊情况：若 $m_1 = m_2$ ， $v_1' = v_2$ ， $v_2' = v_1$ 。

3. “动碰静”弹性碰撞的结论

两球发生弹性碰撞时应满足动量守恒和机械能守恒。以质量为 m_1 、速度为 v_1 的小球与质量为 m_2 的静止小球发生正面弹性碰撞为例，则有 $m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ (1)

$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 \quad (2)$$

解得： $v_1' = \frac{(m_1 - m_2) v_1}{m_1 + m_2}$ ， $v_2' = \frac{2 m_1 v_1}{m_1 + m_2}$

结论：(1)当 $m_1 = m_2$ 时， $v_1' = 0$ ， $v_2' = v_1$ (质量相等，速度交换)

(2)当 $m_1 > m_2$ 时， $v_1' > 0$ ， $v_2' > 0$ ，且 $v_2' > v_1'$ (大碰小，一起跑)

(3)当 $m_1 < m_2$ 时， $v_1' < 0$ ， $v_2' > 0$ (小碰大，要反弹)

(4)当 $m_1 \gg m_2$ 时， $v_1' = v_0$ ， $v_2' = 2v_1$ (极大碰极小，大不变，小加倍)

(5)当 $m_1 \ll m_2$ 时， $v_1' = -v_1$ ， $v_2' = 0$ (极小碰极大，小等速率反弹，大不变)

【模型三】非弹性碰撞和完全非弹性碰撞

1. 非弹性碰撞

介于弹性碰撞和完全非弹性碰撞之间的碰撞。动量守恒，碰撞系统动能损失。

根据动量守恒定律可得： $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ (1)

损失动能 ΔE_k ，根据机械能守恒定律可得： $\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2'^2 + \Delta E_k$ (2)

2. 完全非弹性碰撞

碰后物体的速度相同，根据动量守恒定律可得：

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_{\text{共}} \quad (1)$$

完全非弹性碰撞系统损失的动能最多，损失动能：

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{\text{共}}^2 \quad (2)$$

联立 (1)、(2) 解得： $v_{\text{共}} = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$ ； $\Delta E_k = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2$



【模型四】人船模型和类人船模型

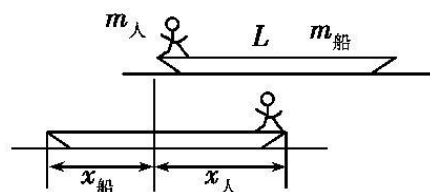
1. 适用条件

①系统由两个物体组成且相互作用前静止，系统总动量为零；

②动量守恒或某方向动量守恒。

2. 常用结论

设人走动时船的速度大小为 $v_{\text{船}}$ ，人的速度大小为 $v_{\text{人}}$ ，以船运动的方向为正方向，则 $m_{\text{船}} v_{\text{船}} - m_{\text{人}} v_{\text{人}} = 0$ ，可得

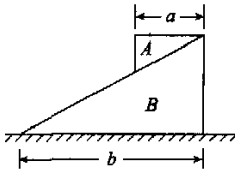
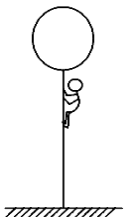
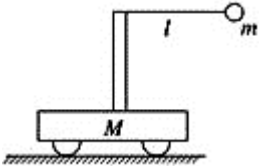
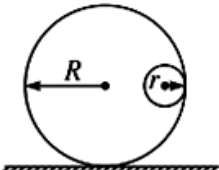
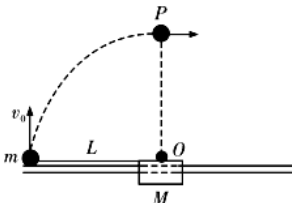


$m_{\text{船}} v_{\text{船}} = m_{\text{人}} v_{\text{人}}$ ；因人和船组成的系统在水平方向动量始终守恒，故有 $m_{\text{船}} v_{\text{船}} t = m_{\text{人}} v_{\text{人}} t$ ，

即： $m_{\text{船}} x_{\text{船}} = m_{\text{人}} x_{\text{人}}$ ，由图可看出 $x_{\text{船}} + x_{\text{人}} = L$ ，

$$\text{可解得：} x_{\text{人}} = \frac{m_{\text{船}}}{m_{\text{人}} + m_{\text{船}}} L \quad x_{\text{船}} = \frac{m_{\text{人}}}{m_{\text{人}} + m_{\text{船}}} L$$

3. 类人船模型

类型一	类型二	类型三	类型四	类型五
				

易错避坑--易错陷阱 精准避坑

【易错一】动量守恒条件误判

- (1) 易错点：系统内有斜面曲面或者单摆类模型时，误认为系统动量守恒；
- (2) 闭坑策略：系统内有斜面曲面或者单摆类模型时，一般是系统某一方向动量守恒。

【易错二】动量定理的矢量性

- (1) 易错点：忽略动量和冲量的方向；
- (2) 闭坑策略：所有物理量带入正负号运算，矢量式 \Rightarrow 一维运算先规定正方向。

【易错三】人船模型中的位移关系

- (1) 易错点：误认为人与船对地位移相等；
- (2) 闭坑策略：实际是两物体间的相对位移。

【易错四】动量观点与能量观点的混用

- (1) 易错点：在同一问题中混淆使用条件和适用场景；
- (2) 闭坑策略：三者关系：力与加速度 \rightarrow 牛顿定律；力对时间累积 \rightarrow 动量定理；力对位移累积 \rightarrow 动能定理。

灵活切换但不可混用。

高频考点--高频要点 重点攻克

【考点一】动量定理的应用

一、动量定理的理解

1. 动量定理

- (1) 内容：物体在一个过程中所受力的冲量等于它在这个过程始末的动量变化量。

(2)表达式: $F \Delta t = \Delta p = p' - p$ 。

(3)矢量性: 动量变化量的方向与合外力的冲量的方向相同, 可以在某一方向上用动量定理。

2. 动量定理的理解

(1)动量定理表明冲量是使物体动量发生变化的原因, 冲量是物体动量变化的量度。这里所说的冲量必须是物体所受的合外力的冲量(或者说是物体所受各外力冲量的矢量和)。

(2)动量定理给出了冲量和动量变化间的相互关系。

(3)现代物理学把力定义为物体动量的变化率: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ (牛顿第二定律的动量形式)。

(4)动量定理的表达式 $F \Delta t = \Delta p$ 是矢量式, 在一维的情况下, 各个矢量必须以同一个规定的方向为正方向。运用它分析问题时要注意冲量、动量及动量变化量的方向, 公式中的 F 是物体或系统所受的合力。

(5)动量定理不仅适用于恒定的力, 也适用于随时间变化的力。这种情况下, 动量定理中的力 F 应理解为变力在作用时间内的平均值。

3. 应用动量定理解释的两类物理现象

(1)当物体的动量变化量一定时, 力的作用时间 Δt 越短, 力 F 就越大, 力的作用时间 Δt 越长, 力 F 就越小, 如玻璃杯掉在水泥地上易碎, 而掉在沙地上不易碎。

(2)当作用力 F 一定时, 力作用时间 Δt 越长, 动量变化量 Δp 越大, 力的作用时间 Δt 越短, 动量变化量 Δp 越小。

二、动量定理的应用技巧

1. 应用 $I = \Delta p$ 求变力的冲量

如果物体受到大小或方向改变的力的作用, 则不能直接用 $I = Ft$ 求冲量, 可以求出该力作用下物体动量的变化 Δp , 等效代换得出变力的冲量 I 。

2. 应用 $\Delta p = F \Delta t$ 求动量的变化。

【考点二】在类碰撞类模型中应用动量守恒定律

1. 动量守恒定律内容及条件

(1)内容: 如果系统不受外力, 或者所受外力的合力为零, 这个系统的总动量保持不变。

(2)表达形式: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 。

(3)常见的几种守恒形式及成立条件:

①理想守恒: 系统不受外力或所受外力的合力为零。

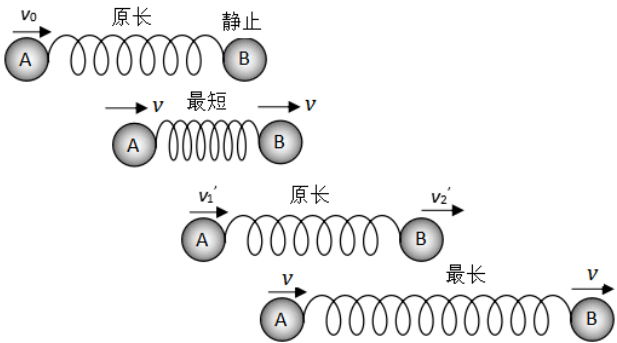
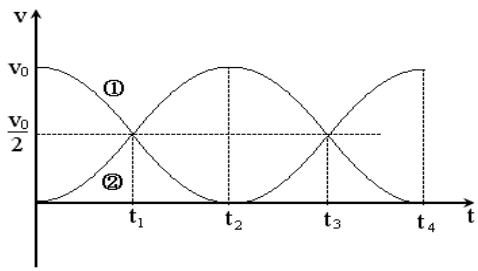
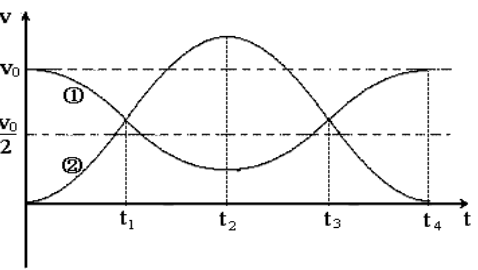
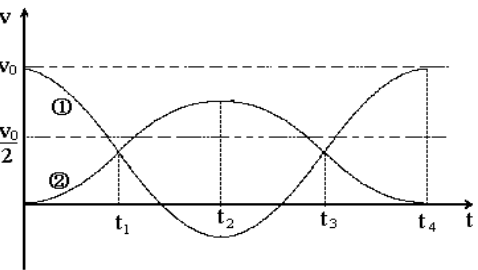
②近似守恒: 系统所受外力虽不为零, 但内力远大于外力。

③分动量守恒: 系统所受外力虽不为零, 但在某方向上合力为零, 系统在该方向上动量守恒。

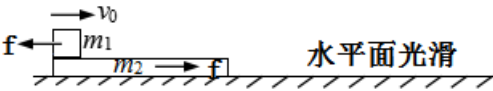
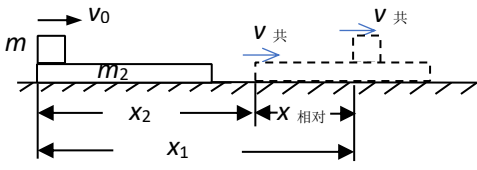
3.公式与方法：参考弹性碰撞和非弹性碰撞模型部分内容。

【考点三】弹簧模型和板块模型中应用动量守恒定律

1. 弹簧模型

<p>条件与模型</p>	
<p>① $m_A = m_B$ (如: $m_A = 1\text{kg}$; $m_B = 1\text{kg}$)</p>	
<p>② $m_A > m_B$ (如: $m_A = 2\text{kg}$; $m_B = 1\text{kg}$)</p>	
<p>③ $m_A < m_B$ (如: $m_A = 1\text{kg}$; $m_B = 2\text{kg}$)</p>	
<p>规律与公式</p>	<p>情况一：从原长到最短（或最长）时</p> <p>① $m_A v_0 = (m_A + m_B) v$; ② $\frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 + E_{pm}$</p>
	<p>情况二：从原长先到最短（或最长）再恢复原长时</p> <p>① $m_A v_0 = m_A v_1' + m_B v_2'$; ② $\frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} m_A v_1'^2 + \frac{1}{2} m_B v_2'^2$</p>

2. 板块模型

板块模型	
过程简图	
动力学常用关系	$a_1 = \frac{f}{m_1}; a_2 = \frac{f}{m_2} ;$ $v_0 - a_1 t = a_2 t ;$ $x_1 = v_0 t - \frac{1}{2} a_1 t^2; x_2 = \frac{1}{2} a_2 t^2; x_{\text{相对}} = x_1 - x_2$
功能常用关系	$fx_{\text{相对}} = \frac{1}{2} m_1 v_0^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{\text{共}}^2$
动量常用关系	$m_1 v_0 = (m_1 + m_2) v_{\text{共}}$

真题精研--复盘经典 把握规律

题组一 情景设定：飞椅 知识溯源：动量与冲量、动量定理的内容、平衡状态的定义及条件

（2025·天津·高考真题）一种名为“飞椅”的游乐设施如图所示，该设施中钢绳一端系着座椅，另一端系在悬臂边缘。绕竖直轴转动的悬臂带动座椅在水平面内做匀速圆周运动，座椅可视为质点，则某座椅运动一周的过程中（ ）



- A. 动量保持不变 B. 所受合外力做功为零 C. 所受重力的冲量为零 D. 始终处于受力平衡状态

【答案】B

【详解】座椅在水平面内做匀速圆周运动，速度大小不变，方向改变

A. 根据 $p = mv$ 可知动量大小不变，方向改变，故 A 错误；

B. 速度大小不变，则座椅的动能不变，根据动能定理可知所受合外力做功为零，故 B 正确；

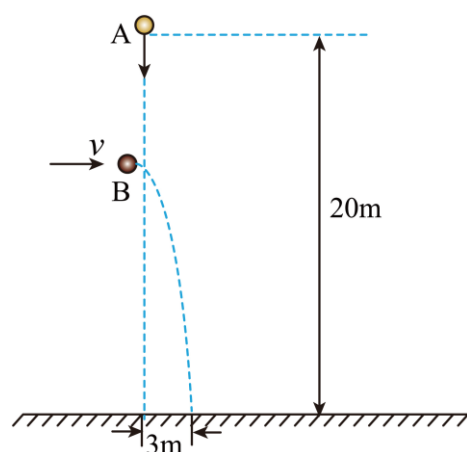
C. 根据 $I_G = mgt$ 可知所受重力的冲量不为零，故 C 错误；

D. 座椅在水平面内做匀速圆周运动，一定有向心加速度，所以不是处于受力平衡状态，故 D 错误。

故选 B。

题组二 情景设定：抛体相遇 知识溯源：斜抛运动、弹性碰撞：动碰动

（2025·甘肃·高考真题）如图，小球 A 从距离地面 20m 处自由下落，1s 末恰好被小球 B 从左侧水平击中，小球 A 落地时的水平位移为 3m。两球质量相同，碰撞为完全弹性碰撞，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，则碰撞前小球 B 的速度大小 v 为（ ）



A. 1.5m/s

B. 3.0m/s

C. 4.5m/s

D. 6.0m/s

【答案】B

【详解】根据题意可知，小球 A 和 B 碰撞过程中，水平方向上动量守恒，竖直方向上 A 球的竖直速度不变，

设碰撞后 A 球水平速度为 v_1 ，B 球水平速度为 v_2 ，则有 $mv = mv_1 + mv_2$

碰撞为完全弹性碰撞，则由能量守恒定律有 $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

联立解得 $v_1 = v$ ， $v_2 = 0$

小球 A 在竖直方向上做匀加速直线运动，则有 $h = \frac{1}{2}gt^2$

解得 $t = 2\text{s}$

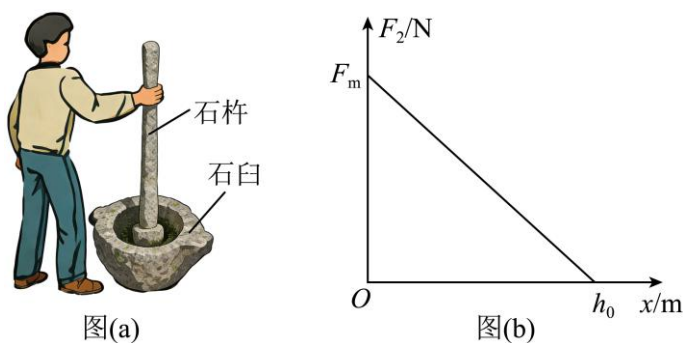
可知，碰撞后，小球 A 运动 $t' = 1\text{s}$ 落地，则水平方向上有 $x = vt'$

解得 $v = 3.0\text{m/s}$ 故选 B。

题组三 情景设定：杵臼 知识溯源：牛顿第二定律的应用、动能定理的应用、动量定理

（2025·贵州·高考真题）杵臼是我国古代加工谷物的重要工具，在《诗经·大雅》中有明确记载。使用杵臼的示意图如图（a）所示，舂捣臼中谷物时，手紧握质量为 m 的石杵（石杵与谷物接触但未陷入），对其施加一竖直向上的恒力 F_1 使其上升，作用一段时间 t_1 后松手，松手后不考虑手与石杵的作用力。当石杵上升到最

高点时，手再次紧握石杵并对其施加一竖直向下的作用力 F_2 ，其大小随下降距离 x 的变化关系如图 (b) 所示，图中 F_m 为 F_2 的最大值。石杵接触谷物时松手，松手后不考虑手与石杵的作用力，再经过 Δt 时间石杵静止，完成一次舂捣。已知 $m = 2.5\text{kg}$ ， $F_1 = \frac{200}{7}\text{N}$ ， $F_m = 50\text{N}$ ， $t_1 = 0.7\text{s}$ ， $\Delta t = 0.025\text{s}$ ，取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ 。求：



- (1) 石杵上升的最大高度 h_0 及上升过程所用的时间；
 (2) Δt 时间内石杵对谷物的平均作用力大小。

【答案】 (1) 0.4m ， 0.8s (2) 425N

【知识点】 牛顿第二定律的初步应用、动能定理的初步应用、动量定理的内容

【详解】 (1) 对石杵施加一竖直向上的恒力 F_1 ，当作用时间为 t_1 的过程中的加速度 $a = \frac{F_1 - mg}{m} = \frac{10}{7}\text{m/s}^2$
 此时的速度 $v_1 = at_1 = 1\text{m/s}$ 上升的位移 $h_1 = \frac{v_1}{2}t_1 = 0.35\text{m}$ 撤去 F_1 后还能上升的高度 $h_2 = \frac{v_1^2}{2g} = 0.05\text{m}$ 还能上升的时间 $t_2 = \frac{v_1}{g} = 0.1\text{s}$ 石杵上升的最大高度 $h_0 = h_1 + h_2 = 0.4\text{m}$ 上升过程所用的时间 $t = t_1 + t_2 = 0.8\text{s}$

(2) 根据图像，石杵下落过程中 F_2 对石杵做功为 $W = \frac{1}{2}F_m h_0 = \frac{1}{2} \times 50 \times 0.4\text{J} = 10\text{J}$

当到达石杵接触谷物时由动能定理 $W + mgh_0 = \frac{1}{2}mv_2^2$ 解得 $v_2 = 4\text{m/s}$

石杵与谷物作用的过程，对石杵由动量定理（向上为正） $(F - mg)\Delta t = 0 - (-mv_2)$

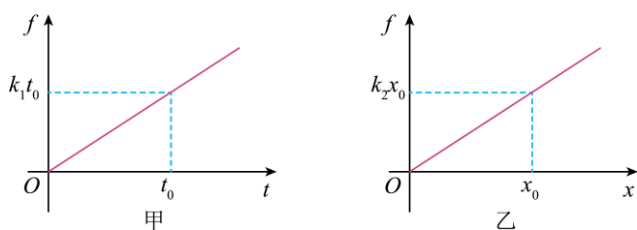
解得 $F = 425\text{N}$

根据牛顿第三定律可知，石杵对谷物的平均作用力大小 425N 。

终极预测--压轴实战 稳拿高分

【名校预测·第一题】 (2026·四川广元·二模) 在某次用电钻给一固定物体钻孔时，钻头所受的阻力与运动时间的关系和钻头所受的阻力与运动位移的关系都成正比，即 $f = k_1 t$ 和 $f = k_2 x$ ，其图像分别为图甲和图乙

所示。下列说法正确的是（ ）



A. 电钻向前做匀加速运动

B. 在 $0 \sim t_0$ 时间内阻力的冲量大小为 $k_1 t_0^2$

C. 在 $0 \sim x_0$ 位移内摩擦产生的热量为 $2k_2 x_0^2$ D. 在 $0 \sim t_0$ 时间内电钻前进的位移为 $\frac{k_1}{k_2} t_0$

【答案】D

【知识点】 图像法求变力做功、常见力做功与相应的能量转化、利用 $F-t$ 图像求冲量

【详解】A. 题意可知 $f = k_1 t$, $f = k_2 x$, 联立可得 $k_1 t = k_2 x$, 即 $x = \frac{k_1}{k_2} t$, 位移与时间成正比, 说明电钻做匀速直线运动, 故 A 错误;

B. 在 $f-t$ 图像中, 图线与时间轴围成的面积表示冲量, 所以在 $0 \sim t_0$ 时间内阻力的冲量大小为

$$I = \frac{1}{2} k_1 t_0 \cdot t_0 = \frac{1}{2} k_1 t_0^2, \text{ 故 B 错误;}$$

C. 在 $f-x$ 图像中, 图线与位移轴围成的面积表示克服阻力做的功, 即产生的热量, 所以在 $0 \sim x_0$ 位移内摩擦产生的热量为 $Q = \frac{1}{2} k_2 x_0 \cdot x_0 = \frac{1}{2} k_2 x_0^2$, 故 C 错误;

D. 由 $x = \frac{k_1}{k_2} t$ 可知, 在 $0 \sim t_0$ 时间内电钻前进的位移为 $x = \frac{k_1}{k_2} t_0$, 故 D 正确。

故选 D。

【名校预测·第二题】 (2026·福建·模拟预测) 我国“天宫”空间站在距地面约 400km 的轨道上运行, 该高度

处仍存在相对地心静止的稀薄气体, 会对空间站产生阻力, 空间站可通过持续开启发动机以维持原有速度大小不变。已知空间站垂直速度方向的横截面积为 S , 气体密度均匀、大小为 ρ , 空间站速度为 v , 若气体与空间站前端碰撞后共速, 则空间站克服气体阻力做功的功率为 ()

A. $\frac{1}{4} \rho S v^3$

B. $\frac{1}{2} \rho S v^3$

C. $\rho S v^3$

D. $2 \rho S v^3$

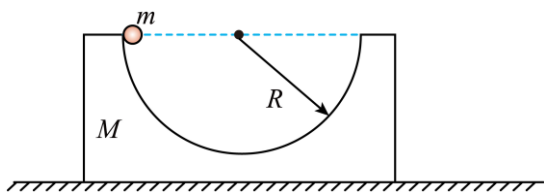
【答案】C

【知识点】 用动量定理解决流体问题、瞬时功率

【详解】 取极短时间 Δt 内与空间站碰撞的气体为研究对象。该部分气体的体积为 Δt 时间内扫过的气柱体积, 质量 $m = \rho V = \rho \cdot S \cdot v \Delta t$

气体初始相对地心静止，碰撞后与空间站共速为 v ，根据动量定理，空间站对气体的作用力 F 满足 $F\Delta t = mv - 0$ 代入 m 可得 $F\Delta t = \rho Sv\Delta t \cdot v$ 解得 $F = \rho Sv^2$ 根据牛顿第三定律，气体对空间站的阻力大小 $f = F = \rho Sv^2$ 空间站克服阻力做功的功率 $P = fv = \rho Sv^2 \cdot v = \rho Sv^3$ 故选 C。

【名校预测·第三题】（2025·安徽淮北·一模）如图所示，质量为 M 、半径为 R 的内壁光滑半圆槽静置在光滑水平地面上，现将可视为质点、质量为 m 的小球从半圆槽左侧圆心等高处由静止释放。已知 $M = 2m$ ，不计空气阻力，小球从释放到最低点的过程中，下列说法正确的是（ ）



- A. 球和槽组成系统的动量守恒
B. 球的位移大小为 $\frac{2}{3}R$
C. 球在最低点时速度大小为 $\sqrt{\frac{gR}{3}}$
D. 槽受到的合外力冲量大小为 $M\sqrt{\frac{gR}{3}}$

【答案】D

【知识点】 动量定理的内容、判断系统动量是否守恒、人船模型及其变式

【详解】A. 因为小球在竖直方向有加速度，则球和槽组成系统竖直方向合外力不为 0，只有水平方向合外力为 0，则球和槽组成系统水平方向的动量守恒，整个系统动量不守恒，故 A 错误；

B. 水平方向动量守恒，则有 $Mv_1 = mv_2$ 对时间积累可得 $\sum Mv_1t = \sum mv_2t$ 即 $Mx_1 = mx_2$ 且有 $x_1 + x_2 = R$ 联立解得 $x_2 = \frac{2}{3}R$ 则球的位移大小 $x = \sqrt{R^2 + x_2^2} = \frac{\sqrt{13}}{3}R$ ，故 B 错误；

C. 整个系统机械能守恒，可得 $mgR = \frac{1}{2}Mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$

联立解得 $v_1 = \sqrt{\frac{gR}{3}}$ ， $v_2 = \sqrt{\frac{4gR}{3}}$ ，故 C 错误；

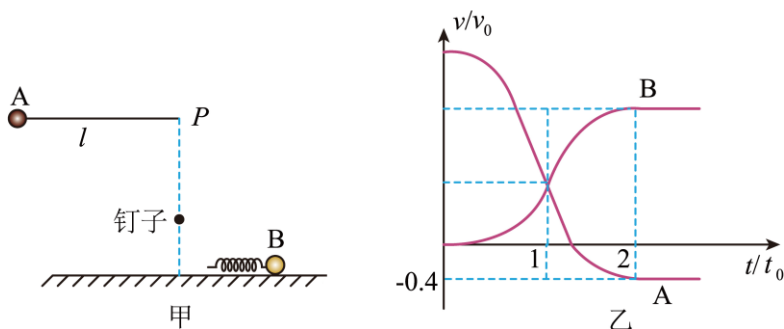
D. 对槽由动量定理可得 $I = Mv_1$

代入可得 $I = M\sqrt{\frac{gR}{3}}$ ，故 D 正确。

故选 D。

【名校预测·第四题】（2026·重庆渝中·一模）如图甲所示，一质量为 $2m$ 的小球 A 用长为 l 的轻绳悬挂于 P 点，P 点到地面的距离也为 l ，其正下方有一钉子，另一小球 B 与轻质弹簧连接，静置于地面上。初始时轻绳拉至水平位置，现由静止释放小球 A，轻绳碰到钉子后恰好断裂。 $t = 0$ 时小球 A 与正前方弹簧接触， $t = 2t_0$ 时

与弹簧分离，弹簧始终处于弹性限度内。小球 A 与弹簧接触过程中，A、B 的 $v-t$ 图像如图乙所示。已知 $l = \frac{2v_0^2}{g}$ ，整个过程中系统没有机械能损失，A 未与地面相撞， g 为重力加速度。下列说法正确的是（ ）



- A. 小球 A 摆到最低点时速度大小为 $\sqrt{2}v_0$
- B. 当小球 A 的速度为 $-0.4v_0$ 时，小球 B 的速度大小为 $1.6v_0$
- C. 小球 B 的质量为 $2m$
- D. 如果没有钉子，A 球摆到最低点时绳子也会恰好断裂

【答案】B

【知识点】绳/单层轨道模型、弹性碰撞：动碰静

【详解】A. 小球 A 摆到最低点的过程，由动能定理得 $2mgl = \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2$
 又 $l = \frac{2v_0^2}{g}$

联立得 $v_1 = 2v_0$ ，故 A 错误；

BC. 小球 A 与弹簧接触的过程，对于小球 A、B 组成的系统，根据动量守恒和初、末状态机械能相等，有

$$2mv_1 = 2mv_1' + m_B v_2', \quad \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 2mv_1'^2 + \frac{1}{2} m_B v_2'^2$$

由图乙可知， $v_1' = -0.4v_0$

联立解得 $m_B = 3m$ ， $v_2' = 1.6v_0$ ，故 B 正确，C 错误；

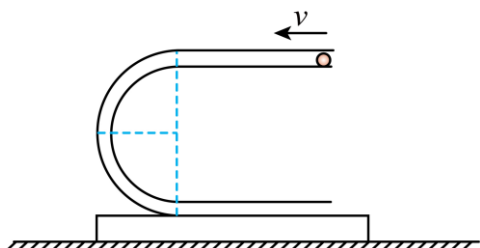
D. 小球 A 摆到最低点时，根据牛顿第二定律有 $F_T - 2mg = 2m \frac{v_1^2}{r}$

$$\text{即 } F_T = 2mg + 2m \frac{v_1^2}{r}$$

由于钉子的存在， r 会突然变小，由上式可知， F_T 会突然变大，轻绳恰好断裂，如果没有钉子， F_T 就不会突然变大，轻绳就不会断裂，故 D 错误。

故选 B。

【名校预测·第五题】（2026·四川雅安·一模）如图所示，静置于光滑水平面的底座上固定有内壁光滑的 U 型管道（管道在竖直面内），半径比管道内径略小的小球以某一初速度沿水平方向进入管道。小球在管道内运动的过程中，下列说法正确的是（ ）



- A. 小球对管道的弹力始终不做功
- B. 小球对管道的弹力的冲量始终为零
- C. 小球、管道与底座构成的系统动量守恒
- D. 小球、管道与底座构成的系统机械能守恒

【答案】D

【知识点】判断系统动量是否守恒

【详解】A. 小球在管道弯曲部分运动时，会对管道产生一个作用力（弹力）。由于底座放置在光滑水平面上，这个弹力在水平方向的分力会使管道和底座发生水平位移。因此，小球对管道的弹力在位移方向上有分量，会对管道做功。故 A 错误；

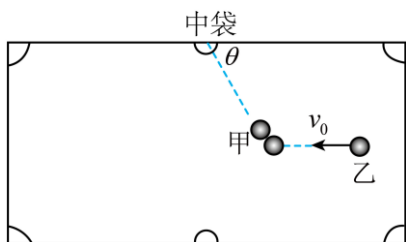
B. 小球在管道弯曲部分运动时，小球对管道的弹力在水平方向的分力不为零，根据动量定理，这个弹力的冲量等于管道（及底座）动量的变化量。由于管道（及底座）从静止开始运动，其动量发生变化，所以弹力的冲量不为零。故 B 错误；

C. 小球、管道与底座构成的系统在水平方向上动量守恒。故 C 错误；

D. 小球、管道与底座构成的系统，整个过程中，只有重力和系统内的弹力做功，则系统的机械能守恒。故 D 正确。

故选 D。

【名校预测·第六题】（25-26 高三上·山东青岛·开学考试）台球是一项深受青少年喜爱的体育运动。如图所示，水平台面上的甲球球心和中袋中心连线与桌边间夹角 $\theta = 60^\circ$ ，运动员用球杆将白球乙沿与桌边平行的方向以速度 v_0 击出，乙与甲碰撞后甲落入中袋。已知两球质量、半径均相等，两球碰撞为弹性碰撞，不计两球所受阻力，不考虑球的自旋影响。关于甲、乙两球的运动，下列说法正确的是（ ）



A. 碰撞后乙球速度方向不变

B. 碰撞后两球速度方向垂直

C. 碰撞后甲球速度大小为 $\frac{\sqrt{3}}{2}v_0$

D. 碰撞后乙球速度大小为 $\frac{v_0}{2}$

【答案】B

【知识点】弹性碰撞：动碰静

【详解】将 v_0 沿球心连线方向与垂直连线方向分解，可得 $v_1 = v_0 \cos 60^\circ = \frac{1}{2}v_0$ ， $v_2 = v_0 \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$

两球碰撞时，作用力沿球心连线方向，由动量守恒可得 $m_Z v_1 = m_Z v_1' + m_{甲} v_{甲}$

由能量守恒可得 $\frac{1}{2} m_Z v_1^2 = \frac{1}{2} m_Z v_1'^2 + \frac{1}{2} m_{甲} v_{甲}^2$

且 $m_Z = m_{甲}$

解得 $v_1' = 0$ ， $v_{甲} = v_0 \cos 60^\circ = \frac{v_0}{2}$

故碰撞后乙球仅有垂直球心连线速度 v_2 ，速度方向改变；球甲速度方向为沿球心连线方向，故两球碰撞后，

球乙和球甲的速度相互垂直。碰撞后，两球的速度分别为 $v_Z = v_2 = \frac{\sqrt{3}}{2}v_0$ ， $v_{甲} = \frac{v_0}{2}$

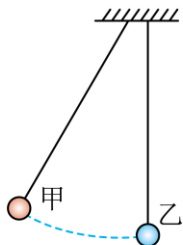
故选 B。

【名校预测·第七题】（2026·重庆沙坪坝·模拟预测）如图（a）图，碰撞测试中，每次将甲小球从相同位置

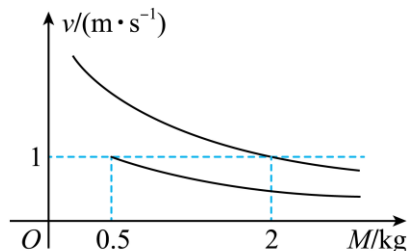
由静止自由释放，在不可伸长的细绳牵引下到达最低点时与静止的乙小球发生对心正碰。小球乙有两种选

材，一种和甲的碰撞可视为弹性碰撞，另一种和甲的碰撞可视为完全非弹性碰撞。用两种材料进行多次实

验，碰后瞬间乙的速度大小 v 与乙的质量 M 的关系如(b)图。由图中数据可知甲碰前瞬间的速度大小为()



图(a)



图(b)

A. 1m/s

B. 1.5m/s

C. 2m/s

D. 2.5m/s

【答案】B

【知识点】完全非弹性碰撞

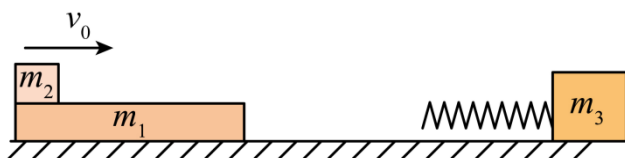
【详解】当甲乙之间为弹性碰撞时，碰后瞬间乙的速度为 $v = \frac{2mv_0}{M+m}$

当甲乙之间为完全非弹性碰撞时，碰后瞬间乙的速度为 $v = \frac{mv_0}{M+m}$

故图中上方曲线为弹性碰撞，下方为完全非弹性碰撞。分别代入图中数据可得 $m = 1\text{kg}$ 、 $v_0 = 1.5\text{m/s}$ 。

故选 B。

【名校预测·第八题】（2026·安徽铜陵·一模）如图，木板 m_1 足够长，静止在光滑水平地面上，物块 m_3 静止在木板右侧， m_3 左端固定一劲度系数为 k 的轻弹簧，弹簧处于自然状态。滑块 m_2 以水平向右的速度 v_0 滑上木板 m_1 ， m_2 与 m_1 速度相等时 m_1 刚好与弹簧接触，此后再经过时间 t_0 弹簧压缩量最大，并且 m_2 与 m_1 恰好能始终保持相对静止。已知 m_1 、 m_2 和 m_3 的质量均为 m ，弹簧始终处在弹性限度内，弹性势能 E_p 与形变量 x 的关系为 $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ ，最大静摩擦力等于滑动摩擦力，重力加速度为 g ，下列说法不正确的是（ ）



- A. 木板刚接触弹簧时速度 $v_1 = \frac{1}{2}v_0$
- B. 弹簧的最大压缩量 $x_m = v_0\sqrt{\frac{2m}{3k}}$
- C. 弹簧压缩量最大时， m_3 的位移大小为 $x_3 = \frac{v_0 t_0}{3} - \frac{2v_0}{3}\sqrt{\frac{m}{6k}}$
- D. m_2 与 m_1 间的动摩擦因数 $\mu = \frac{v_0}{2g}\sqrt{\frac{k}{6m}}$

【答案】B

【知识点】板块/子弹打木块模型、滑块弹簧模型

【详解】A. 设木板刚接触弹簧时速度为 v_1 ，则以 m_1 和 m_2 整体作为研究对象，对其列动量守恒定律方程有 $mv_0 = 2mv_1$ ，解得 $v_1 = \frac{1}{2}v_0$ ，故 A 正确；

B. 当 m_2 和 m_3 共速时，弹簧的压缩量最大，以 m_1 、 m_2 以及 m_3 整体作为研究对象，对其列动量守恒定律方程有 $2mv_1 = 3mv_2$ ，解得共同的速度为 $v_2 = \frac{1}{3}v_0$

设此时弹簧的最大压缩量为 x_m ，则由能量守恒定律有 $\frac{1}{2}kx_m^2 = \frac{1}{2} \cdot 2mv_1^2 - \frac{1}{2} \cdot 3mv_2^2$

解得 $x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{6k}}$ ，故 B 错误；

C. m_1 、 m_2 和 m_3 组成的系统动量守恒有 $2m \cdot \frac{v_0}{2} = 2mv_1 + mv_3$

对应三者的位移关系有 $2m \cdot \frac{v_0 t_0}{2} = 2m \Sigma v_1 \cdot \Delta t + m \Sigma v_3 \cdot \Delta t$

由选项 B 可知弹簧的最大压缩量为 $x_m = v_0 \sqrt{\frac{m}{6k}} = x_1 - x_3$

联立解得 $x_3 = \frac{v_0 t_0}{3} - \frac{2v_0}{3} \sqrt{\frac{m}{6k}}$

故 C 正确；

D. 弹簧压缩过程中， m_1 和 m_2 的合力等于弹簧的弹力，由于 m_1 和 m_2 相对静止，说明二者间的静摩擦力提供 m_2 的加速度，且弹簧压缩到最大时静摩擦力达到最大值（等于滑动摩擦力）。设弹簧压缩到最大时 m_1 和 m_2 的加速度为 a ，则对 m_1 和 m_2 整体列牛顿第二定律方程有 $kx_m = 2ma$

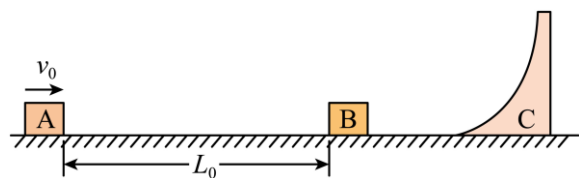
此时对 m_2 列牛顿第二定律方程有 $\mu mg = ma$

联立解得 m_2 与 m_1 间的动摩擦因数为 $\mu = \frac{v_0}{2g} \sqrt{\frac{k}{6m}}$ ，故 D 正确。

由于本题选择错误的，故选 B。

【名校预测·第九题】（2025·广西贵港·模拟预测）如图所示，在水平面上放置质量均为 $m = 1\text{kg}$ 的物块 A 与

物块 B，A、B 之间相距 $L_0 = 2\text{m}$ 且该段地面粗糙，A 与粗糙地面间的动摩擦因数为 $\mu = 0.1$ ，在 B 右侧光滑水平地面上有一质量为 $M = 4\text{kg}$ 曲面劈 C，曲面下端与水平面相切，曲面劈的弧面光滑且足够高。现让物块 A 以水平速度 $v_0 = 4\text{m/s}$ 向右运动，与物块 B 发生碰撞，碰撞后两个物块粘在一起滑上曲面劈 C，沿曲面滑行到某高度后又滑下，重力加速度为 $g = 10\text{m/s}^2$ 。下列说法正确的是（ ）



- A. 碰撞后 A、B 上升到最高点的过程中，A、B 与曲面劈 C 组成的系统动量守恒、机械能守恒
- B. A、B 碰撞后速度大小为 2m/s
- C. A、B 碰撞过程中系统损失的机械能为 6J
- D. 碰后物块 A、B 在曲面劈 C 上能够上升的最大高度为 0.1m

【答案】D

【知识点】滑块斜（曲）面模型

【详解】A. 碰撞后 A、B 上升到最高点的过程中，A、B 与曲面劈 C 组成的系统水平方向不受力，竖直方向上合力不为零，故只有水平方向动量守恒，系统只有重力做功，机械能守恒，故 A 错误；

BC. 物块 A 在与 B 碰撞之前，物块 A 的速度为 v_1 ，碰后速度为 v_2 ，根据动能定理有 $-\mu mgL_0 = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$

A、B 碰撞过程中，根据动量守恒定律有 $mv_1 = 2mv_2$

解得 $v_1 = 2\sqrt{3}\text{m/s}$ ， $v_2 = \sqrt{3}\text{m/s}$

A、B 碰撞过程中系统损失的机械能 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2} \times 2mv_2^2$

解得 $\Delta E = 3\text{J}$ ，故 BC 错误；

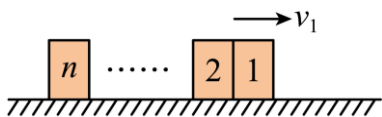
D. A、B 碰撞后在曲面劈 C 上能够上升到最高点过程中，设上升到最高点时共同速度为 v_3 ，上升的最大高度为 h ，对 A、B、C 构成的系统，水平方向动量守恒，则有 $2mv_2 = (2m + M)v_3$

根据能量守恒定律有 $2mgh = \frac{1}{2} \times 2mv_2^2 - \frac{1}{2} \times (2m + M)v_3^2$

解得 $h = 0.1\text{m}$ ，故 D 正确。

故选 D。

【名校预测·第十题】（2026·湖南长沙·模拟预测）如图所示，水平面上 n 个可看作质点的物块紧靠放置，物块间用长度均为 L 的轻质细绳相连，处于静止状态，物块质量均为 m ，与地面的动摩擦因数均为 μ 。现使第 1 个物块获得向右的初速度 v_1 ，可使所有物块全部动起来，设各物块获得速度的时间极短，可忽略不计，不考虑细绳的体积，已知重力加速度为 g ，下列说法正确的是（ ）



A. 若 $\mu = 0$ ，则从第 1 个物块运动开始经时间 $\frac{n(n+1)L}{2v_1}$ 第 n 个物块开始运动

B. 若 $\mu = 0$ ，当第 n 个物块开始运动后，整个系统损失的机械能为 $\frac{(n+1)mv_1^2}{2n}$

C. 若 $\mu > 0$ ，当第 n 个物块即将运动时，系统因摩擦产生的热量为 $\frac{n(n+1)\mu mgL}{2}$

D. 若 $\mu > 0$ ，当 $n = 3$ ，要使所有物块全部动起来，则 $v_1 > \sqrt{10\mu gL}$

【答案】D

【知识点】常见力做功与相应的能量转化、多物体多次碰撞问题

【详解】A. 第2个物块获得的速度为 v_2 ，根据动量守恒有 $mv_1 = 2mv_2$

解得 $v_2 = \frac{v_1}{2}$

第3个物块获得的速度为 v_3 ，根据动量守恒有 $mv_1 = 3mv_3$

解得 $v_3 = \frac{v_1}{3}$

同理，第 $n-1$ 个物块的速度为 $v_{n-1} = \frac{v_1}{n-1}$

第 n 个物块的速度为 $v_n = \frac{v_1}{n}$

故总时间为 $t = \frac{L}{v_1} + \frac{L}{\frac{v_1}{2}} + \cdots + \frac{L}{\frac{v_1}{n-1}} = \frac{n(n-1)L}{2v_1}$ ，故A错误；

B. 整个系统损失的机械能为 $\Delta E = \frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}nm\left(\frac{v_1}{n}\right)^2$

解得 $\Delta E = \frac{(n-1)mv_1^2}{2n}$ ，故B错误；

C. 若 $\mu > 0$ ，第1个物块克服摩擦力做功为 $W_1 = \mu mg(n-1)L$

第2个物块克服摩擦力做功为 $W_2 = \mu mg(n-2)L$

第 $n-1$ 个物块克服摩擦力做功为 $W_{n-1} = \mu mgL$

摩擦产生的热量 $Q = W_1 + W_2 + \cdots + W_{n-1} = \frac{n(n-1)\mu mgL}{2}$ ，故C错误；

D. 若 $\mu > 0$ ，当 $n=3$ ，第1个物块的绳子刚拉直时有 $-\mu mgL = \frac{1}{2}mv_1'^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$

此时速度为 v_1' ，拉直后的速度为 v_2' ，有 $mv_1' = 2mv_2'$

第2个物块的绳子刚拉直时 $-\mu \cdot 2mgL = \frac{1}{2} \cdot 2mv_3'^2 - \frac{1}{2} \cdot 2mv_2'^2$

又 $v_3' > 0$ ，联立解得 $v_1' > \sqrt{10\mu gL}$ ，故D正确。

故选D。