

2025 版高一物理考点总结（必修一）

目录

专题 01 描述运动的基本概念.....	4
考点 1：质点和参考系 位移和路程.....	4
考点 2：平均速度和瞬时速度.....	4
考点 3：加速度.....	4
专题 02 匀变速直线运动基本运动规律公式.....	6
考点 1：匀变速直线运动的基本公式.....	6
考点 2：匀变速直线运动三个推论.....	6
考点 3：初速度为零的匀加速直线运动的比例关系.....	7
考点 4：刹车类问题.....	7
专题 03 自由落体运动.....	8
考点 1：自由落体运动的基本规律.....	8
考点 2：自由落体运动的三种常见情况：.....	8
专题 04 竖直上抛运动规律及相遇问题.....	10
考点 1：竖直上抛运动的规律.....	10
考点 2：竖直上抛运动中的相遇问题.....	11
专题 05 多过程问题和追及相遇问题.....	13
考点 1：多过程问题.....	13
考点 2：追及相遇问题.....	14
专题 06 运动学图像.....	15
考点 1： $v-t$ 图像.....	15
考点 2：与位移和时间有关的图像.....	15
考点 3：与 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 有关的图像.....	16
考点 4： $a-t$ 图像.....	18
专题 07 重力和弹力.....	19
考点 1：重力和重心.....	19
考点 2：判定弹力有无.....	19
考点 3：弹力的方向.....	19
考点 4：弹力的大小.....	19
专题 08 摩擦力.....	20

考点 1: 摩擦力的大小和方向.....	20
考点 2: 摩擦力的突变问题.....	21
考点 3: 全反力和摩擦角.....	21
专题 09 力的合成与分解.....	22
考点 1: 力的合成.....	22
考点 2: 力的分解.....	22
专题 10 活结与死结绳模型、动杆和定杆模型和受力分析.....	24
考点 1: 活结与死结绳模型.....	24
考点 2: 动杆和定杆模型.....	24
考点 3: 受力分析.....	25
专题 11 共点力的平衡问题.....	26
考点 1: 整体法和隔离法在平衡问题中的应用.....	26
考点 2: 平衡中的临界和极值问题.....	26
考点 3: 解析法在动态平衡问题中的应用.....	26
考点 4: 图解法在动态平衡问题中的应用.....	26
考点 5: 相似三角形法在动态平衡问题中的应用.....	26
考点 6: 拉密定理在动态平衡问题中的应用.....	27
专题 12 探究弹簧弹力与形变量的关系.....	28
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理.....	28
专题 13 探究两个互成角度的力的合成规律.....	29
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理.....	29
专题 14 牛顿三大定律.....	30
考点 1: 牛顿第一定律和惯性.....	30
考点 2: 牛顿第三定律.....	30
考点 3: 牛顿第二定律及瞬时加速度问题.....	30
专题 15 超重失重、等时圆和动力学两类基本问题.....	32
考点 1: 超重失重.....	32
考点 2: 动力学两类基本问题.....	32
考点 3: 等时圆模型.....	33
专题 16 动力学动态分析、动力学图像问题.....	34
考点 1: 动力学动态分析.....	34
考点 2: 动力学图像.....	34
专题 17 动力学中的连接体问题、临界极值问题.....	36

考点 1: 动力学中的连接体问题	36
考点 2: 动力学中的临界极值问题	38
考点 3: 平衡中的连接体模型	38
1. 轻杆连接体问题	38
2. 轻环穿杆问题	39
考点 4: 绳杆弹簧加速度问题模型	39
1. 悬绳加速度问题	39
2. 类悬绳加速度问题	40
考点 5: 轻绳绕滑轮加速度相等----“阿特伍德机”模型	40
考点 6: 弹簧木块分离问题模型	41
考点 7: “关联速度与机械能守恒”连接体模型	41
1. 绳、杆末端速度分解四步	41
2. 绳杆末端速度分解的三种方法	42
考点 8: 轻绳相连的物体系统机械能守恒模型	43
考点 9: 轻杆相连的系统机械能守恒模型	43
专题 18 传送带模型	44
考点 1: 水平传送带模型	44
考点 2: 倾斜传送带模型	45
专题 19 板块模型	46
考点 1: 滑块—木块模型的解题策略	46
模型一 光滑面上外力拉板	46
模型二 光滑面上外力拉块	46
模型三 粗糙面上外力拉板	46
模型四 粗糙面上外力拉块	47
模型五 粗糙面上刹车减速	47
考点 2: 常见问题分析	47
问题 1. 板块模型中的运动学单过程问题	47
问题 2. 板块模型中的运动学多过程问题 1——至少作用时间问题	48
问题 3. 板块模型中的运动学多过程问题 2——抽桌布问题	48
问题 4. 板块模型中的运动学粗糙水平面减速问题	49
专题 20 探究加速度和力、质量的关系	50
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	50

专题 01 描述运动的基本概念

考点 1: 质点和参考系 位移和路程

1. 对质点的三点说明

- (1)质点是一种理想化物理模型，实际并不存在。
- (2)物体能否被看作质点是由所研究问题的性质决定的，并非依据物体自身大小和形状来判断。
- (3)质点不同于几何“点”，是忽略了物体的大小和形状的有质量的点，而几何中的“点”仅仅表示空间中的某一位置。

2. 对参考系“两性”的认识

- (1)任意性：参考系的选择原则上是任意的，通常选地面为参考系。
- (2)同一性：比较不同物体的运动必须选同一参考系。

3. 位移与路程的“两点”区别

- (1)决定因素不同：位移由始、末位置决定，路程由实际的运动路径决定。
- (2)运算法则不同：位移应用矢量的平行四边形定则运算，路程应用标量的代数运算法则运算。

考点 2: 平均速度和瞬时速度

1. 计算平均速度时应注意的三个问题

- (1)求解平均速度必须明确是哪一段位移或哪一段时间的平均速度。
- (2) $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 是平均速度的定义式，适用于所有的运动。
- (3)匀变速直线运动中，平均速度等于中间时刻的瞬时速度，即 $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}}$ 。

2. 平均速度和瞬时速度的区别与联系

- (1)平均速度是过程量，与位移和时间有关，表示物体在某段位移或某段时间内的平均运动快慢程度。
- (2)瞬时速度是状态量，与位置和时刻有关，表示物体在某一位置或某一时刻的运动快慢程度。
- (3)瞬时速度等于运动时间 $\Delta t \rightarrow 0$ 的平均速度。
- (4)对于匀速直线运动，瞬时速度与平均速度相等。

3. 平均速度与平均速率的比较

平均速率 $\neq$ 平均速度大小

- (1)平均速度是位移与时间的比值，平均速率是路程与时间的比值。
- (2)一般情况下，平均速率大于平均速度的大小。
- (3)单向直线运动中，平均速率等于平均速度的大小。

考点 3: 加速度

1. 加速度的计算

加速度的计算方法

- (1)确定正方向。
- (2)确定初速度 v_0 、末速度 v 。
- (3)根据公式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t}$ 求解。

2.速度、速度变化量与加速度的关系

	速度	速度变化量	加速度
物理意义	描述物体运动的快慢	描述物体速度的变化	描述物体速度变化的快慢
定义式	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$\Delta v = v - v_0$	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$
方向	与位移 Δx 同向,即物体运动的方向	由 $v - v_0$ 或 a 的方向决定	与 Δv 的方向一致,由合力 F 的方向决定,而与 v_0 、 v 的方向无关

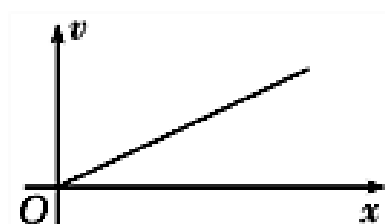
3.物体速度变化规律分析（公众号：屋里学家 独家整理）

根据 a 与 v 的方向关系判断物体加速还是减速

$$(1) \ a \text{ 和 } v \text{ 同向 (加速直线运动)} \Rightarrow \begin{cases} a \text{ 不变, } v \text{ 随时间均匀增大} \\ a \text{ 增大, } v \text{ 增大得越来越快} \\ a \text{ 减小, } v \text{ 增大得越来越慢} \end{cases}$$

$$(2) \ a \text{ 和 } v \text{ 反向 (减速直线运动)} \Rightarrow \begin{cases} a \text{ 不变, } v \text{ 随时间均匀减小} \\ a \text{ 增大, } v \text{ 减小得越来越快} \\ a \text{ 减小, } v \text{ 减小得越来越慢} \end{cases}$$

4.v-x 图像中的“速位比加速度”



速时比加速度: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$; 速位比加速度: $A = \frac{\Delta v}{\Delta x}$;

二者关系: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta x} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} = v \cdot A$

(1) 当 $A > 0$ 且恒定时, a 随 v 增大而变大;

(2) 当 $A < 0$ 且恒定时, a 随 v 减小而变小;

专题 02 匀变速直线运动基本运动规律公式

考点 1: 匀变速直线运动的基本公式

1. 四个基本公式及选取技巧

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	$x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$
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. 运动学公式中正、负号的规定:

匀变速直线运动的基本公式和推论公式都是矢量式,使用时要规定正方向。而直线运动中可以用正、负号表示矢量的方向,一般情况下规定初速度 v_0 的方向为正方向,与初速度同向的物理量取正值,反向的物理量取负值。当 $v_0=0$ 时,一般以加速度 a 的方向为正方向。

考点 2: 匀变速直线运动三个推论

1. 匀变速直线运动三个推论公式:

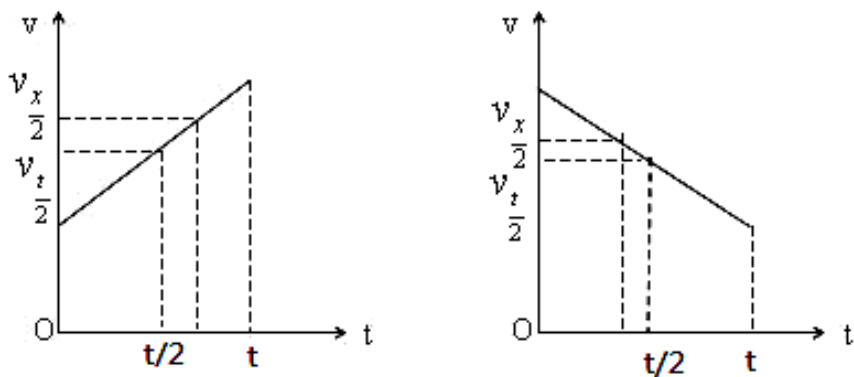
(1) 一段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度, 即: $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}}$

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

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

不连续两个两个相等时间(T)内的位移之差的关系: $x_m - x_n = (m - n)aT^2$

2. 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。

考点 3: 初速度为零的匀加速直线运动的比例关系

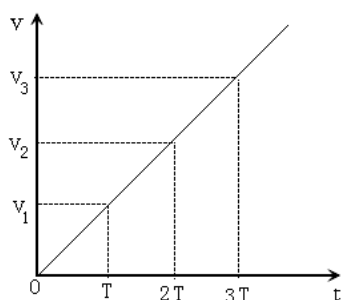
1. 等分时间:

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

(2) $1T$ 内、 $2T$ 内、 $3T$ 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



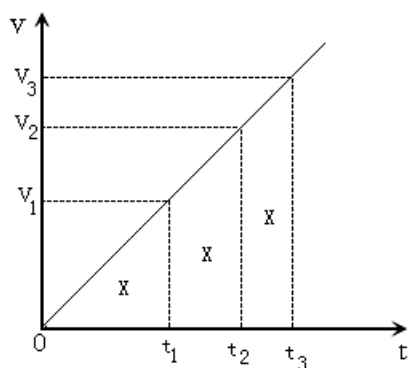
2. 等分位移:

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

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

(3) 通过第一个 $1x$ 、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



3. 速度可以减为零的匀减速直线运动, 可以逆向利用初速度为零匀加速直线运动的比例关系。

考点 4: 刹车类问题

1. 其特点为匀减速到速度为零后即停止运动, 加速度 a 突然消失。

2. 如果问题涉及最后阶段(到停止运动)的运动, 可把该阶段看成反向的初速度为零的匀加速直线运动。

3. 求解时要注意确定其实际运动时间。(公众号: 屋里学家 独家整理)

专题 03 自由落体运动

考点 1: 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。

考点 2: 自由落体运动的三种常见情况:

1. 知局部高度 Δh (对应时间 Δt), 求总高度 H (对应时间 t)

方法一: $\Delta h = \frac{1}{2}g(t + \Delta t)^2 - \frac{1}{2}gt^2$, 求得时间 t , 进而求出 H 。

方法二: $\bar{v} = \frac{\Delta h}{\Delta t} = g(t + \frac{\Delta t}{2})$, 利用 Δt 内的平均速度, 求得时间 t , 进而求出 H 。

2. 链子 (或杆) 过观察点时间问题:

设链子 (或杆) 长 L , 链子 (或杆) 的下端到观察点的距离为 h

① 链子 (或杆) 下端下落到观察点的时间 $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

② 链子 (或杆) 上端下落到观察点的时间 $t_2 = \sqrt{\frac{2(L + h)}{g}}$

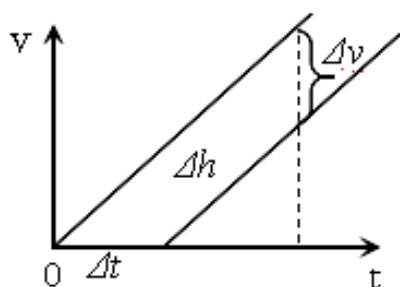
③ 所以, 整条链子 (或杆) 通过观察点的时间 $\Delta t = \sqrt{\frac{2(L + h)}{g}} - \sqrt{\frac{2h}{g}}$

3. 等高不同时和同时不等高问题

① 等高不同时:

1) 速度差: $\Delta v = g(t + \Delta t) - gt = g\Delta t$, 为一定值;

2) 位移差: $\Delta h = \frac{g(t + \Delta t)^2}{2} - \frac{gt^2}{2} = \frac{g\Delta t(2t + \Delta t)}{2}$, 随 t 增大而增大。



② 同时不等高:

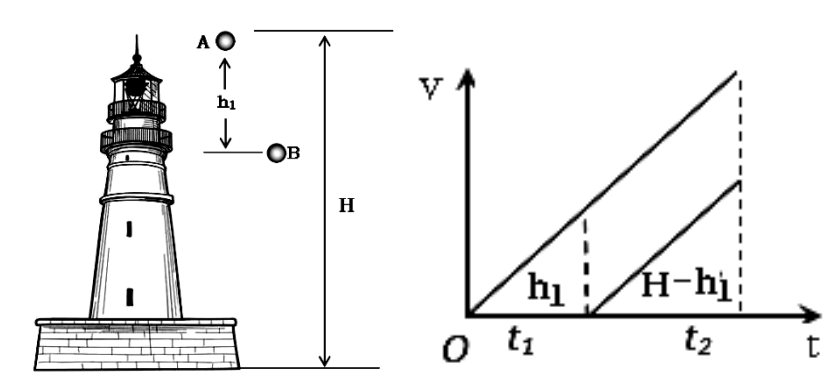
设 A 球从顶部下落 h_1 时，B 球距顶 h_2 下落，同时落地，求 H 。

A 球：落地总时间： $t_{\text{总}}=\sqrt{\frac{2H}{g}}$ ，下落 h_1 时间为 $t_1=\sqrt{\frac{2h_1}{g}}$ ，

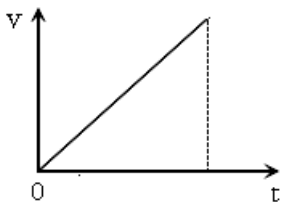
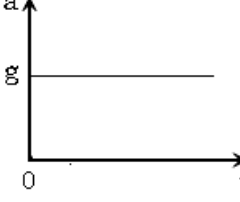
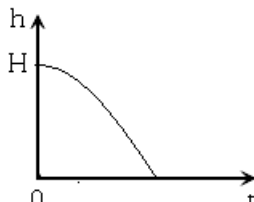
B 球：下落高度为 $(H-h_1)$ ，下落时间为 $t_2=\sqrt{\frac{2(H-h_1)}{g}}$

根据时间关系有 $t_{\text{总}}=t_1+t_2$

即 $\sqrt{\frac{2H}{g}}=\sqrt{\frac{2h_1}{g}}+\sqrt{\frac{2(H-h_1)}{g}}$ ，可解得 H 。



三、自由落体运动的三种图像

	V-t 图像	a-t 图像	h-t 图像
图像			
公式	$v=gt$	$a=g$	$h=H-\frac{1}{2}gt^2$
物理量	斜率等于 g ， 面积为下落高度 h	面积为速度变化量	当 $t=0$ 时， $h=H$

专题 04 竖直上抛运动规律及相遇问题

考点 1：竖直上抛运动的规律

1. 研究竖直上抛运动的两种方法：

(1) 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。

(2) 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： $h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$ ；

③速度位移关系： $v^2 - v_0^2 = -2gh$ 。

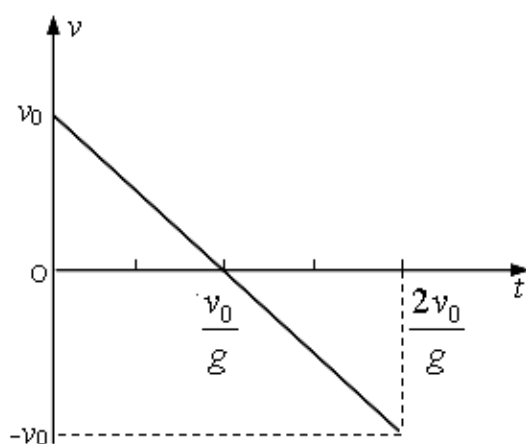
④符号法则：

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。

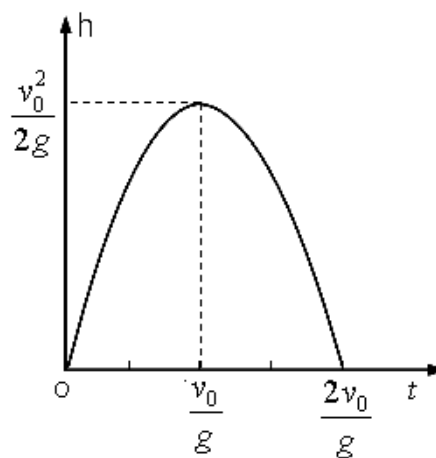
(3) 两个重要结论：

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



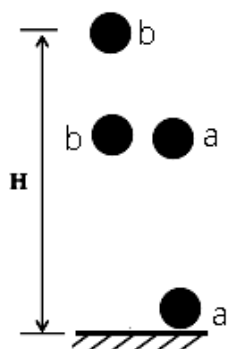
$h-t$ 图像

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（公众号：屋里学家 独家整理）
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

考点 2: 竖直上抛运动中的相遇问题

1. 竖直上抛运动与自由落体运动相遇问题



公式法: (1)同时运动, 相遇时间: $\frac{1}{2}gt^2 + (v_0t - \frac{1}{2}gt^2) = H$, 解得: $t = \frac{H}{v_0}$

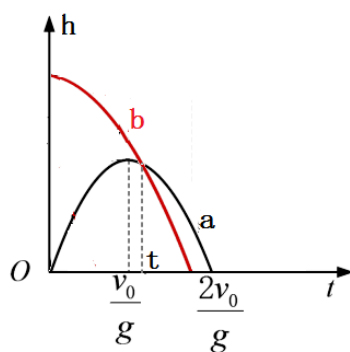
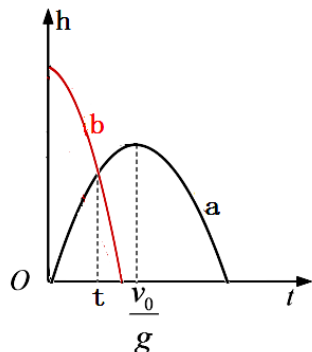
(2)上升、下降过程中相遇中的临界条件:

①若在 a 球上升时两球相遇, 临界条件: $t < \frac{v_0}{g}$, 即: $\frac{H}{g} < \frac{v_0}{g}$, 解得: $v_0 > \sqrt{gH}$

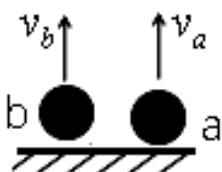
②若在 a 球下降时两球相遇, 临界条件: $\frac{v_0}{g} < t < \frac{2v_0}{g}$, 即 $\frac{v_0}{g} < \frac{H}{v_0} < \frac{2v_0}{g}$, 解得: $\sqrt{\frac{gH}{2}} < v_0 < \sqrt{gH}$

图像法: 左图 (在 a 球上升时两球相遇);

右图 (在 a 球下降时两球相遇)



2. 两个竖直上抛运动相遇问题

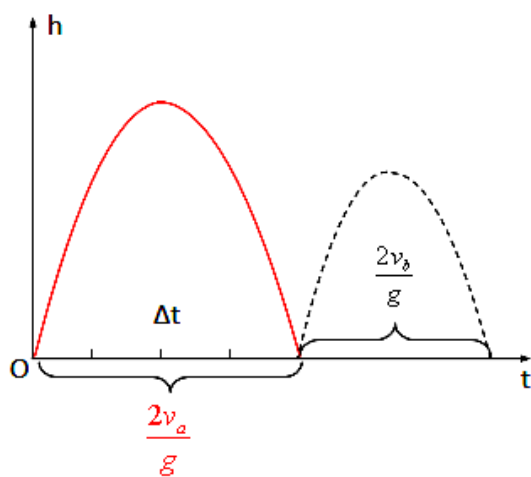
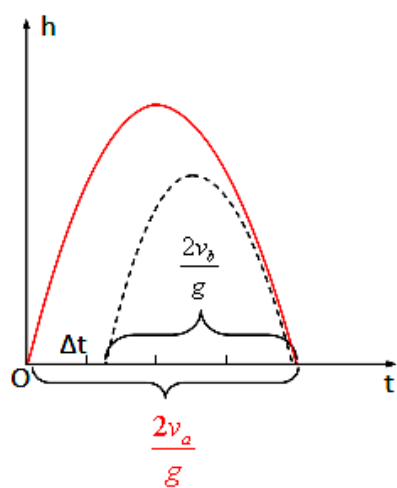


例: a 、 b 球先后相隔 Δt 时间竖直上抛, 要在空中相遇, Δt 应满足什么条件?

(1) 公式法: $v_a(t + \Delta t) - \frac{1}{2}g(t + \Delta t)^2 = v_b t - \frac{1}{2}gt^2$, 求出时间 t . 要在空中相遇, 必须满足条件: $0 < t < \frac{2v_0}{g}$,

求出 Δt 范围即可。

(2) 图像法：



专题 05 多过程问题和追及相遇问题

考点 1: 多过程问题

1. 多过程问题的处理方法和技巧:

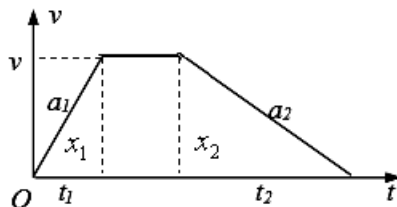
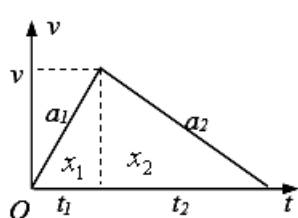
(1) 充分借助 $v-t$ 图像, 从图像中可以反映出物体运动过程经历的不同阶段, 可获得的重要信息有加速度(斜率)、位移(面积)和速度;

(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: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{x_1}{x_2}$;

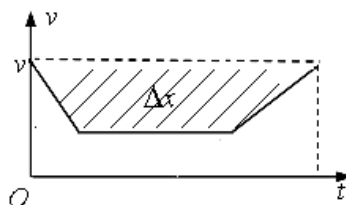
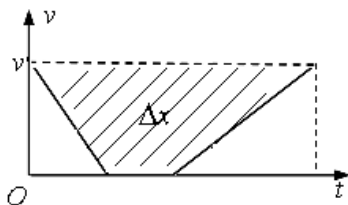
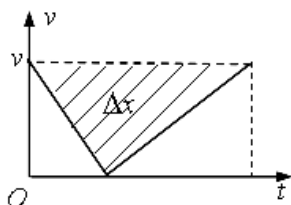
③由平均速度位移公式: $x_1 = \frac{vt_1}{2}$; $x_2 = \frac{vt_2}{2}$ 得: $\frac{t_1}{t_2} = \frac{x_1}{x_2}$ 。

【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

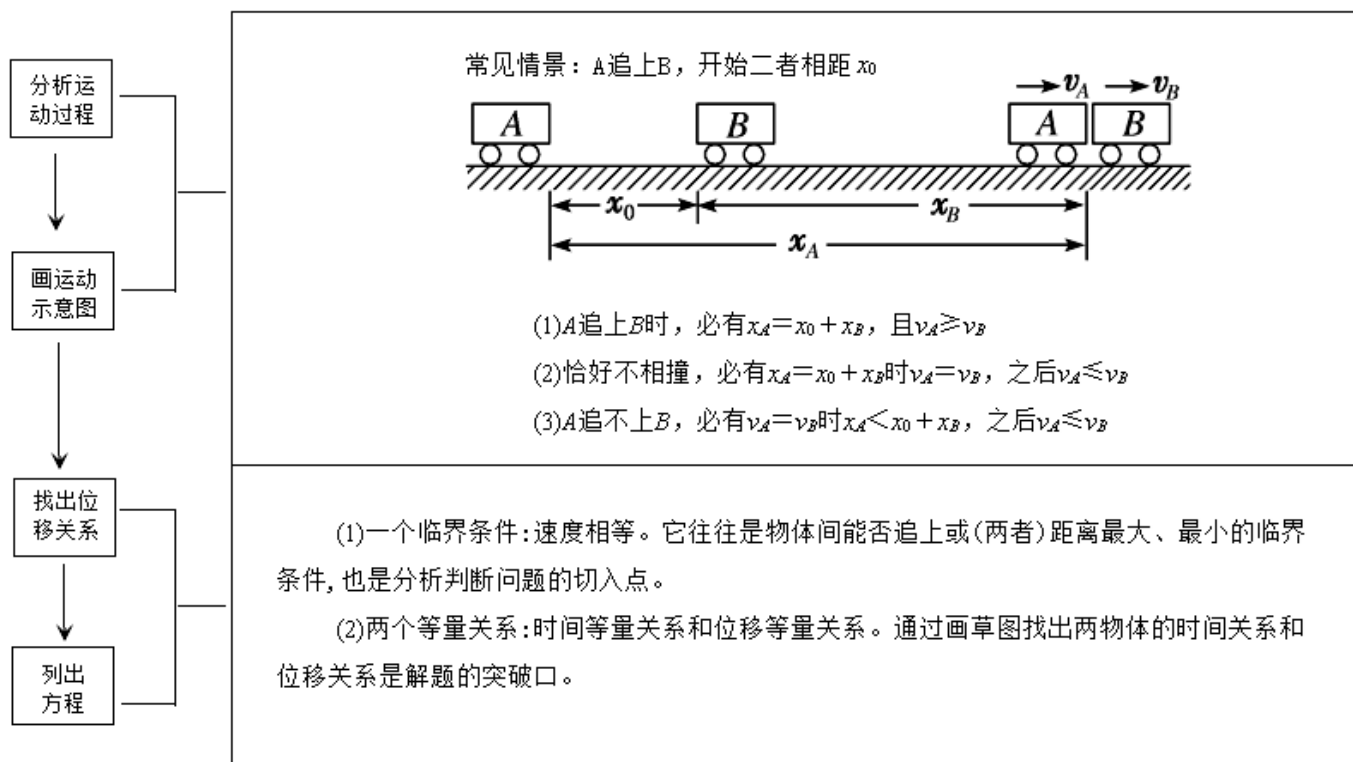


【案例】车过 ETC 通道耽搁时间问题:

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

考点 2：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。(公众号：屋里学家 独家整理)

[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。

专题 06 运动学图像

考点 1: $v-t$ 图像

图像		
物理意义		表示物体速度随时间变化的规律
识图五要素	点	两图线交点, 说明两物体此时刻速度相等
	线	①②③表示匀变速直线运动; ④表示匀速直线运动; ⑤⑥⑦⑧表示非匀变速直线运动
	斜	(切线) 直线斜率表示物体(瞬时)加速度; 上倾为正, 下斜为负; 陡缓示大小
	截	纵截距表示物体初速度
	面	阴影部分的面积表示物体某段时间内发生的位移; t 上为正, t 下为负

考点 2: 与位移和时间有关的图像

$x-t$ 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	点	两图线交点, 说明两物体此时刻相遇
	线	①②③表示物体做匀速直线运动; ④表示物体静止; ⑤⑥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)速度; 上倾为正, 下斜为负; 陡缓示大小
	截	纵截距表示开始计时物体位置
	面	图线与 t 轴所围图形面积无意义

$\frac{x}{t} - t$ 图像		
识图步骤		1.根据图像写函数表达式；2.根据表达式找初速度和加速度两个主要物理量；
识图五要素	点	两图线交点，说明两物体此时刻相遇
	线	①②③表示物体做匀变速直线运动；④表示物体做匀速直线运动
	斜	①②③斜率 $k = \frac{a}{2}$ ；上倾为正，下斜为负；陡缓示大小。
	截	③纵截距表示物体初速度；④图线 b_1 表示匀速直线运动的速度
	面	匀变速直线运动的图线与 t 轴所围图形面积不表示物体某段时间发生的位移

考点 3: 与 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 有关的图像

图像种类		
识图步骤		1.根据 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 写出对应图线函数表达式；2.找初速度和加速度两个主要物理量；
识图五要素	点	两图线交点，说明两物体经过某段相同位移或在某一位置的速度平方值相同
	线	①②④⑤表示物体做匀加速直线运动；③表示物体做匀减速直线运动
	斜	$v^2 - x$ 图线斜率 $k = 2a$ ； $x - v^2$ 图线斜率 $k = \frac{1}{2a}$ ；上倾为正，下斜为负；陡缓示大小
	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
	面	图线与横轴所围图形面积无意义

图像种类		
识图步骤		1.根据 $v^2-v_0^2=2ax$ 写出对应图线函数表达式；2.找初速度和加速度两个主要物理量；
识图五要素	点	两图线交点，说明两物体经过某段相同位移或在某一位置的速度相同
	线	①②③表示物体做匀加速直线运动；④⑤表示物体做匀减速直线运动
	斜	$v-x$ 图中图线的斜率 $k = \frac{\Delta v}{\Delta x} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta x} = a \cdot \frac{1}{v}$ ； $x-v$ 图中图线的斜率 $k = \frac{\Delta x}{\Delta v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta v} = v \cdot \frac{1}{a}$
	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
	面	图线与横轴所围图形面积无意义

图像种类		
识图五要素	点	两图线交点，说明两物体具有相同加速度
	线	①表示物体做匀变速直线运动；②③④表示物体做非匀变速直线运动
	斜	
	截	纵截距表示物体初加速度
	面	图线与x轴所围图形面积等于 $\frac{v^2 - v_0^2}{2}$

考点 4: a-t 图像

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	点	两图线交点，说明两物体此时刻加速度相等
	线	①②③表示a均匀变化；④表示a恒定；⑤⑥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 加速度变化率 ，即 加速度 变化的快慢
	截	纵截距表示物体初加速度
	面	阴影部分的面积表示物体某段时间内速度变化量；t上为正，t下为负

专题 07 重力和弹力

考点 1: 重力和重心

1. 产生：由于地球的吸引而使物体受到的力。
2. 大小： $G=mg$ 。
3. 方向：总是竖直向下。
4. 重心：因为物体各部分都受重力的作用，从效果上看，可以认为各部分受到的重力作用集中于一点，这一点叫做物体的重心。

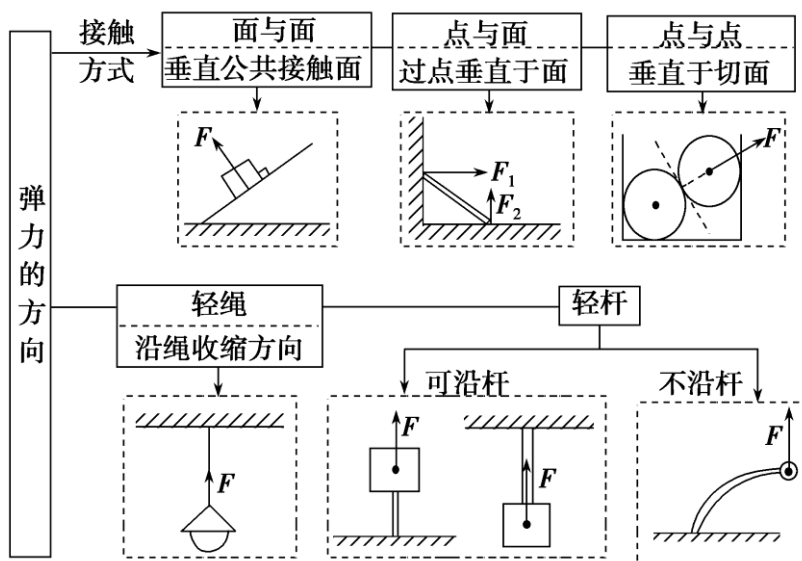
特别提醒：(1)重力的方向不一定指向地心。

(2)并不是只有重心处才受到重力的作用。

考点 2: 判定弹力有无

1. 条件法：根据弹力产生的两个条件——接触和发生弹性形变直接判断。
2. 假设法：假设两个物体间弹力不存在，看物体能否保持原有的状态。若运动状态不变，则此处不存在弹力；若运动状态改变，则此处一定有弹力。
3. 状态法：根据物体的运动状态，由平衡条件或牛顿第二定律进行判断。

考点 3: 弹力的方向



考点 4: 弹力的大小

1. 弹簧类弹力：

- (1) 由胡克定律知弹力 $F=kx$ ，其中 x 为弹簧的形变量，而不是伸长或压缩后弹簧的总长度；
- (2) 弹簧串联时，各弹簧的弹力大小相等，弹簧的形变量一般不同；

串联后弹簧的劲度系数类似电阻并联公式： $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots$

- (3) 弹簧并联时，各弹簧的形变量相等，弹力一般不同。

并联后弹簧的劲度系数类似电阻串联公式： $k = k_1 + k_2 + \dots$

2. 非弹簧类弹力：根据运动状态和其他受力情况，利用平衡条件或牛顿第二定律来综合确定。

专题 08 摩擦力

考点 1：摩擦力的大小和方向

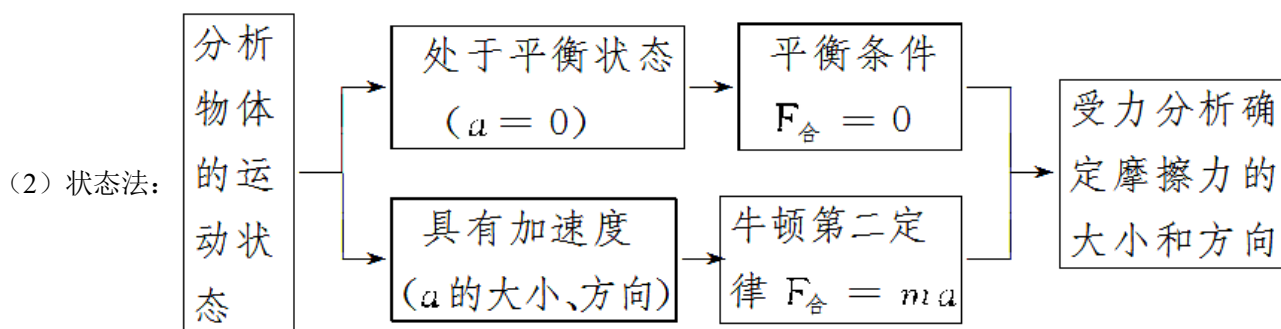
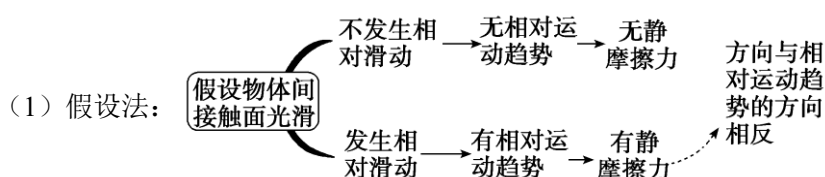
1. 静摩擦力和滑动摩擦力

	静摩擦力	滑动摩擦力
定义	两个具有相对运动趋势的物体间在接触面上产生的阻碍相对运动趋势的力	两个具有相对运动的物体间在接触面上产生的阻碍相对运动的力（公众号：屋里学家 独家整理）
产生条件	(1)接触面粗糙； (2)接触处有弹力； (3)两物体间有相对运动趋势	(1)接触面粗糙； (2)接触处有弹力； (3)两物体间有相对运动
大小	(1)静摩擦力大小，与正压力无关，即 $0 < F_f \leq F_{f\max}$ (2)最大静摩擦力 $F_{f\max}$ 的大小与正压力大小有关	滑动摩擦力的大小与正压力成正比，即 $f = \mu F_N$ (μ ：取决于接触面的材料及粗糙程度，与 F_N 为无关)
方向	与接触面相切，与物体相对运动趋势的方向相反	与接触面平行，与物体相对运动方向相反

注意：①运动方向：一般指物体相对地面(以地面为参考系)的运动方向；

②相对运动（趋势）方向：以其中一个物体为参考系,另一个物体相对参考系的运动方向。

2.判断静摩擦力的有无及方向的三种方法

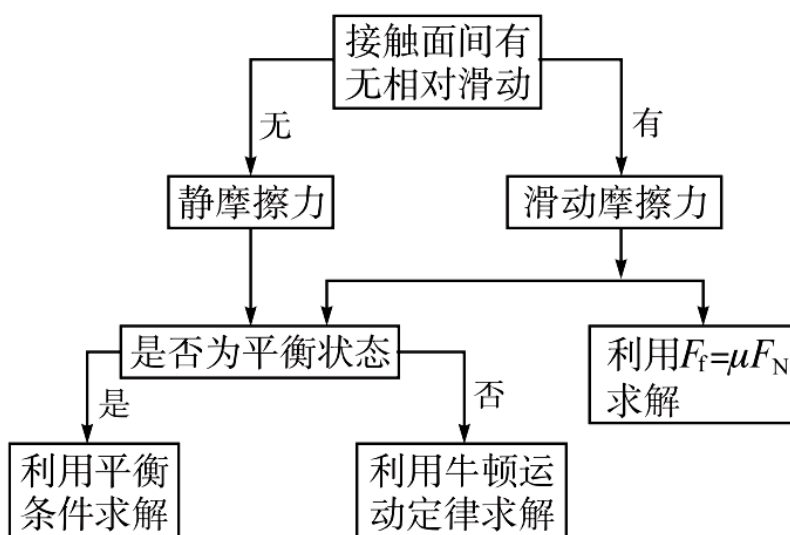


(3) 牛顿第三定律法：“力是物体间的相互作用”，先确定受力较少的物体受到的静摩擦力的方向，再根据牛顿第三定律确定相互作用的另一物体受到的静摩擦力的方向。

(4) 带动法：①“主动带动被动”。②“同向快带慢，反向互相阻”，多用于传送带和板块模型中，摩擦力方向的判断。

注意：摩擦力的方向总是与物体间相对运动（或相对运动趋势）的方向相反，但与物体的运动方向可能相反，也可能相同，还有可能不在同一直线上。

3. 摩擦力大小的计算

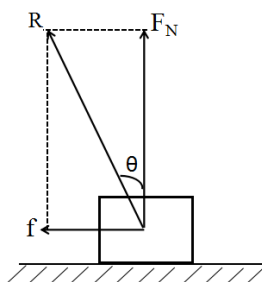


考点 2：摩擦力的突变问题

1. “静→静”突变：物体受到静摩擦力和其他力的共同作用，当其他力的合力发生变化时，如果仍保持相对静止，则静摩擦力的大小和(或)方向可能发生突变。
2. “静→动”突变：物体受到静摩擦力和其他力的共同作用，当其他力变化时，如果发生相对滑动，则静摩擦力可能突变为滑动摩擦力。
3. “动→静”突变：物体受到滑动摩擦力和其他力的共同作用，当相对滑动突然停止时，滑动摩擦力可能突变为静摩擦力。
4. “动→动”突变：物体受到滑动摩擦力和其他力的共同作用，当两物体间的正压力发生变化时，滑动摩擦力的大小随之而变；或两物体达到共同速度时相对滑动方向发生变化，滑动摩擦力的方向也会随之而变。

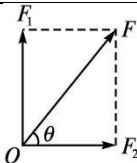
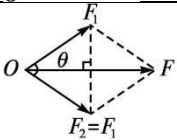
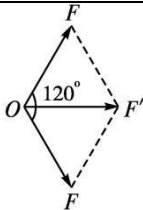
考点 3：全反力和摩擦角

1. 全反力：物体所受滑动摩擦力与支持力的合力称全反力，一般用 R 表示。
2. 摩擦角：全反力与支持力的夹角称摩擦角，且 $\mu = \tan\theta$ (μ 为动摩擦因素)



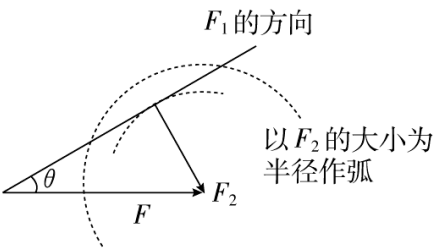
专题 09 力的合成与分解

考点 1：力的合成

力的合成		
法则	平行四边形定则和三角形定则	
结论	1.合力可能大于、等于、小于任一分力	
	2.若 F_1 、 F_2 大小不变，两个分力的夹角越大，合力越小	
	3.两个共点力合力的范围： $ F_1 - F_2 \leq F_{合} \leq F_1 + F_2$	
	4.若 F_1 、 F_2 大小相等，两个分力的夹角为 120^0 ，合力等于分力	
	5. 三个共点力	(1) 最大值：三个力共线且同向时，其合力最大，为 $F_1 + F_2 + F_3$ (2) 最小值：任取两个力，求出其合力的范围，如果第三个力在这个范围之内，则三个力的合力的最小值为零，如果第三个力不在这个范围内，则合力的最小值为最大的一个力的大小减去另外两个较小的力的大小之和
几种特殊情况的力的合成		$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$; $\tan \theta = \frac{F_1}{F_2}$
		$F = 2F_1 \cos \frac{\theta}{2}$; F 与 F_1 夹角为 $\frac{\theta}{2}$
		$F' = F$

考点 2：力的分解

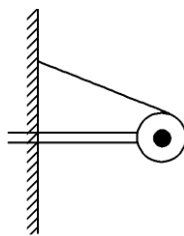
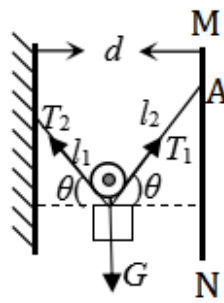
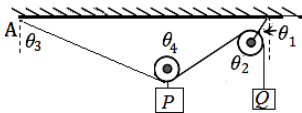
力的分解		
方法	按力的作用效果分解或正交分解（平行四边形定则和三角形定则）	
力的分解的四种情况	1.已知合力和两个分力的方向求两个分力的大小,有唯一解。（公众号：屋里学家 独家整理）	
	2.已知合力和一个分力(大小、方向)求另一个分力(大小、方向),有唯一解。	
	3.已知合力和两分力的大小求两分力的方向:	① $F > F_1 + F_2$, 无解
		② $F = F_1 + F_2$, 有唯一解, F_1 和 F_2 跟 F 同向
		③ $F = F_1 - F_2$, 有唯一解, F_1 与 F 同向, F_2 与 F 反向
		④ $F_1 - F_2 < F < F_1 + F_2$, 有无数组解(若限定在某一平面内,有两组解)
	4.已知合力 F 和	① $F_2 < F \sin \theta$, 无解

	F_1 的方向、 F_2 的大小(F_1 与合力的夹角为 θ):	② $F_2=F\sin \theta$,有唯一解
		③ $F\sin \theta < F_2 < F$,有两组解
		

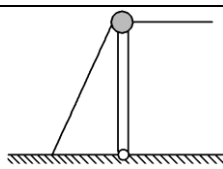
专题 10 活结与死结绳模型、动杆和定杆模型和受力分析

考点 1: 活结与死结绳模型

1. “活结”模型

模型结构	模型解读	模型特点	
	“活结”把绳子分为两段，且可沿绳移动，“活结”一般由绳跨过滑轮或绳上挂一光滑挂钩而形成，绳子因“活结”而弯曲，但实际为同一根绳	“活结”绳子上的张力大小处处相等（公众号：屋里学家 独家整理）	
常见模型	力学关系和几何关系	端点 A 上下移动	挡板 MN 左右移动
	$\textcircled{1} T_1 = T_2 = \frac{G}{2\sin\theta}$ $\textcircled{2} l_1 \cos\theta + l_2 \cos\theta = d$ $(l_1 + l_2) \cos\theta = d$ $\cos\theta = \frac{d}{l}$	因为 d 和 l 都不变，所以根据 $\cos\theta = \frac{d}{l}$ 可知 θ 也不变，则 T_1 和 T_2 也不变。	因为 MN 左右移动时，d 变化，而 l 不变，根据 $\cos\theta = \frac{d}{l}$ 可知 θ 将变化，则 T_1 和 T_2 也变。
常见模型	力学关系和几何关系	端点 A 左右移动	两物体质量比变
	$\textcircled{1} \text{角度: } \theta_4 = 2\theta_3 = 2\theta_2 = 4\theta_1$ $\textcircled{2} \text{拉力: } T = M_Q g$ $\textcircled{3} 2M_Q \cos\theta_2 = M_P$	两物体质量比不变，左右移动轻绳端点，角度都不变。	角度变，但让保持原有倍数关系。

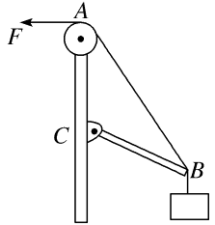
2. “死结”模型

模型结构	模型解读	模型特点
	“死结”把绳子分为两段，且不可沿绳子移动，“死结”两侧的绳因结而变成两根独立的绳	死结两侧的绳子张力不一定相等

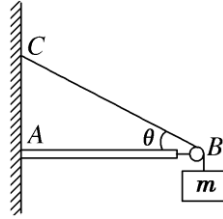
考点 2: 动杆和定杆模型

1. 动杆模型

模型结构	模型解读	模型特点
------	------	------

	轻杆用光滑的转轴或铰链连接，轻杆可围绕转轴或铰链自由转动	当杆处于平衡时，杆所受的弹力方向一定沿杆
---	------------------------------	----------------------

2. 定杆模型

模型结构	模型解读	模型特点
	轻杆被固定在接触面上，不发生转动	杆所受的弹力方向不一定沿杆，可沿任意方向

考点 3：受力分析

1. 受力分析的一般顺序：先分析场力(重力、电场力、磁场力)，再分析接触力(弹力、摩擦力)，最后分析其他力。
2. 研究对象选取方法：整体法和隔离法。

- (1) 当分析相互作用的两个或两个以上物体整体的受力情况及分析外力对系统的作用时，宜用整体法。
- (2) 在分析系统内各物体(或一个物体各部分)间的相互作用时常用隔离法。
- (3) 整体法和隔离法不是独立的，对一些较复杂问题，通常需要多次选取研究对象，交替使用整体法和隔离法。

3. 受力分析的六个注意点

- (1) 不要把研究对象所受的力与研究对象对其他物体的作用力混淆。
- (2) 每一个力都应找出其施力物体, 不能无中生有。
- (3) 合力和分力不能重复考虑。
- (4) 涉及弹簧弹力时, 要注意拉伸或压缩可能性分析。
- (5) 分析摩擦力时要特别注意摩擦力的方向。
- (6) 对整体进行受力分析时, 组成整体的几个物体间的作用力为内力, 不能在受力分析图中出现; 当把某一物体隔离分析时, 原来的内力变成外力, 要在受力分析图中画出。

专题 11 共点力的平衡问题

考点 1: 整体法和隔离法在平衡问题中的应用

整体法和隔离法应用十六字原则：外整内分，力少优先，交替使用，相互辅助。

考点 2: 平衡中的临界和极值问题

临界问题是指当某物理量变化时，会引起其他几个物理量的变化，从而使物体所处的平衡状态“恰好出现”或“恰好不出现”，在问题的描述中常用“刚好”“刚能”“恰好”等语言叙述；极值问题是指在力的变化过程中的最大值和最小值问题。

1. 数学分析法：

根据物体的平衡条件列方程，在解方程时利用数学考求极值。通常用到的数学考有二次函数求极值、讨论公式求极值、三角函数求极值以及几何法求极值等。

2. 物理分析法：

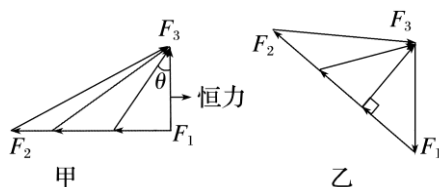
根据平衡条件作出力的矢量图，若只受三个力，则这三个力能构成封闭矢量三角形，然后根据矢量图进行动态分析，确定最大值和最小值。

考点 3: 解析法在动态平衡问题中的应用

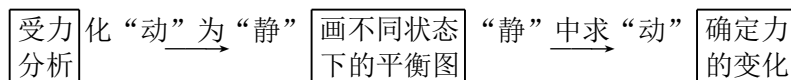
方法：对研究对象进行受力分析，先画出受力示意图，再根据物体的平衡条件，得到因变量与自变量的关系表达式（通常要用到三角函数），最后根据自变量的变化确定因变量的变化。

考点 4: 图解法在动态平衡问题中的应用

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。

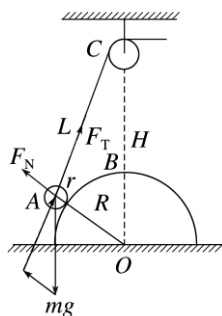


2. 方法：



考点 5: 相似三角形法在动态平衡问题中的应用

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。



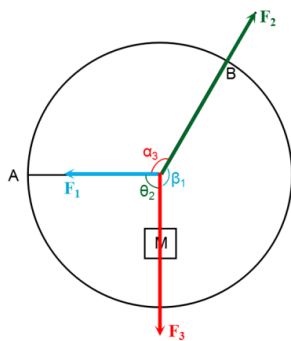
2. 方法：①对物体在某个位置作受力分析；②以两个变力为邻边，利用平行四边形定则，作平行四边形；③找出相

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。

考点 6：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：
$$\frac{F_1}{\sin \beta_1} = \frac{F_2}{\sin \theta_2} = \frac{F_3}{\sin \alpha_3}$$

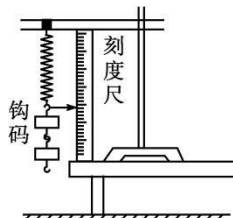


专题 12 探究弹簧弹力与形变量的关系

考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

1. 实验目的: 探究弹簧弹力与形变量的定量关系。

2. 实验器材



弹簧、毫米刻度尺、铁架台、钩码若干、坐标纸。

3. 实验原理:

用刻度尺测出弹簧在不同钩码拉力下的伸长量 x , 建立直角坐标系, 以纵坐标表示弹力大小 F , 以横坐标表示弹簧的伸长量 x , 在坐标系中描出实验所测得的各组 (x, F) 对应的点, 用平滑的曲线连接起来, 根据实验所得的图线, 就可探知弹力大小与弹簧伸长量间的关系。

4. 数据处理:

(1) 以弹力 F 为纵坐标, 以弹簧的伸长量 x 为横坐标, 建立坐标系, 选取合适的单位, 用描点法作图。用平滑的曲线连接各点, 得到弹力 F 随弹簧伸长量 x 变化的关系图像。

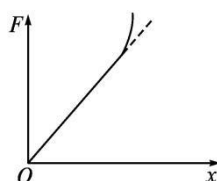
(2) 以弹簧的伸长量为自变量, 写出曲线所代表的函数。首先尝试一次函数, 如果不行, 则考虑二次函数等。

(3) 得出弹力和弹簧伸长量之间的定量关系, 解释函数表达式中常数的物理意义。

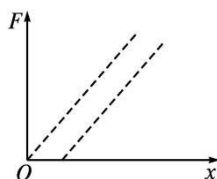
5. 误差分析:

(1) 钩码标值不准确、弹簧长度测量不准确以及画图时描点连线不准确等都会引起实验误差。

(2) 悬挂钩码数量过多, 导致弹簧的形变量超出其弹性限度, 不再符合胡克定律 ($F=kx$), 故图像发生弯曲。



(3) 水平放置弹簧测量其原长, 由于弹簧有自重, 将其悬挂起来后会有一定的伸长量, 故图像横轴截距不为零。



专题 13 探究两个互成角度的力的合成规律

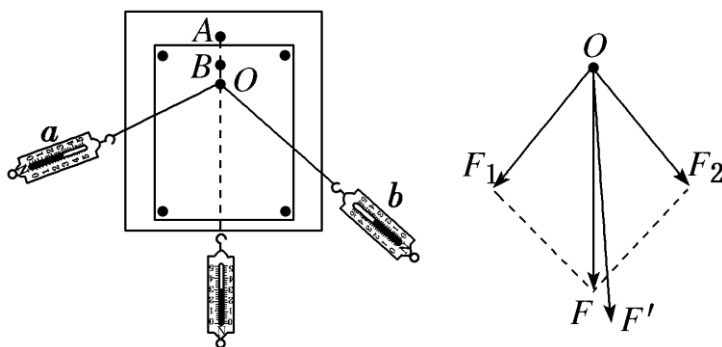
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

1. 实验目的: 探究两个互成角度的力的合成规律。

2. 实验器材:

木板、白纸、弹簧测力计(两只)、橡皮条、细绳套(两个)、小圆环、三角板、刻度尺、图钉(几个)。

3. 实验原理:



等效思想: 使一个力 F' 的作用效果和两个力 F_1 和 F_2 的作用效果相同, 就是使同一条一端固定的橡皮条伸长到同一点 O , 即伸长量相同, 所以 F' 为 F_1 和 F_2 的合力, 作出力 F' 的图示, 再根据平行四边形定则作出力 F_1 和 F_2 的合力 F 的图示, 比较 F 、 F' 在实验误差允许的范围内是否大小相等、方向相同。(公众号: 屋里学家 独家整理)

4. 数据处理:

(1) 用铅笔和刻度尺从结点 O 沿两条细绳方向画直线, 按选定的标度作出 a 、 b 这两只弹簧测力计的拉力 F_1 和 F_2 的图示, 并以 F_1 和 F_2 为邻边作平行四边形, 过 O 点画平行四边形的对角线, 此对角线即为合力 F 的图示。

(2) 用刻度尺从 O 点按同样的标度沿记录的方向作出一个弹簧测力计 c 的拉力 F' 的图示。

(3) 比较 F 与 F' 是否完全重合或几乎重合, 从而验证平行四边形定则。

5. 误差分析:

(1) 系统误差: 弹簧测力计本身不够准确造成的误差, 为此要选择比较准确的弹簧测力计。

(2) 偶然误差: 弹簧测力计读数和作图造成偶然误差, 需要多做几次实验, 并且使两分力 F_1 、 F_2 的夹角适当大些。

6. 注意事项:

(1) 使用弹簧测力计前, 要先调整指针使其指在零刻度处; 再将两只弹簧测力计的挂钩钩在一起, 向相反方向拉, 如果两个示数相同方可使用。

(2) 实验中的两个细绳套不要太短。

(3) 在同一次实验中, 橡皮条拉长时结点到达的位置一定要相同。

(4) 用两只弹簧测力计互成角度地拉橡皮条时, 夹角不宜太大也不宜太小。

(5) 在用力拉弹簧测力计时, 拉力应沿弹簧测力计的轴线方向。弹簧测力计中弹簧轴线、橡皮条、细绳套应该位于与纸面平行的同一平面内。

(6) 画力的图示选定的标度要相同, 要恰当选定标度, 使力的图示稍大一些。

专题 14 牛顿三大定律

考点 1：牛顿第一定律和惯性

1. 牛顿第一定律：一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态，除非作用在它上面的力迫使它改变这种状态。

(1) 揭示了物体的惯性：不受力的作用时，一切物体总保持匀速直线运动状态或静止状态。

(2) 揭示了力的作用对运动的影响：力是改变物体运动状态的原因。

2. 对惯性的理解

(1) 保持“原状”：物体在不受力或所受合外力为零时，惯性表现为使物体保持原来的运动状态(静止或匀速直线运动)。

(2) 反抗改变：物体受到外力时，惯性表现为抗拒运动状态改变。惯性越大，物体的运动状态越难以被改变。

(3) 惯性的量度：质量是物体惯性大小的唯一量度，质量越大，惯性越大，与物体的速度和受力情况无关。

3. 牛顿第一、第二定律的关系

(1) 牛顿第一定律是以理解实验为基础，经过科学抽象、归纳推理总结出来的，牛顿第二定律是实验定律。

(2) 牛顿第一定律不是牛顿第二定律的特例，它揭示了物体运动的原因和力的作用对运动的影响；牛顿第二定律则定量指出了力和运动的联系。

考点 2：牛顿第三定律

1. 内容：两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。

2. 作用力与反作用力的特点

(1) 三同：①同大小；②同变化；③同性质

(2) 三异：①方向不同；②受力物体不同；③产生的效果不同

(3) 二无关：①与相互作用的物体运动状态无关；②与是否和其他物体相互作用无关；

3. 作用力和反作用力与一对平衡力的区别

名称 项目	作用力与反作用力	一对平衡力
作用对象	两个相互作用的不同物体	同一个物体
作用时间	一定同时产生、同时消失	不一定同时产生、同时消失
力的性质	一定相同	不一定相同
作用效果	不可抵消	可相互抵消

考点 3：牛顿第二定律及瞬时加速度问题

1. 牛顿第二定律：物体加速度的大小跟它受到的作用力成正比、跟它的质量成反比，加速度的方向跟作用力的方向相同。

2. 表达式： $F=ma$ ，其中 F 为物体受到的合外力。

3. 牛顿第二定律的五个特性



4.合力、加速度、速度之间的决定关系

(1)不管速度是大是小，或是零，只要合力不为零，物体都有加速度。

(2) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 是加速度的定义式， a 与 Δv 、 Δt 无必然联系； $a = \frac{F}{m}$ 是加速度的决定式， $a \propto F$ ， $a \propto \frac{1}{m}$ 。

(3)合力与速度同向时，物体加速运动；合力与速度反向时，物体减速运动。

5.牛顿第二定律的瞬时加速度问题

(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。

② 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。

专题 15 超重失重、等时圆和动力学两类基本问题

考点 1: 超重失重

1. 判断超重和失重现象的三个角度

(1) 从受力的角度判断: 当物体受到的向上的拉力(或支持力)大于重力时, 物体处于超重状态; 小于重力时处于失重状态; 等于零时处于完全失重状态。

(2) 从加速度的角度判断: 当物体具有向上的加速度时处于超重状态; 具有向下的加速度时处于失重状态; 向下的加速度恰好等于重力加速度时处于完全失重状态。

(3) 从速度变化角度判断: 物体向上加速或向下减速时, 超重; 物体向下加速或向上减速时, 失重。

2. 对超重和失重问题的三点提醒

(1) 发生超重或失重现象与物体的速度方向无关, 只取决于加速度的方向。

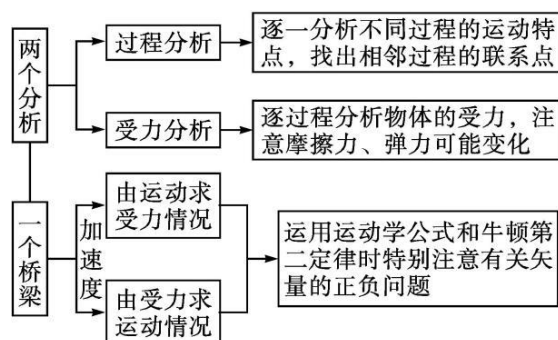
(2) 并非物体在竖直方向上运动时, 才会出现超重或失重现象。只要加速度具有竖直向上的分量, 物体就处于超重状态; 同理, 只要加速度具有竖直向下的分量, 物体就处于失重状态。

(3) 发生超重或者失重时, 物体的实际重力并没有发生变化, 变化的只是物体的视重。

考点 2: 动力学两类基本问题

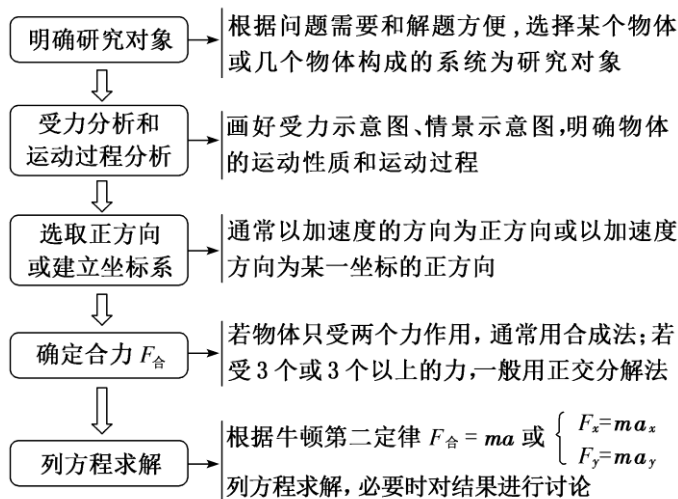
1. 解决动力学两类问题的两个关键点

(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。

2. 两类动力学问题的解题步骤

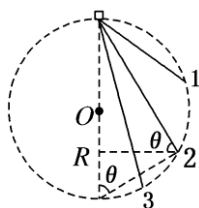


考点 3: 等时圆模型

1. 圆周内同顶端的斜面

如图所示, 在竖直面内的同一个圆周上, 各斜面的顶端都在竖直圆周的最高点, 底端都落在该圆周上。

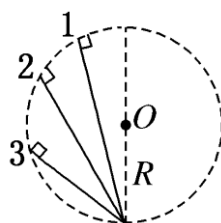
由 $2R \cdot \sin \theta = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$, 可推得: $t_1 = t_2 = t_3$ 。



2. 圆周内同底端的斜面

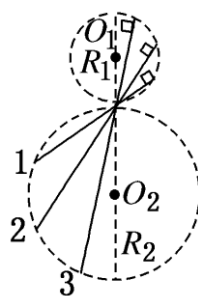
如图所示, 在竖直面内的同一个圆周上, 各斜面的底端都在竖直圆周的最低点, 顶端都源自该圆周上的不同点。

同理可推得: $t_1 = t_2 = t_3$ 。



3. 双圆周内斜面

如图所示, 在竖直面内两个圆中, 两圆心在同一竖直线上且两圆相切。各斜面过两圆的公共切点且顶端源自上方圆周上某点, 底端落在下方圆周上的相应位置。可推得 $t_1 = t_2 = t_3$ 。



专题 16 动力学动态分析、动力学图像问题

考点 1：动力学动态分析

模型	球+竖置弹簧模型	球+水平弹簧模型	球+斜弹簧模型	蹦极跳模型
实例				
规律	①A 点接触弹簧，弹簧处于原长状态，球的加速度 $a=g$，方向竖直向下； ②B 点 $mg=F=kx$，球受合外力为零，速度最大； ③C 点为 A 点对称位置，球的加速度 $a=g$，方向竖直向上； ④D 点为最低点，速度为零，加速度 $a>g$，方向竖直向上。	①设定条件：水平面粗糙，物块与弹簧拴在一起；向左压缩弹簧最大松手； ②当 $kx=\mu mg$ 时，速度最大，所在位置为 O 点的左侧。	①设定条件：斜面光滑； ②B 点接触弹簧，弹簧处于原长状态，球的加速度 $a=g\sin\theta$，方向沿斜面向下； ③当 $mg=F=mg\sin\theta$ 时，球受合外力为零，速度最大； ④压缩至最低点，速度为零，加速度 $a>g\sin\theta$，方向斜面向上。	规律类似于“球+竖置弹簧模型”

考点 2：动力学图像

常见图像	$v-t$ 图像、 $F-t$ 图像、 $a-F$ 图像、 $a-t$ 图像、 $a-x$ 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)分清图像的分类：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。（公众号：屋里学家 独家整理）

	(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。
--	---

专题 17 动力学中的连接体问题、临界极值问题

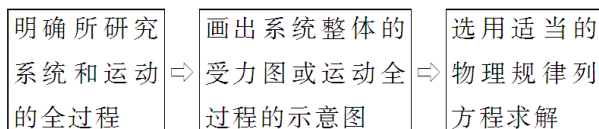
考点 1：动力学中的连接体问题

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：

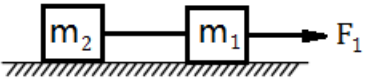
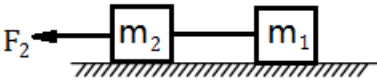
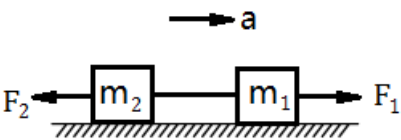
第一步：明确研究对象或过程、状态。

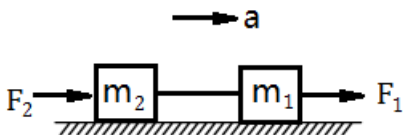
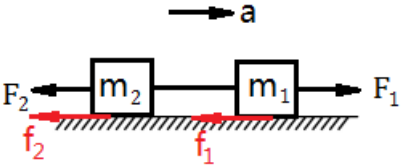
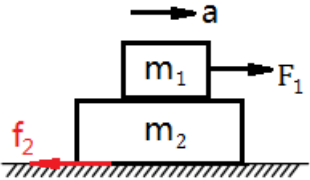
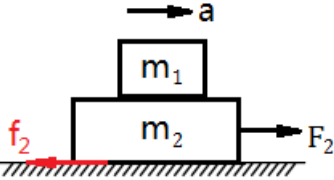
第二步：将某个研究对象或某段运动过程、某个状态从系统或全过程中隔离出来。

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 和 m_2 具有共同加速度	整体： $F_1 = (m_1 + m_2)a$ (F_1 为 m_1 所受到的外力) 隔离 m_2： m_2 和 m_1 之间绳的拉力 T (内力) 大小： $T = m_2 a = \frac{m_2 F_1}{m_1 + m_2}$ (注：分子是 m_2 与作用在 m_1 上的外力 F_1 交叉相乘)
模型二 	地面光滑，m_1 和 m_2 具有共同加速度	整体： $F_2 = (m_1 + m_2)a$ (F_2 为 m_2 所受到的外力) 隔离 m_1： m_2 和 m_1 之间绳的拉力 T (内力) 大小： $T = m_1 a = \frac{m_1 F_2}{m_1 + m_2}$ (注：分子是 m_1 与作用在 m_2 上的外力 F_2 交叉相乘)
模型三 	地面光滑，m_1 和 m_2 具有共同加速度	整体： $F_1 - F_2 = (m_1 + m_2)a$ (F_2 为 m_2 所受到的外力，F_1 为 m_1 所受到的外力) 隔离 m_1： m_2 和 m_1 之间绳的拉力 T (内力) 大小： $F_1 - T = m_1 a$

		$T = F_1 - m_1 a = \frac{m_2 F_1 + m_1 F_2}{m_1 + m_2}$ (注：分子是 m_2 与作用在 m_1 上的外力 F_1 交叉相乘“加” m_1 与作用在 m_2 上的外力 F_2 交叉相乘)
模型四 	地面光滑，m_1 和 m_2 具有共同加速度	整体： $F_1 + F_2 = (m_1 + m_2)a$ 隔离 m_1：内力 T： $F_1 - T = m_1 a$ $T = F_1 - m_1 a = \frac{m_2 F_1 - m_1 F_2}{m_1 + m_2}$ (注：分子是 m_2 与作用在 m_1 上的外力 F_1 交叉相乘“减” m_1 与作用在 m_2 上的外力 F_2 交叉相乘)
模型五 	地面不光滑，m_1 和 m_2 具有共同加速度	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： 整体： $F_1' - F_2' = (m_1 + m_2)a$ 隔离 m_1： $T = F_1' - m_1 a = \frac{m_2 F_1' + m_1 F_2'}{m_1 + m_2}$ (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)
模型六 	地面不光滑，m_1 和 m_2 具有共同加速度	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。（公众号：屋里学家 独家整理） 整体： $F_1 - f_2 = (m_1 + m_2)a$ 隔离 m_1： m_2 和 m_1 之间摩擦力 F_f（内力）大小： $F_1 - F_f = m_1 a$ $F_f = F_1 - m_1 a = \frac{m_2 F_1 + m_1 f_2}{m_1 + m_2}$
模型七 	地面不光滑，m_1 和 m_2 具有共同加速度	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 整体： $F_2 - f_2 = (m_1 + m_2)a$ 隔离 m_1： m_2 和 m_1 之间摩擦力 F_f（内力）大小：

$$F_f = m_1 a = \frac{m_1 (F_2 - f_2)}{m_1 + m_2}$$

进一步强调：①被研究的两个对象必须有共同加速度；

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；

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；

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）。

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。

3. 加速度不同的连接体问题

（1）方法一（常用方法）：可以采用隔离法，对隔离对象分别做受力分析、列方程。

（2）方法二（少用方法）：可以采用整体法，具体做法如下：

此时牛顿第二定律的形式： $F_{\text{合}x} = m_1 a_{1x} + m_2 a_{2x} + m_3 a_{3x} + \dots$ ； $F_{\text{合}y} = m_1 a_{1y} + m_2 a_{2y} + m_3 a_{3y} + \dots$

说明：① $F_{\text{合}x}$ 、 $F_{\text{合}y}$ 指的是整体在 x 轴、y 轴所受的合外力，系统内力不能计算在内；

② a_{1x} 、 a_{2x} 、 a_{3x} 、……和 a_{1y} 、 a_{2y} 、 a_{3y} 、……指的是系统内每个物体在 x 轴和 y 轴上相对地面的加速度。

考点 2：动力学中的临界极值问题

1. “四种”典型临界条件

（1）接触与脱离的临界条件：两物体相接触或脱离，临界条件是弹力 $F_N = 0$ 。

（2）相对滑动的临界条件：两物体相接触且处于相对静止时，常存在着静摩擦力，则相对滑动的临界条件是静摩擦力达到最大值。

（3）绳子断裂与松弛的临界条件：绳子所能承受的张力是有限度的，绳子断与不断的临界条件是绳中张力等于它所能承受的最大张力，绳子松弛与拉紧的临界条件是 $F_t = 0$ 。

（4）速度达到最值的临界条件：加速度为 0。

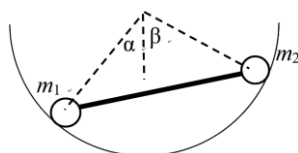
2. “两种”典型分析方法

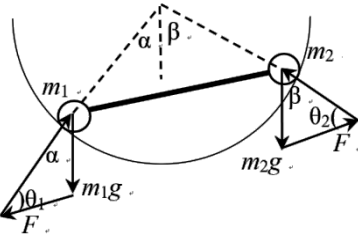
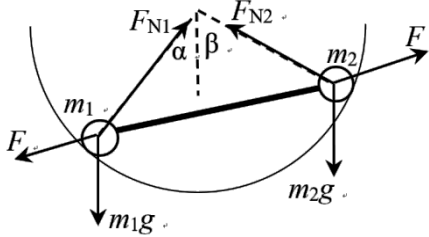
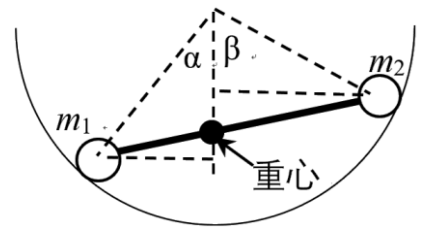
临界法	分析题目中的物理过程，明确临界状态，直接从临界状态和相应的临界条件入手，求出临界值。
解析法	明确题目中的变量，求解变量间的数学表达式，根据数学表达式分析临界值。

考点 3：平衡中的连接体模型

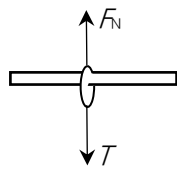
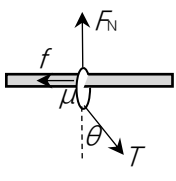
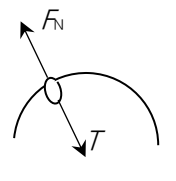
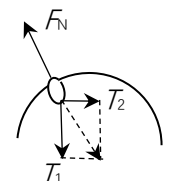
1. 轻杆连接体问题

【问题】如图，求 m_1 、 m_2 大小



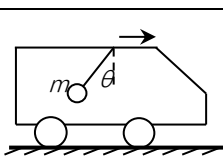
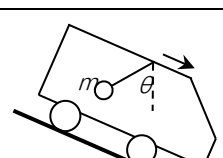
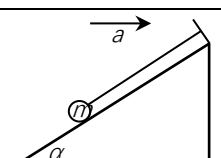
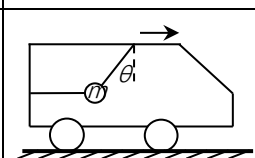
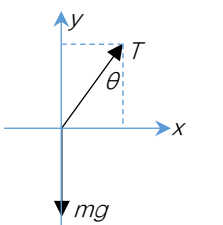
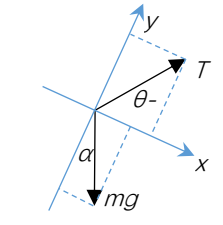
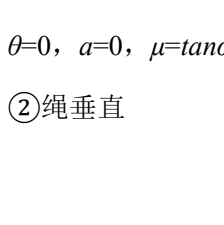
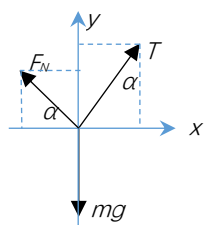
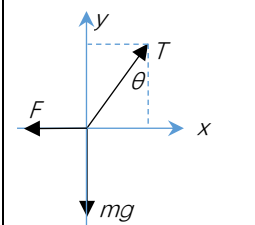
方法一、正弦定理法	方法二、力乘力臂法	方法三、重心法
 对 m_1、m_2 受力分析，三力平衡可构成矢量三角形，根据正弦定理有， 对 m_1: $\frac{m_1 g}{\sin \theta_1} = \frac{F}{\sin \alpha}$ 对 m_2: $\frac{m_2 g}{\sin \theta_2} = \frac{F}{\sin \beta}$ 根据等腰三角形有: $\theta_1 = \theta_2$ 联立解得 $m_1 g \sin \alpha = m_2 g \sin \beta$ $\therefore m_1 : m_2 = \sin \beta : \sin \alpha$	 以整体为研究对象，以圆心为转动轴，两圆弧的支持力的力臂均为零，轻杆弹力的力臂相等，力乘以力臂等值反向。根据转动平衡知:动力乘以动力臂等于阻力乘以阻力臂，即 $m_1 g \cdot R \sin \alpha = m_2 g \cdot R \sin \beta$ $\therefore m_1 : m_2 = \sin \beta : \sin \alpha$	 以整体为研究对象，整体受重力和两圆弧的支持力，根据三力平衡必共点，因此整体的重心必过圆心正下方。所以有 $m_1 \cdot R \sin \theta_1 = m_2 \cdot R \sin \theta_2$, $\therefore m_1 : m_2 = \sin \beta : \sin \alpha$

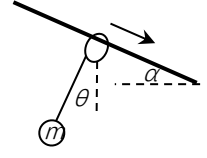
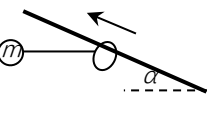
2. 轻环穿杆问题

			
轻环穿光滑杆，二力平衡，拉力垂直杆	轻环穿粗糙杆，三力平衡，最大夹角 $\tan \theta = \mu$	轻环穿光滑大圆环，拉力沿径向	

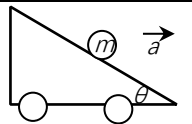
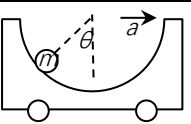
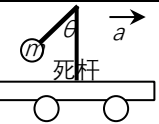
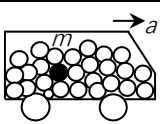
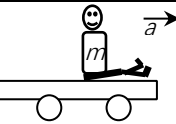
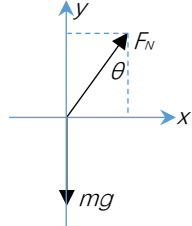
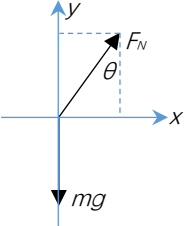
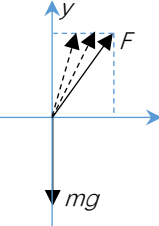
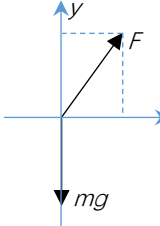
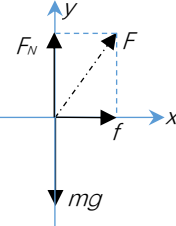
考点 4: 绳杆弹簧加速度问题模型

1. 悬绳加速度问题

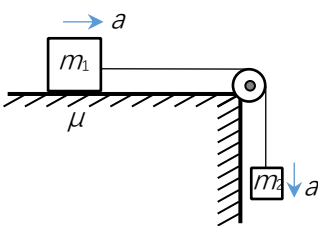
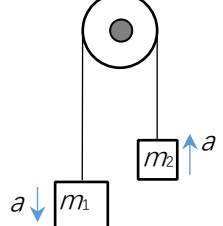
水平加速中的悬绳	倾斜加速中的悬绳		注意“发飘”	多悬绳
		①绳竖直 		
		$\theta=0, a=0, \mu=\tan\alpha$ ②绳垂直 		

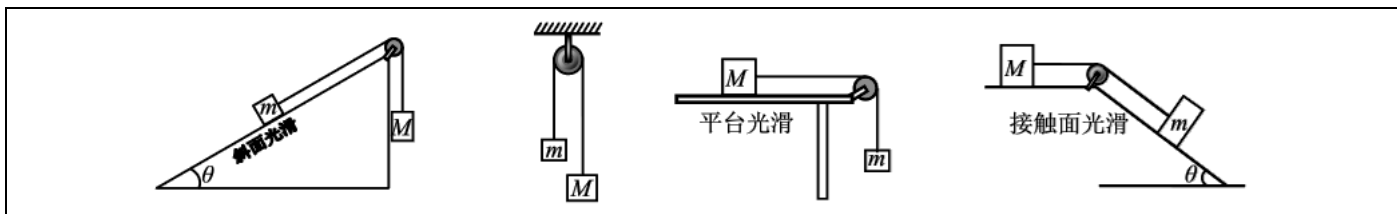
$a=g \cdot \tan \theta$ $T=mg/\cos \theta$ 加速度大小与质量 无关，与偏角有关	$a=\frac{g \sin \theta}{\cos (\theta-\alpha)}$ $T=mg \cos \alpha / \cos (\theta-\alpha)$	 $\theta=\alpha, a=g \sin \alpha, \mu=0$ ③绳水平  $a=g / \sin \alpha$ ，向上减速 $\mu=\cot \alpha$	$T=mg \sin \theta+m a \cos \theta$ $F_N=mg \cos \theta-m a \sin \theta$ $a>g \cdot \cot \alpha$ 发飘: $F_N=0$ $T=\sqrt{(m g)^2+(m a)^2}$	$T=mg / \cos \theta$ $F=mg \cdot \tan \theta-m a$ $a>g \cdot \tan \theta$ 发飘: $F=0$ $T=\sqrt{(m g)^2+(m a)^2}$
---	---	---	--	--

2. 类悬绳加速度问题

光滑斜面车上物体	光滑圆弧车中物体	车上死杆	车中土豆	车上人
				
				
加速度 $a=g \cdot \tan \theta$ 支持力 $F_N=mg / \cos \theta$	加速度 $a=g \cdot \tan \theta$ 支持力 $F_N=mg / \cos \theta$	杆对球的弹力 $F=\sqrt{(m a)^2+(m g)^2}$	其它土豆对黑土豆 的作用力 $F=\sqrt{(m a)^2+(m g)^2}$	车对人的作用力 $F=\sqrt{(m a)^2+(m g)^2}$

考点 5：轻绳绕滑轮加速度相等-----“阿特伍德机”模型

	
隔离 m_1 : $T-\mu m_1 g=m_1 a$ 隔离 m_2 : $m_2 g-T=m_2 a$ 得 $a=\frac{m_2 g-\mu m_1 g}{m_1+m_2}$, $T=\frac{(1+\mu) m_1 m_2 g}{m_1+m_2}$	隔离 m_1 : $m_1 g-T=m_1 a$ 隔离 m_2 : $T-m_2 g=m_2 a$ 得 $a=\frac{(m_1-m_2) g}{m_1+m_2}$, $T=\frac{2 m_1 m_2 g}{m_1+m_2}$
若 $\mu=0$, $T=\frac{m_1 m_2 g}{m_1+m_2}$ 且 $m_2 \ll m_1$, $T=\frac{m_2 g}{1+\frac{m_2}{m_1}}=m_2 g$	若 $m_1=m_2$, $T=m_1 g=m_2 g$



考点 6: 弹簧木块分离问题模型

分离问题 (一)

分离类型: A 与弹簧分离	

分离问题 (二)

分离类型: B 与地面分离		

分离问题 (三)

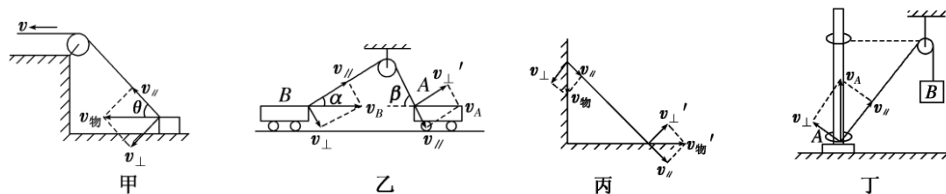
临界条件: ①力的角度: A、B 间弹力为零 $F_{AB}=0$; ②运动学的角度: $v_A=v_B$ 、 $a_A=a_B$.

分离类型: A、B 分离		

考点 7: “关联速度与机械能守恒” 连接体模型

1. 绳、杆末端速度分解四步

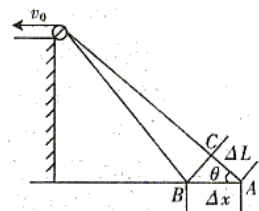
①找到合运动——物体的实际运动; ②确定分运动——沿绳(杆)和垂直于绳(杆); ③作平行四边形; ④根据沿绳(杆)方向的分速度大小相等求解。常见的模型如图所示。



2. 绳杆末端速度分解的三种方法

方法一、微元法

要求船在该位置的速率即为瞬时速率，需从该时刻起取一小段时间来求它的平均速率，当这一小段时间趋于零时，该平均速率就为所求速率。



如图所示，设船在 θ 角位置经 Δt 时间向左行驶 Δx 距离，滑轮右侧的绳长缩短 ΔL ，当绳与水平方向的角度变化很小时， $\triangle ABC$ 可近似看做是一直角三角形，因而有 $\Delta L = \Delta x \cos \theta$ ，两边同除以 Δt 得：

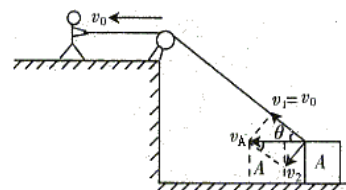
$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \cos \theta$$

即收绳速率 $v_0 = v_A \cos \theta$ ，因此船的速率为： $v_A = v_0 / \cos \theta$ 。

【链接】“微元法”，可设想物体发生一个微小位移，分析由此而引起的牵连物体运动的位移是怎样的，得出位移分解的图示，再从中找到对应的速度分解的图示，进而求出牵连物体间速度大小的关系。

解法二、效果分解法

首先确定合运动，即物体实际运动；其次确定物体 A 的两个分运动。两个分运动：一是沿绳的方向被牵引，绳长缩短。绳长缩短的速度即等于 $v_1 = v_0$ ；二是随着绳以定滑轮为圆心的摆动，它不改变绳长，只改变角度 θ 的值。这样就可以将 v_A 按图示方向进行分解。所以 v_1 及 v_2 实际上就是 v_A 的两个分速度，如图所示，由此可得 $v_A = v_0 / \cos \theta$ 。



【链接】解题流程：①选取合适的连接点（该点必须能明显地体现出参与了某个分运动）；②确定该点合速度方向（物体的实际速度为合速度）且速度方向始终不变；③确定该点合速度的实际运动效果从而依据平行四边形定则确定分速度方向；④作出速度分解的示意图，利用沿绳方向的速度相等，寻找速度关系。

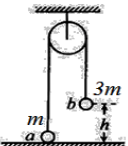
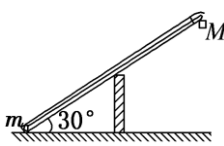
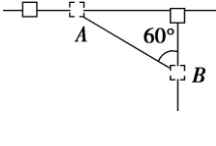
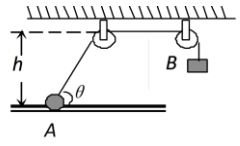
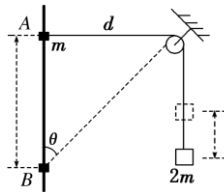
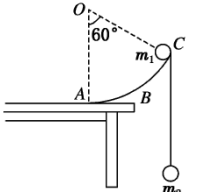
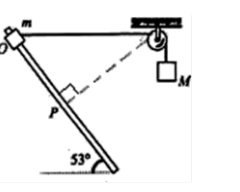
解法三、功率等值法

由题意可知：人对绳子做功等于绳子对物体所做的功，即二者做功的功率相等。人对绳子的拉力为 F ，则对绳子做功的功率为 $P_1 = Fv_0$ ；绳子对物体的拉力，由定滑轮的特点可知，拉力大小也为 F ，则绳子对物体做功的功率为 $P_2 = Fv_A \cos \theta$ ，因为 $P_1 = P_2$ 所以 $v_A = v_0 / \cos \theta$ 。

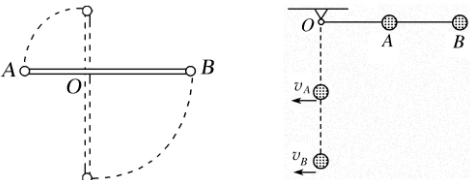
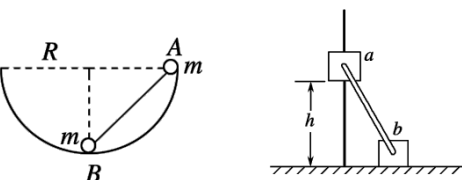
【名师点拨】①分解速度不是分解力，二者分解不可混淆；（公众号：屋里学家 独家整理）

- ②注意只能分解合速度（实际运动速度），而不能分解分速度；在上述问题中，若不对物体 A 的运动认真分析，就很容易得出 $v_A=v_0\cos\theta$ 的错误结果；
- ③绳两端速度不一定相等，只是沿绳方向速度大小相等。当物体 A 向左移动， θ 将逐渐变大， v_A 逐渐变大，虽然人做匀速运动，但物体 A 却在做加速运动。

考点 8：轻绳相连的物体系统机械能守恒模型

①注意两个物体的质量不一定相等；注意多段运动	②注意两物体运动位移和高度不一定相等	③注意两物体速度大小不一定相等，可能需要分解速度	④注意最大速度和最大加速度区别
			
①b 落地前，a 机械能增加、b 减小，系统机械能守恒； ②b 落地后若不反弹，绳松，a 机械能守恒；			

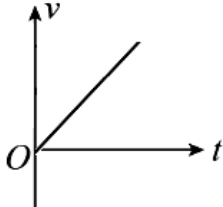
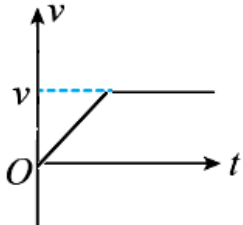
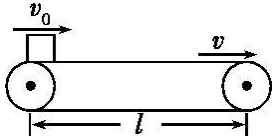
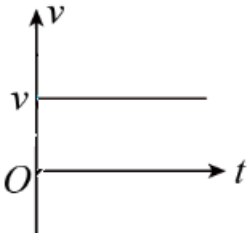
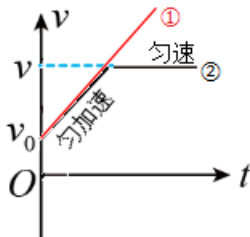
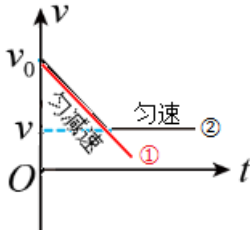
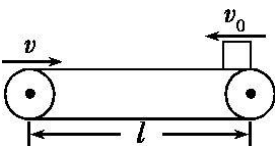
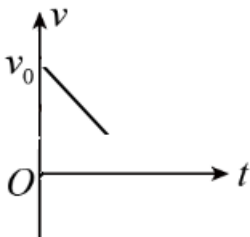
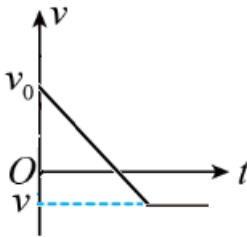
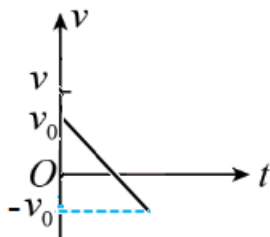
考点 9：轻杆相连的系统机械能守恒模型

类型	类型一：绕杆上某固定点转动	类型二：无固定点，沿光滑接触面滑动
图示		
特点	同轴转动，角速度相等，线速度与半径成正比。	沿杆分速度大小相等，两物体速度大小不一定相等。

专题 18 传送带模型

考点 1：水平传送带模型

1. 三种常见情景

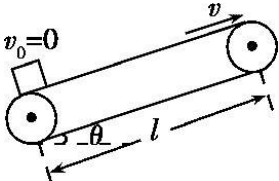
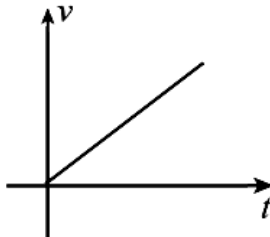
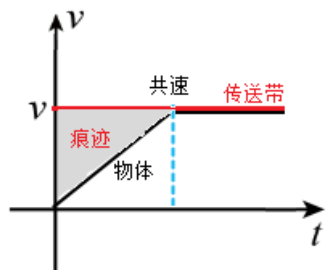
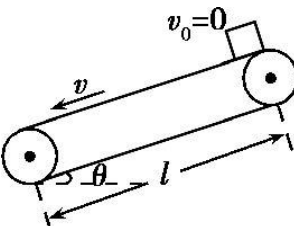
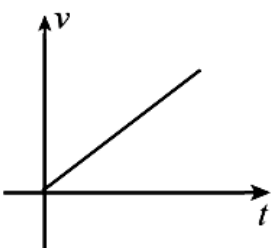
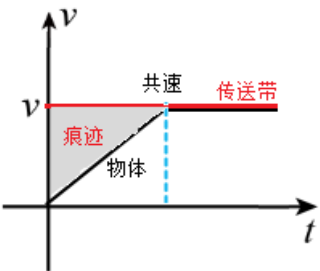
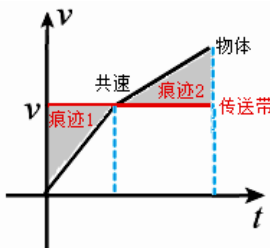
常见情景	物体的 v-t 图像		
	条件: $l \leq \frac{v^2}{2ug}$ 	条件: $l > \frac{v^2}{2ug}$ 	
	条件: $v_0 = v$ 	条件: $v_0 < v$ ① $l \leq x_{物}$; ② $l > x_{物}$ 	条件: $v_0 > v$ ① $l \leq x_{物}$; ② $l > x_{物}$ 
	条件: $l \leq \frac{v_0^2}{2ug}$ 	条件: $l > \frac{v_0^2}{2ug}$; $v_0 > v$ 	条件: $l > \frac{v_0^2}{2ug}$; $v_0 < v$ 

2. 方法突破

- 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。
- 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。
- 计算物体与传送带间的相对路程要分两种情况：
 - 若二者同向，则 $\Delta s = |s_{传} - s_{物}|$ ；
 - 若二者反向，则 $\Delta s = |s_{传}| + |s_{物}|$ 。

考点 2：倾斜传送带模型

1.两种常见情景

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

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。

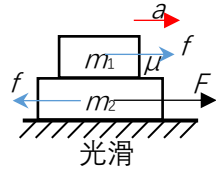
(2) 痕迹问题：共速前， $x_{\text{传}} > x_{\text{物}}$ ，痕迹 $\Delta x_1 = x_{\text{传}} - x_{\text{物}}$ ，共速后， $x_{\text{物}} > x_{\text{传}}$ ，痕迹 $\Delta x_2 = x_{\text{物}} - x_{\text{传}}$ ，总痕迹取二者中大的那一段。

专题 19 板块模型

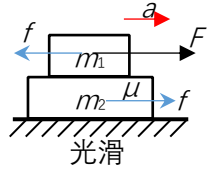
考点 1：滑块—木板模型的解题策略

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（公众号：屋里学家 独家整理）		
相关知识	运动学公式、牛顿运动定律、动能定理、功能关系等		

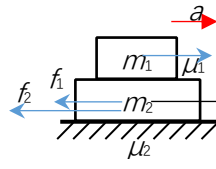
模型一 光滑面上外力拉板

	加速度	分离	不分离
	m_1 最大加速度 $a_{1\max} = \mu g$ m_2 加速度 $a_2 = (F - \mu m_1 g) / m_2$	条件： $a_2 > a_{1\max}$ 即 $F > \mu g(m_1 + m_2)$	条件： $a_2 \leq a_{1\max}$ 即 $F \leq \mu g(m_1 + m_2)$ 整体加速度 $a = F / (m_1 + m_2)$ 内力 $f = m_1 F / (m_1 + m_2)$

模型二 光滑面上外力拉块

	加速度	分离	不分离
	m_2 最大加速度 $a_{2\max} = \mu m_1 g / m_2$ m_1 加速度 $a_1 = (F - \mu m_1 g) / m_1$	条件： $a_1 > a_{2\max}$ 即 $F > \mu m_1 g(1 + m_1 / m_2)$	条件： $a_2 \leq a_{1\max}$ 即 $F \leq \mu m_1 g(1 + m_1 / m_2)$ 整体加速度 $a = F / (m_1 + m_2)$ 内力 $f = m_2 F / (m_1 + m_2)$

模型三 粗糙面上外力拉板

	不分离（都静止）	不分离（一起加速）	分离
	条件： $F \leq \mu_2(m_1 + m_2)g$	条件： $a_2 \leq a_{1\max}$ 即 $\mu_2(m_1 + m_2)g < F \leq (\mu_1 + \mu_2)g(m_1 + m_2)$ 整体加速度 $a = [F - \mu_2(m_1 + m_2)g] / (m_1 + m_2)$	条件： $a_2 > a_{1\max} = \mu_1 g$ 即 $F > (\mu_1 + \mu_2)g(m_1 + m_2)$

		内力 $f=m_1a$	
外力区间范围			

模型四 粗糙面上外力拉块

$\mu_1m_1g>\mu_2(m_1+m_2)g$	一起静止	一起加速	分离
	条件： $F\leq\mu_2(m_1+m_2)g$	条件： $\mu_2(m_1+m_2)g<F\leq(\mu_1-\mu_2)m_1g(1+m_1/m_2)$ 整体加速度 $a=[F-\mu_2(m_1+m_2)g]/(m_1+m_2)$ 内力 $f_1=\mu_2(m_1+m_2)g+m_2a$	条件： $a_1>a_{2\max}=[\mu_1m_1g-\mu_2(m_1+m_2)g]/m_2$ 即 $F>(\mu_1-\mu_2)m_1g(1+m_1/m_2)$
外力区间范围			

模型五 粗糙面上刹车减速

	一起减速	减速分离
	m_1 最大刹车加速度: $a_{1\max}=\mu_1g$ 整体刹车加速度 $a=\mu_2g$ 条件: $a\leq a_{1\max}$ 即 $\mu_2\leq\mu_1$	条件: $a>a_{1\max}$ 即 $\mu_2>\mu_1$ m_1 刹车加速度: $a_1=\mu_1g$ m_2 刹车加速度: $a_2=[\mu_2(m_1+m_2)g-\mu_1m_1g]/m_2$ 加速度关系: $a_1<a_2$

考点 2：常见问题分析

问题 1． 板块模型中的运动学单过程问题

恒力拉板	恒力拉块

分离, 位移关系: $x_{\text{相对}} = \frac{1}{2}a_2t_0^2 - \frac{1}{2}a_1t_0^2 = L$	分离, 位移关系: $x_{\text{相对}} = \frac{1}{2}a_1t_0^2 - \frac{1}{2}a_2t_0^2 = L$

问题 2. 板块模型中的运动学多过程问题 1——至少作用时间问题

问题: 板块分离, F 至少作用时间?	
过程①: 板块均加速	过程: ②板加速、块减速
位移关系: $x_{1\text{相对}} + x_{2\text{相对}} = L$ 即 $\Delta v \cdot (t_1 + t_2) / 2 = L$; 利用相对运动 $\Delta v = (a_2 - a_1)t_1$ 、 $\Delta v = (a_2 + a_1')t_2$	

问题 3. 板块模型中的运动学多过程问题 2——抽桌布问题

抽桌布问题	简化模型
过程①: 分离	过程: ②匀减速

分离, 位移关系: $x_2 - x_1 = L_1$	0v0 多过程问题, 位移关系: $x_1 + x_1' = L_2$

问题 4. 板块模型中的运动学粗糙水平面减速问题

块带板	板带块	
	$\mu_1 \geq \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$

专题 20 探究加速度和力、质量的关系

考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

1.实验目的: 探究加速度与力、质量的关系。

2.实验器材:

打点计时器、纸带、复写纸、小车、一端附有定滑轮的长木板、小盘、夹子、细绳、低压交流电源、导线、天平、刻度尺、砝码。

3.实验思路:

(1)控制变量法的应用: 将小车置于水平木板上,通过滑轮与小盘和砝码相连,小车可以在小盘和砝码的牵引下运动。

①保持小车质量不变,研究加速度与力的关系。

②保持小车所受的拉力不变,研究加速度与质量的关系。

(2) 物理量的测量

①用天平测量质量:为了改变小车的质量,可以在小车中增减砝码的数量。

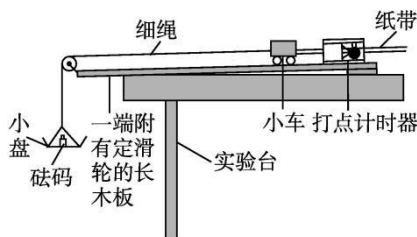
②将打点计时器的纸带连在小车上,根据纸带上打出的点来测量加速度。

③现实中,仅受一个力作用的物体几乎不存在。然而,一个单独的力的作用效果与跟它大小、方向都相同的合力的作用效果是相同的。因此,实验中作用力 F 的含义可以是物体所受的合力。用阻力补偿法确定小车受到的合力——小盘和砝码的牵引力。

4.进行实验

①称量质量——用天平测量小盘和小车的质量。

②安装器材——按如图所示装置安装器材(暂时不把悬挂小盘的细绳系在小车上)。



③阻力补偿法平衡摩擦及其他阻力——在长木板不带定滑轮的一端下面垫上一块薄木块,反复移动薄木块的位置,直至小车能拉着纸带匀速下滑。

④测量加速度

1)保持小车的质量不变,打出一条纸带。计算小盘和砝码的重力,由纸带计算出小车的加速度,并填入表中。改变小盘内砝码的个数,并多做几次实验。

2)保持小盘内的砝码个数不变,在小车上放上砝码改变小车的质量,让小车在木板上滑动打出纸带。计算砝码和小车的总质量,并由纸带计算出小车对应的加速度,填入表中。改变小车上砝码的个数,多做几次实验。

5.数据分析

①利用 $\Delta x = aT^2$ 及逐差法求 a 。

②以 a 为纵坐标, F 为横坐标,根据各组数据描点,如果这些点在一条过原点的直线上,说明 a 与 F 成正比。

③以 a 为纵坐标, $\frac{1}{m}$ 为横坐标,描点、连线,如果该线为过原点的直线,就能判定 a 与 m 成反比。

6.误差分析

①实验原理不完善:本实验用小盘和砝码的总重力代替小车的拉力,而实际上小车所受的拉力要小于小盘和砝码的总重力。

②摩擦力平衡不准确、质量测量不准确、计数点间距测量不准确、纸带和细绳不严格与木板平行都会引起误差。

2025 版高一物理考点总结（必修二）

目录

专题 01 曲线运动 运动的合成与分解	3
考点 1: 曲线运动的条件及轨迹分析	3
考点 2: 运动的合成与分解	3
考点 3: 小船过河模型	3
考点 4: 绳（杆）末端速度分解模型	4
专题 02 平抛运动规律、平抛运动与约束面相结合问题	5
考点 1: 平抛运动的基本规律与推论	5
考点 2: 平抛运动与斜面相结合	5
专题 03 平抛运动临界问题、相遇问题、类平抛运动和斜抛运动	7
考点 1: 平抛运动临界问题	7
考点 2: 平抛运动中的相遇问题	7
考点 3: 类平抛运动	9
考点 4: 斜抛运动	9
专题 04 圆周运动基本物理量、水平面内的圆周运动、离心现象	12
考点 1: 圆周运动基本物理量	12
考点 2: 水平面内的圆周运动（圆锥摆、圆筒、转弯模型和圆盘临界模型）	12
考点 3: 离心现象	15
专题 05 竖直面内的圆周运动	16
考点 1: 常见绳杆模型特点	16
考点 2: 拱形桥和凹形桥模型特点	16
考点 3: 竖直面内圆周运动常见问题与二级结论	17
专题 06 探究平抛运动的特点	19
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	19
专题 07 探究向心力大小的表达式	20
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	20
专题 08 开普勒行星运动定律、天体质量密度估算和不同位置重力加速度	21
考点 1: 开普勒行星运动定律	21
考点 2: 天体质量密度估算	21
考点 3: 不同位置重力加速度	21

专题 09 不同轨道卫星参量、同步静止卫星、“三体”运动比较.....	23
考点 1: 不同轨道卫星参量	23
考点 2: 同步静止卫星	23
考点 3: “三体”运动比较	24
专题 10 卫星的变轨问题、天体追及相遇问题、双星和多星问题.....	25
考点 1: 卫星的变轨问题	25
考点 2: 天体追及相遇问题	25
考点 3: 双星和多星问题	26
专题 11 功、功率、机车启动问题.....	27
考点 1: 功的正负和恒力功大小计算.....	27
考点 2: 变力功的计算方法	27
考点 3: 功率的计算	28
考点 4: 机车启动问题	28
专题 12 动能定理及其应用	30
考点 1: 对动能、动能定理的理解	30
考点 2: 应用动能定理处理多过程问题	30
考点 3: 动能定理的图像问题.....	30
专题 13 机械能守恒定律.....	32
考点 1: 机械能守恒的判断条件	32
考点 2: 单个物体的机械能守恒问题.....	32
考点 3: 三类连接体的机械能守恒问题	33
考点 4: 非质点类机械能守恒问题	34
专题 14 功能关系、能量守恒定律	35
考点 1: 重力场中的功能关系及应用.....	35
考点 2: 摩擦力做功与能量转化	35
考点 3: 功能关系中的图像问题	36
专题 15 验证机械能守恒定律.....	37
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理.....	37

专题 01 曲线运动 运动的合成与分解

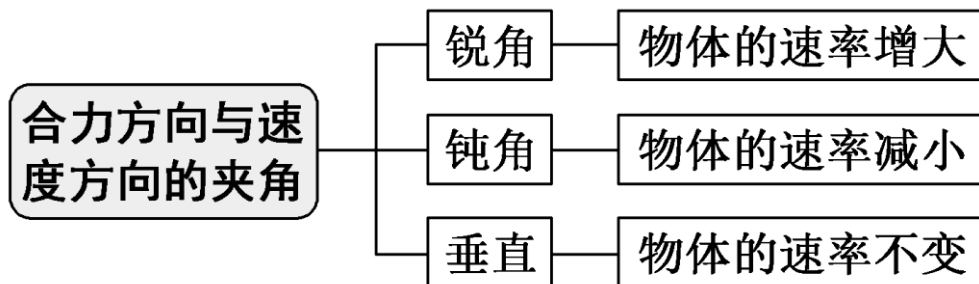
考点 1: 曲线运动的条件及轨迹分析

1. 运动轨迹的判断

(1) 若物体所受合力方向与速度方向在同一直线上, 则物体做直线运动; 若物体所受合力方向与速度方向不在同一直线上, 则物体做曲线运动。

(2) 物体做曲线运动时, 合力指向轨迹的凹侧; 运动轨迹在速度方向与合力方向所夹的区间。可速记为“无力不弯, 力速两边”。

2. 速率变化的判断



考点 2: 运动的合成与分解

1. 合运动轨迹和性质的判断方法

标准: 看合初速度方向与合加速度(或合外力)方向是否共线

(1) 若合加速度的方向与合初速度的方向在同一直线上, 则为直线运动, 否则为曲线运动。

(2) 若合加速度不变, 则为匀变速运动; 若合加速度(大小或方向)变化, 则为非匀变速运动。

两个互成角度的分运动	合运动的性质
两个匀速直线运动	匀速直线运动
一个匀速直线运动、一个匀变速直线运动	匀变速曲线运动
两个初速度为零的匀加速直线运动	匀加速直线运动
两个初速度不为零的匀变速直线运动	如果 $v_{\text{合}}$ 与 $a_{\text{合}}$ 共线, 为匀变速直线运动
	如果 $v_{\text{合}}$ 与 $a_{\text{合}}$ 不共线, 为匀变速曲线运动

2. 合运动与分运动的关系

等时性	合运动与分运动同时开始, 同时进行, 同时结束
独立性	各分运动相互独立, 不受其他运动影响
等效性	各分运动的规律叠加起来与合运动的规律有完全相同的效果

考点 3: 小船过河模型

1. 船的实际运动: 是水流的运动和船相对静水的运动的合运动。

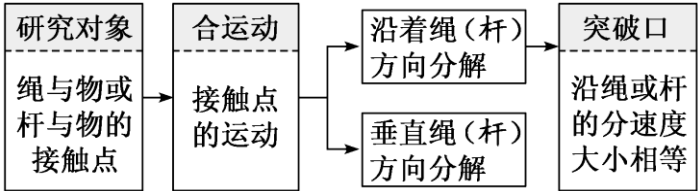
2. 三种相关速度: 船在静水中的速度 $v_{\text{船}}$ 、水的流速 $v_{\text{水}}$ 、船的实际速度 v 。

3. 两种渡河方式

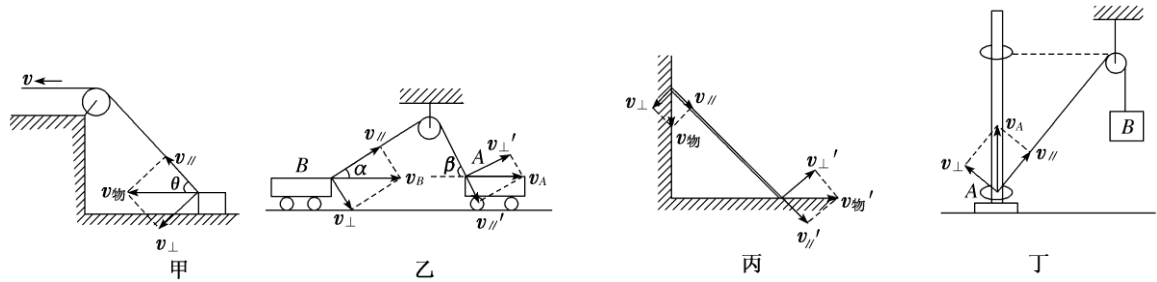
方式	图示	说明
渡河时间最短		当船头垂直河岸时，渡河时间最短，最短时间 $t_{\min} = \frac{d}{v_{\text{船}}}$
渡河位移最短		当 $v_{\text{水}} < v_{\text{船}}$ 时，如果满足 $v_{\text{水}} - v_{\text{船}} \cos \theta = 0$ ，渡河位移最短， $x_{\min} = d$
		当 $v_{\text{水}} > v_{\text{船}}$ 时，如果船头方向(即 $v_{\text{船}}$ 方向)与合速度方向垂直，渡河位移最短，最短渡河位移为 $x_{\min} = \frac{dv_{\text{水}}}{v_{\text{船}}}$

考点 4: 绳 (杆) 末端速度分解模型

- 模型特点：沿绳(杆)方向的速度分量大小相等。
- 分解思路：



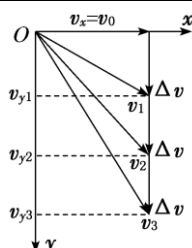
- 解题原则：
把物体的实际速度分解为垂直于绳(杆)和平行于绳(杆)两个分量，根据沿绳(杆)方向的分速度大小相等求解。常见的模型如图所示。



专题 02 平抛运动规律、平抛运动与约束面相结合问题

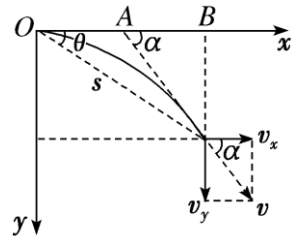
考点 1：平抛运动的基本规律与推论

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	 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

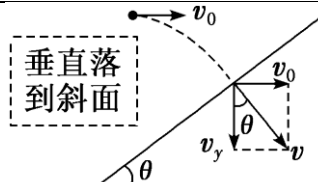
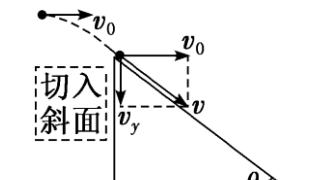
2. 两个重要推论（公众号：屋里学家 独家整理）

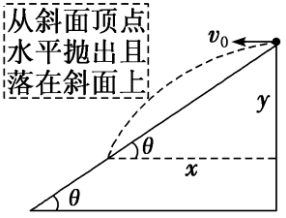
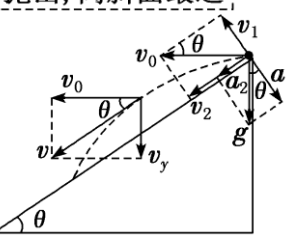
- (1) 做平抛(或类平抛)运动的物体在任意时刻任一位置处，设其速度方向与水平方向的夹角为 α ，位移方向与水平方向的夹角为 θ ，则 $\tan \alpha = 2 \tan \theta$ 。
- (2) 做平抛(或类平抛)运动的物体任一时刻的瞬时速度的反向延长线一定通过此时水平位移的中点，如图中 A 点为 OB 的中点。



考点 2：平抛运动与斜面相结合

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
 垂直落到斜面  切入斜面	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 $t = \frac{v_0}{g \tan \theta}$

 从斜面顶点水平抛出且落在斜面上	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 $\tan \theta = \frac{y}{x} = \frac{g t}{2 v_0}$ 得 $t = \frac{2 v_0 \tan \theta}{g}$
 从斜面顶点水平抛出, 离斜面最远	在运动起点同时分解 v_0、g	由 $0 = v_1 - a_1 t, 0 - v_1^2 = -2 a_1 d$ 得 $t = \frac{v_0 \tan \theta}{g}, d = \frac{v_0^2 \sin \theta \tan \theta}{2 g}$	
	分解平行于斜面的速度 v	由 $v_y = g t$ 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 $v_y = g t$, 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

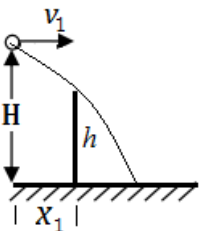
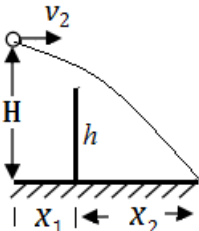
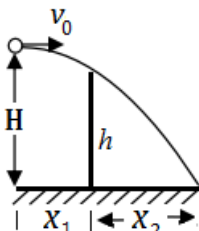
平抛运动在水平方向的位移为 $x = v_0 t$, 在竖直方向的位移为 $y = \frac{1}{2} g t^2$, 对抛出点的位移(合位移)为 $s = \sqrt{x^2 + y^2}$, 合位移与水平方向夹角满足 $\tan \varphi = \frac{y}{x}$ 。

(3) 分解加速度

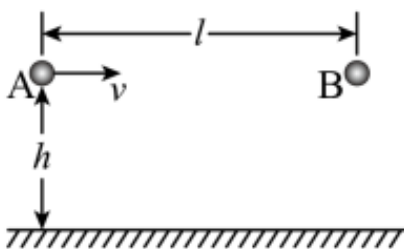
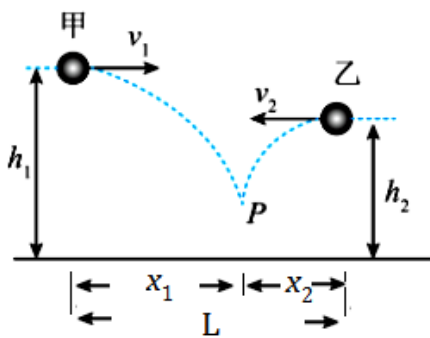
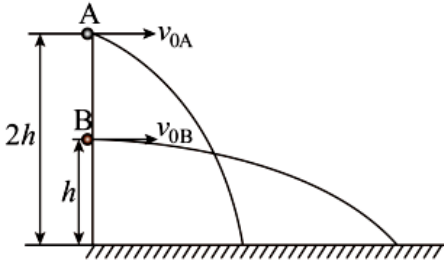
平抛运动也不是一定要分解为水平方向的匀速直线运动和竖直方向的自由落体运动, 在有些问题中, 过抛出点建立适当的直角坐标系, 把重力加速度 g 正交分解为 g_x 、 g_y , 把初速度 v_0 正交分解为 v_x 、 v_y , 然后分别在 x 、 y 方向列方程求解, 可以简化解题过程, 化难为易。

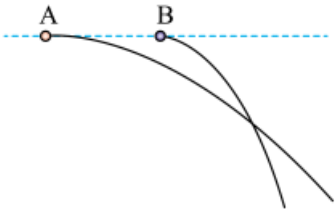
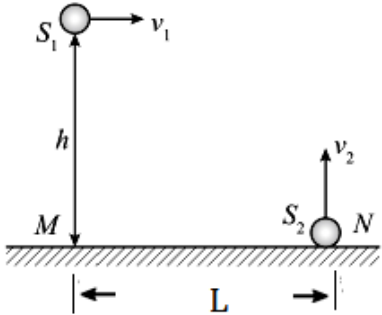
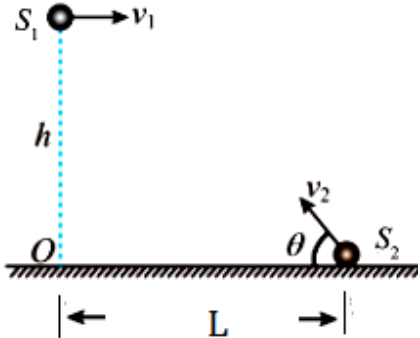
专题 03 平抛运动临界问题、相遇问题、类平抛运动和斜抛运动

考点 1: 平抛运动临界问题

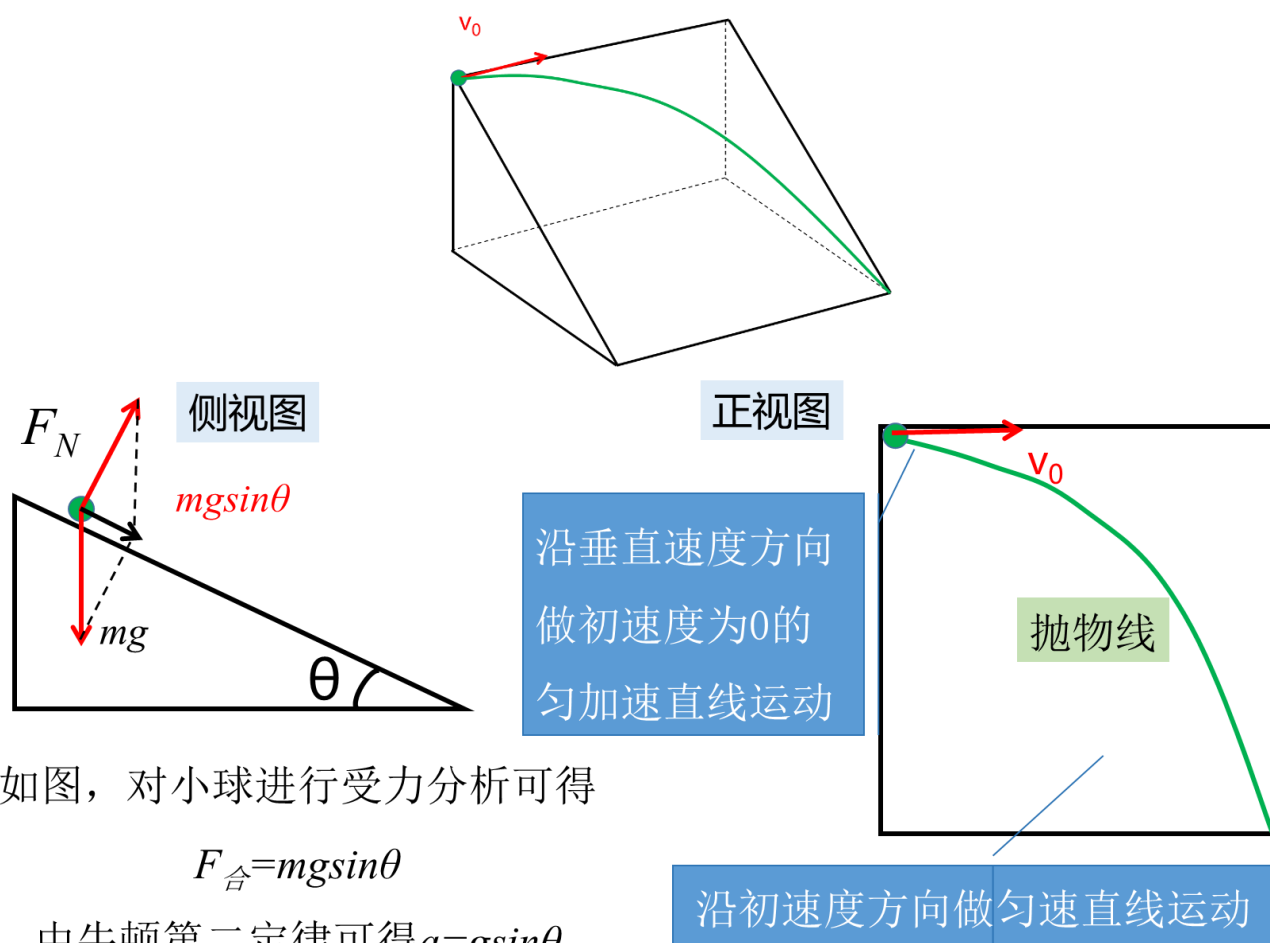
擦网	压线	既擦网又压线
		
由 $H - h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{x_1}{v_1}\right)^2$ 得: $v_1 = x_1 \sqrt{\frac{g}{2(H-h)}}$	由 $H = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{x_1 + x_2}{v_2}\right)^2$ 得: $v_2 = (x_1 + x_2) \sqrt{\frac{g}{2H}}$	由 $H - h = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{x_1}{v_0}\right)^2$ 和 $H = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}g\left(\frac{x_1 + x_2}{v_0}\right)^2$ 得: $\frac{H-h}{H} = \frac{x_1^2}{(x_1 + x_2)^2}$

考点 2: 平抛运动中的相遇问题

平抛与自由落体相遇		水平位移: $l = vt$ 空中相遇: $t < \sqrt{\frac{2h}{g}}$
平抛与平抛相遇		(1) 若等高 ($h_1 = h_2$), 两球同时抛; (2) 若不等高 ($h_1 > h_2$) 两球不同时抛, 甲球先抛; (3) 位移关系: $x_1 + x_2 = L$
		(1) A 球先抛; (2) $t_A > t_B$; (公众号: 屋里学家 独家整理) (3) $v_{0A} < v_{0B}$

		(1) A、B 两球同时抛； (2) $t_A = t_B$； (3) $v_{0A} > v_{0B}$
平抛与竖直上抛相遇		(1) $L = v_1 t$； (2) $\frac{1}{2} g t^2 + v_2 t - \frac{1}{2} g t^2 = h \Rightarrow t = \frac{h}{v_2}$； (3) 若在 S_2 球上升时两球相遇，临界条件： $t < \frac{v_2}{g}$，即： $\frac{h}{v_2} < \frac{v_2}{g}$，解得： $v_2 > \sqrt{gh}$； (4) 若在 S_2 球下降时两球相遇，临界条件： $\frac{v_2}{g} < t < \frac{2v_2}{g}$，即 $\frac{v_2}{g} < \frac{h}{v_2} < \frac{2v_2}{g}$， 解得： $\sqrt{\frac{gh}{2}} < v_2 < \sqrt{gh}$
平抛与斜上抛相遇		(1) $v_1 t + v_2 \cos \theta \cdot t = L$； (2) $\frac{1}{2} g t^2 + v_2 \sin \theta t - \frac{1}{2} g t^2 = h \Rightarrow t = \frac{h}{v_2 \sin \theta}$； (3) 若在 S_2 球上升时两球相遇，临界条件： $t < \frac{v_2 \sin \theta}{g}$，即： $\frac{h}{v_2 \sin \theta} < \frac{v_2 \sin \theta}{g}$， 解得： $v_2 > \frac{\sqrt{gh}}{\sin \theta}$； (4) 若在 S_2 球下降时两球相遇， 临界条件： $\frac{v_2 \sin \theta}{g} < t < \frac{2v_2 \sin \theta}{g}$， 即 $\frac{v_2 \sin \theta}{g} < \frac{h}{v_2 \sin \theta} < \frac{2v_2 \sin \theta}{g}$， 解得： $\frac{\sqrt{gh}}{\sin \theta} < v_2 < \frac{\sqrt{gh}}{\sin \theta}$

考点 3: 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: (公众号: 屋里学家 独家整理)

(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。

考点 4: 斜抛运动

1. 运动规律

水平方向: 不受外力, 以 $v_x = v_0 \cos \alpha$ 为初速度做匀速直线运动

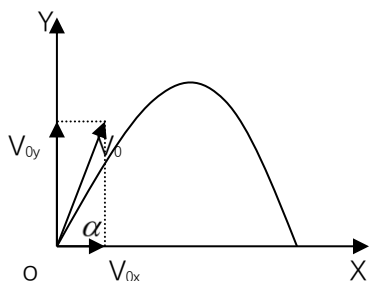
水平位移 $x = v_x t = v_0 \cos \alpha t$;

竖直方向: 竖直方向只受重力, 初速度为 $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$, 做竖直上抛运动, 即匀减速直线运动

任意时刻的速度和位移分别是 $v_y = v_{0y} - gt$ $y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$

2、轨迹方程

$y = \tan \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$ ，是一条抛物线如图所示：



3、对斜抛运动的研究

(1) 斜抛物体的飞行时间：

当物体落地时 $v_y = -v_{0y} = -v_0 \sin \alpha$ ，由 $v_y = v_{0y} - gt$ 知，飞行时间 $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$

(2) 斜抛物体的射程：

由轨迹方程 $y = \tan \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2$

令 $y=0$ 得落回抛出高度时的水平射程是 $x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

两条结论：

①当抛射角 $\alpha = 45^\circ$ 时射程最远， $x_{\max} = \frac{v_0^2}{g}$

②初速度相同时，两个互余的抛射角具有相同的射程，例如 30° 和 60° 的两个抛射角在相同初速度的情况下射程是相等的。

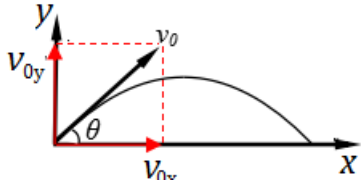
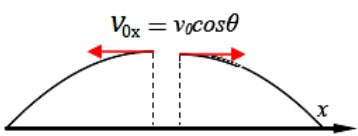
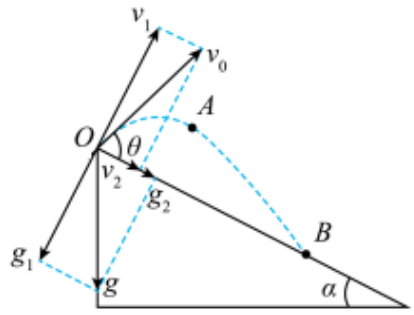
(3) 斜上抛运动的射高：

斜上抛的物体达到最大高度时 $v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt = 0$ ，此时 $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$

代入 $y = v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$ 即得到抛体所能达到的最大高度 $y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

可以看出，当 $\alpha = 90^\circ$ 时，射高最大 $H = \frac{v_0^2}{2g}$

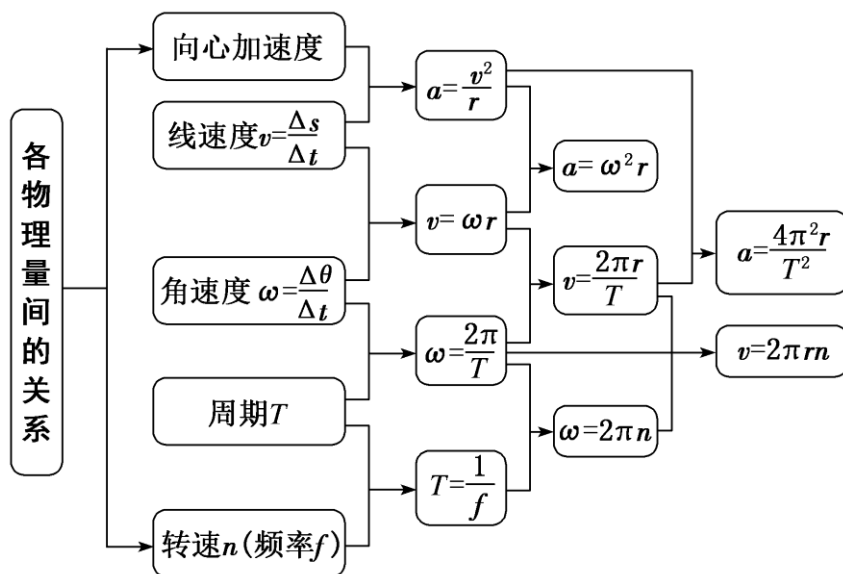
4、常见的斜抛运动

			
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: $h_m = \frac{(v_0 \cos \theta)^2}{2g_1}$

专题 04 圆周运动基本物理量、水平面内的圆周运动、离心现象

考点 1: 圆周运动基本物理量

1. 匀速圆周运动各物理量间的关系

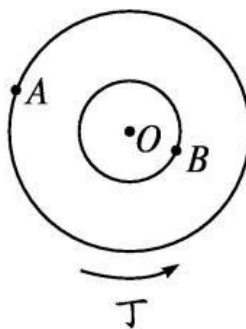
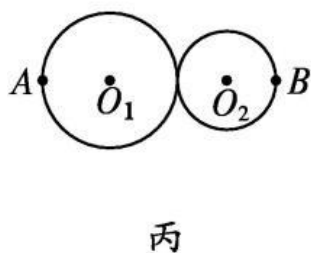
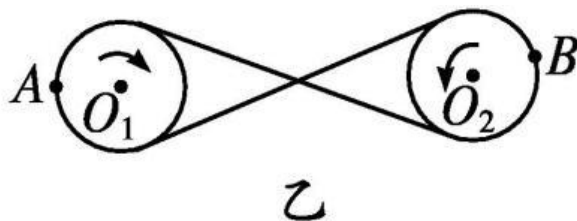
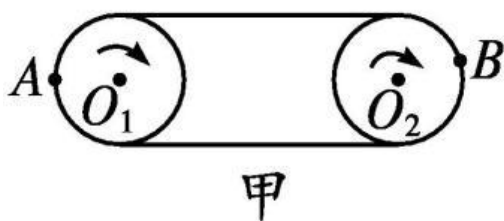


2. 三种传动方式及特点

(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。



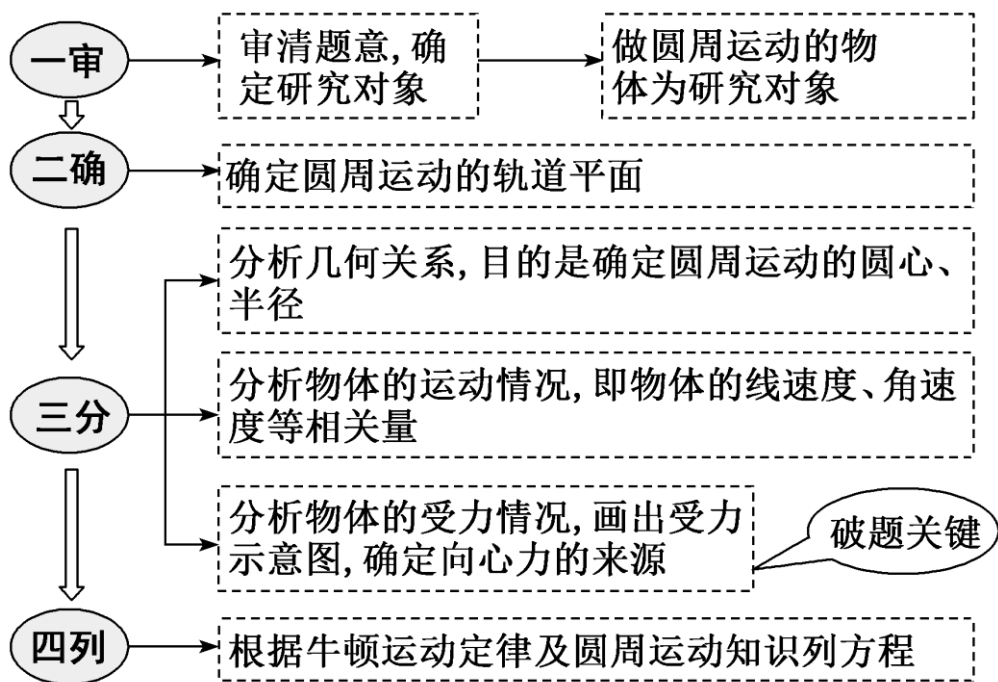
3. 向心力:

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

考点 2: 水平面内的圆周运动 (圆锥摆、圆筒、转弯模型和圆盘临界模型)

1. 圆周运动动力学分析过程:

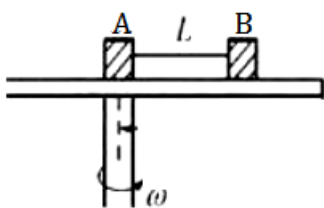


2. 基础运动模型

运动模型			
圆锥摆模型			
圆锥筒、圆碗和圆筒模型			
转弯模型			

3. 水平面内的圆盘临界模型

	① 口诀：“谁远谁先飞”； ② a 或 b 发生相对圆盘滑动的各自临界角速度： $f_m = \mu mg = m\omega^2 r; \quad \omega = \sqrt{\frac{\mu g}{r}}$
--	---



① 口诀：“谁远谁先飞”；（公众号：屋里学家 独家整理）

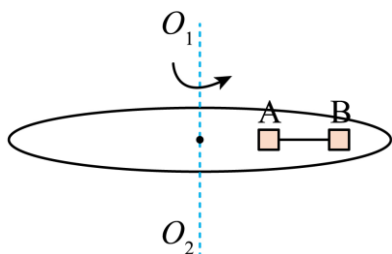
② 轻绳出现拉力，先达到 B 的临界角速度： $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{r_B}}$ ；

③ AB 一起相对圆盘滑动时，临界条件：

隔离 A： $T = \mu m_A g$ ；隔离 B： $T + \mu m_B g = m_B \omega_2^2 r_B$

整体： $\mu m_A g + \mu m_B g = m_B \omega_2^2 r_B$

AB 相对圆盘滑动的临界条件： $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu(m_A + m_B)g}{m_B r_B}} = \sqrt{\frac{\mu g}{\frac{m_B r_B}{m_A + m_B}}}$



① 口诀：“谁远谁先飞”；

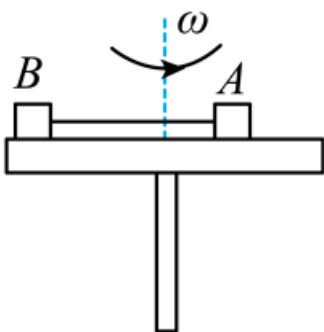
② 轻绳出现拉力，先达到 B 的临界角速度： $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{r_B}}$ ；

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：

隔离 A： $\mu m_A g - T = m_A \omega_2^2 r_A$ ；隔离 B： $T + \mu m_B g = m_B \omega_2^2 r_B$

整体： $\mu m_A g + \mu m_B g = m_A \omega_2^2 r_A + m_B \omega_2^2 r_B$

AB 相对圆盘滑动的临界条 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu(m_A + m_B)g}{m_A r_A + m_B r_B}} = \sqrt{\frac{\mu g}{\frac{m_A r_A + m_B r_B}{m_A + m_B}}}$



① 口诀：“谁远谁先飞”（ $r_B > r_A$ ）；

② 轻绳出现拉力临界条件： $\omega_1 = \sqrt{\frac{\mu g}{r_B}}$ ；

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。

此时隔离 A： $f_A + T = m_A \omega^2 r_A$ ；隔离 B： $T + \mu m_B g = m_B \omega^2 r_B$

消掉 T： $f_A = \mu m_B g - (m_B r_B - m_A r_A) \omega^2$

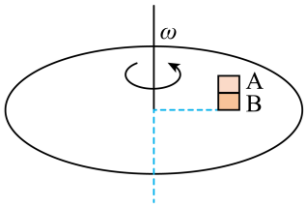
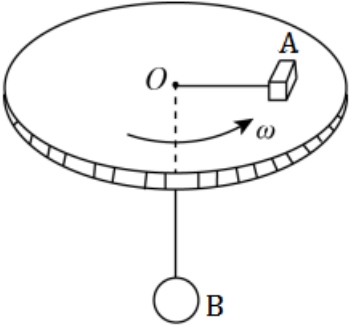
③ 当 $m_B r_B = m_A r_A$ 时， $f_A = \mu m_B g$ ，AB 永不滑动，除非绳断；

④ AB 一起相对圆盘滑动时，临界条件：

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；

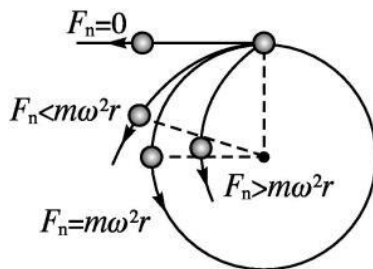
2) 当 $m_B r_B < m_A r_A$ 时， $f_A \uparrow = \mu m_B g + (m_A r_A - m_B r_B) \omega^2 \uparrow \rightarrow f_A$ 达到最大

$\rightarrow \omega \uparrow \rightarrow T \uparrow \rightarrow f_B \downarrow \rightarrow f_B = 0 \rightarrow$ 反向 $\rightarrow f_B$ 达到最大 $\rightarrow$ 从 A 侧飞出；

	AB 相对圆盘滑动的临界条件 $\omega_2 = \sqrt{\frac{\mu(m_A + m_B)g}{ m_A r_A - m_B r_B }} = \sqrt{\frac{\mu g}{\frac{ m_A r_A - m_B r_B }{m_A + m_B}}}$
	临界条件: ① $\mu_A > \mu_B$, $\omega = \sqrt{\frac{\mu_B g}{r_B}}$; ② $\mu_A < \mu_B$, $\omega = \sqrt{\frac{\mu_A g}{r_B}}$
	临界条件: ① $\omega_{\min} = \sqrt{\frac{m_B g - \mu m_A g}{r}}$ ② $\omega_{\max} = \sqrt{\frac{m_B g + \mu m_A g}{r}}$

考点 3: 离心现象

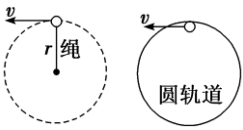
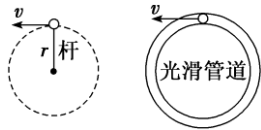
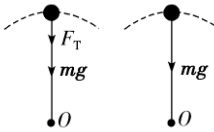
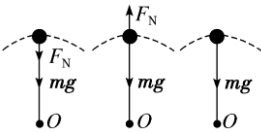
受力特点:



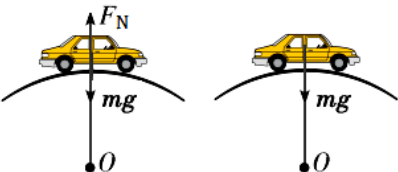
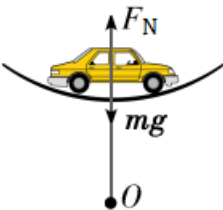
1. 当 $F_n = m\omega^2 r$ 时, 物体做圆周运动。
2. 当 $F_n = 0$ 时, 物体沿切线方向飞出。
3. 当 $F_n < m\omega^2 r$ 时, 物体逐渐远离圆心, 做离心运动。
4. 当 $F_n > m\omega^2 r$ 时, 物体将逐渐靠近圆心, 做近心运动。

专题 05 竖直面内的圆周运动

考点 1：常见绳杆模型特点

	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	$mg + F_T = m \frac{v^2}{r}$	$mg \pm F_N = m \frac{v^2}{r}$ （公众号：屋里学家 独家整理）
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

考点 2：拱形桥和凹形桥模型特点

	拱形桥模型	凹形桥模型
情景图示		
弹力特征	弹力可能向上，也可能等于零	弹力向上
受力示意图		
力学方程	$mg - F_N = m \frac{v^2}{R}$	$F_N - mg = m \frac{v^2}{R}$

临界特征	$F_N=0$, 即 $mg=m\frac{v^2}{r}$, 得 $v=\sqrt{gr}$	(公众号: 屋里学家 独家整理)
模型关键	① 最高点: $F_N = mg - m\frac{v^2}{R}$, 失重; ② $v \geq \sqrt{gR}$, 汽车脱离, 做平抛运动。	① 最低点: $F_N = mg + m\frac{v^2}{R}$, 超重; ② $v \neq 0$, v 越大, F_N 越大。

考点 3: 竖直面内圆周运动常见问题与二级结论

【问题 1】一个小球沿一竖直放置的光滑圆轨道内侧做完整的圆周运动, 轨道的最高点记为 A 和最低点记为 C, 与原点等高的位置记为 B。圆周的半径为 R

要使小球做完整的圆周运动, 当在最高点 A 的向心力恰好等于重力时, 由 $mg = m\frac{v^2}{R}$ 可得 $v = \sqrt{gR}$ ①

对应 C 点的速度有机械能守恒

$$mg2R = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_A^2 \text{ 得 } v_C = \sqrt{5gR} \text{ ②}$$

当小球在 C 点时给小球一个水平向左的速度若小球恰能到达与 O 点等高的 D 位置则由机械能守恒

$$mgR = \frac{1}{2}mv_c^2 \text{ 得 } v_c = \sqrt{2gR} \text{ ③}$$

小结: (1). 当 $v_c > \sqrt{5gR}$ 时小球能通过最高点 A 小球在 A 点受轨道向内的支持力

$$\text{由牛顿第二定律 } F_A + mg = m\frac{v_A^2}{R} \text{ ④}$$

(2). 当 $v_c = \sqrt{5gR}$ 时小球恰能通过最高点 A 小球在 A 点受轨道的支持力为 0

$$\text{由牛顿第二定律 } mg = m\frac{v_A^2}{R} \text{ ⑤}$$

(3). 当 $\sqrt{2gR} < v_c < \sqrt{5gR}$ 时小球不能通过最高点 A 小球在 A 点, 上升至 DA 圆弧间的某一位向右做斜抛运动离开圆周, 且 v 越大离开的位置越高, 离开时轨道的支持力为 0

$$\text{在 DA 段射重力与半径方向的夹角为 } \theta \text{ 则 } mg \cos \theta = m\frac{v^2}{R}, \cos \theta = \frac{h}{R}$$

(4). 当 $0 < v_c \leq \sqrt{2gR}$ 时小球不能通过最高点 A 上升至 CD 圆弧的某一位速度减为 0 之后沿圆弧返回。上升的最高点为 C 永不脱离轨道

【问题 2】常见几种情况下物体受轨道的作用力

$$(1) \text{ 从最高点 A 点静止释放的小球到达最低点 C: 由机械能守恒 } mg2R = \frac{1}{2}mv_C^2$$

在 C 点由牛顿运动定律: $F_N - mg = m \frac{v_C^2}{R}$ 得 $F_N = 5mg$ ⑥

(2)从与 O 等高的 D 点 (四分之一圆弧) 处静止释放到达最低点 C: 由机械能守恒 $mgR = \frac{1}{2}mv_C^2$

在 C 点由牛顿运动定律: $F_N - mg = m \frac{v_C^2}{R}$ 得 $F_N = 3mg$ ⑦

(3)从 A 点以初速度 $v_A = \sqrt{gR}$ 释放小球到达最低点

由机械能守恒 $mg2R = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$

在 C 点由牛顿运动定律: $F_N - mg = m \frac{v_C^2}{R}$ 得 $F_N = 6mg$ ⑧

专题 06 探究平抛运动的特点

考点 1：教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

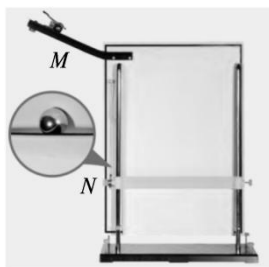
1. 实验目的：

- (1) 学会用实验的方法探究平抛运动的特点；
- (2) 通过数据分析描绘平抛运动的轨迹。

2. 实验思路：由于物体是沿水平方向抛出的, 在运动过程中只受重力作用。因此平抛运动可能是水平方向和竖直方向分运动的合成。那么只要研究出这两个分运动的特点, 平抛运动的规律就清楚了。

3. 进行实验：

- (1) 实验器材：小钢球、斜槽轨道、木板及竖直固定支架、坐标纸、图钉、重锤、铅笔、三角板、刻度尺等。
- (2) 实验步骤：



实验装置如图所示。斜槽 M 末端水平。钢球在斜槽中从某一高度滚下, 从末端飞出后做平抛运动。在装置中有一个水平放置的可上下调节的倾斜挡板 N , 钢球飞出后, 落到挡板上。实验前, 先将一张白纸和复写纸固定在装置的背板上。钢球落到倾斜的挡板上后, 就会挤压复写纸, 在白纸上留下印迹。上下调节挡板 N , 通过多次实验, 在白纸上记录钢球所经过的多个位置。最后, 用平滑曲线把这些印迹连接起来, 就得到钢球做平抛运动的轨迹。

(3) 注意事项：

- ①应保持斜槽末端的切线水平, 钉有坐标纸的木板竖直, 并使小钢球运动时靠近坐标纸但不接触。
- ②小钢球每次必须从斜槽上同一位置无初速度滚下, 在斜槽上释放小钢球的高度应适当, 使小钢球以合适的水平初速度抛出, 其轨迹在坐标纸的左上角到右下角间分布, 从而减小测量误差。
- ③坐标原点(小钢球做平抛运动的起点)不是槽口的端点, 应是小钢球在槽口时球心在坐标纸上的水平投影点。

专题 07 探究向心力大小的表达式

考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

1.实验目的:

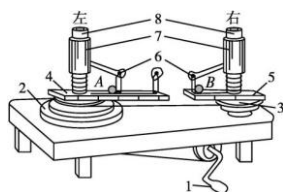
探究向心力与物体的质量、转动的角速度、转动的半径之间的定量关系。

2.实验思路: 采用控制变量法探究

- (1)使两物体的质量、转动的半径相同,探究向心力的大小跟转动的角速度的定量关系;
- (2)使两物体的质量、转动的角速度相同,探究向心力的大小跟转动的半径的定量关系;
- (3)使两物体的转动半径、转动的角速度相同,探究向心力的大小跟物体质量的定量关系。

3.实验器材:

向心力演示仪,见下图。



当转动手柄 1 时,变速塔轮 2 和 3 就随之转动,放在长滑槽 4 和短滑槽 5 中的球 A 和 B 都随之做圆周运动。球由于惯性而滚到横臂的两个短臂挡板 6 处,短臂挡板就推压球,给球提供了做圆周运动所需的向心力。由于杠杆作用,短臂向外时,长臂就压缩塔轮转轴上的测力部分的弹簧,使测力部分套管 7 上方露出标尺 8 的格数,便显示出了两球所需向心力之比。

4.进行实验:

- (1)安装并调试向心力演示仪:在滑槽静止时,旋动两测力部分标尺的调零螺母,使两套管的上沿都与标尺顶端对齐。
- (2)把两个质量相同的小球放在长槽和短槽上,使它们的转动半径相同,调整塔轮上的皮带,使两个小球转动的角速度之比分别为 1:1、1:2 和 1:3,分别读出两球所需的向心力大小,将结果填入设计的表格。
- (3)把两个质量相同的小球放在长槽和短槽上,使半径之比为 2:1;调整塔轮上的皮带,使两个小球的角速度相同,分别读出两球所需的向心力大小,将结果填入设计的表格。
- (4)把两个质量不同的小球放在长槽和短槽上,使两球的转动半径相同,调整塔轮上的皮带,使两个小球的角速度相同,分别读出两球所需的向心力大小,将结果填入设计的表格。

分析与论证:

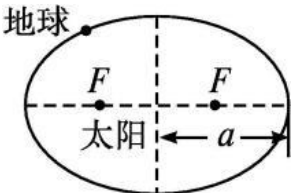
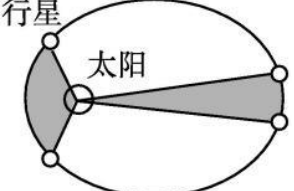
- (1)分析表格,发现 F 跟 ω 的二次方成正比。
- (2)分析表格,发现 F 跟 r 成正比。
- (3)分析表格,发现 F 跟 m 成正比。

5.实验结论:

物体做圆周运动需要的向心力跟物体的质量成正比,跟半径成正比,跟角速度的二次方成正比。

专题 08 开普勒行星运动定律、天体质量密度估算和不同位置重力加速度

考点 1：开普勒行星运动定律

定 律	内 容	图示或公式
开普勒第一定律 (轨道定律)	所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆, 太阳处在一个焦点上	
开普勒第二定律 (面积定律)	对任意一个行星来说, 它与太阳的连线在相等的时间内扫过的面积相等	
开普勒第三定律 (周期定律)	所有行星的轨道的半长轴的三次方跟它的公转周期的二次方的比值都相等 (公众号: 屋里学家 独家整理)	$\frac{a^3}{T^2}=k, k$ 是一个与行星无关的常量

注意:

- ①行星绕太阳的运动通常按圆轨道处理;
- ②面积定律是对同一个行星而言的, 不同的行星相等时间内扫过的面积不等;
- ③ 该比值只与中心天体的质量有关, 不同的中心天体值不同。

考点 2：天体质量密度估算

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 $M=\frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ 。

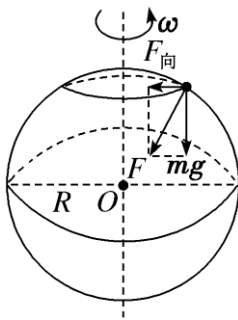
(2)若已知天体的半径 R , 则天体的密度 $\rho=\frac{M}{V}=\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}=\frac{3\pi r^3}{GT^2 R^3}$ 。

(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 3：不同位置重力加速度

1. 万有引力与重力的关系

地球对物体的万有引力 F 表现为两个效果: 一是重力 mg , 二是提供物体随地球自转的向心力 $F_{\text{向}}$, 如图所示。



(1)在赤道上: $G\frac{Mm}{R^2} = mg_1 + m\omega^2 R$ 。

(2)在两极上: $G\frac{Mm}{R^2} = mg_2$ 。

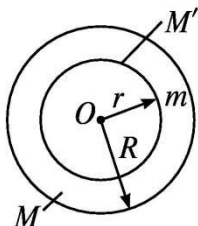
2. 星体表面上的重力加速度

(1)在地球表面附近的重力加速度 g (不考虑地球自转): $mg = G\frac{Mm}{R^2}$, 得 $g = \frac{GM}{R^2}$ 。

(2)在地球上空距离地心 $r = R + h$ 处的重力加速度为 g' , 由 $mg' = \frac{GMm}{(R+h)^2}$, 得 $g' = \frac{GM}{(R+h)^2}$

所以 $\frac{g}{g'} = \frac{(R+h)^2}{R^2}$ 。

3. 万有引力的“两个推论”



推论 1:在匀质球壳的空腔内任意位置处,质点受到球壳的万有引力的合力为零,即 $F_{引} = 0$ 。

推论 2:在匀质球体内部距离球心 r 处的质点(m)受到的万有引力等于球体内半径为 r 的同心球体(M')对其的万有引力,

即 $F = G\frac{M'm}{r^2}$ 。

专题 09 不同轨道卫星参量、同步静止卫星、“三体”运动比较

考点 1: 不同轨道卫星参量

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。

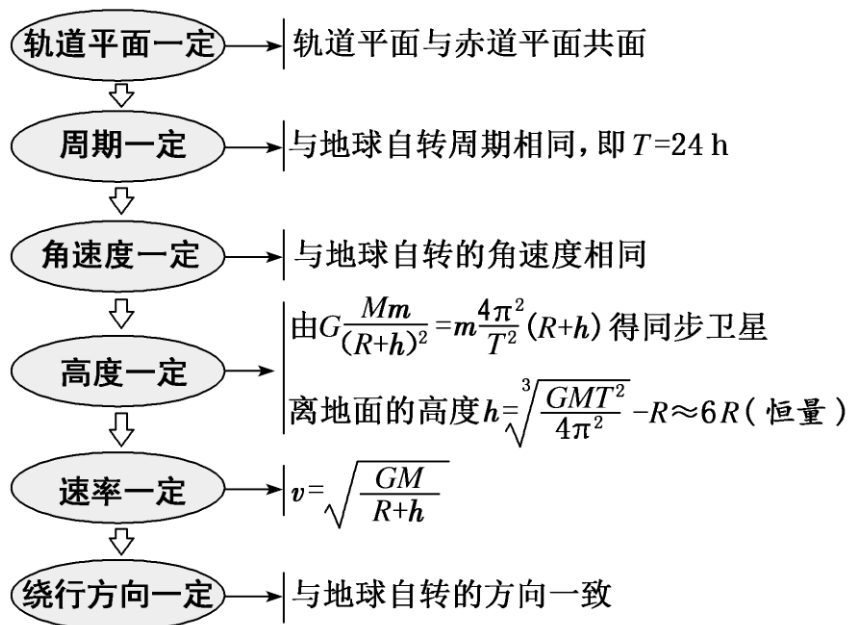
(2) $7.9\text{ km/s} < v_{\text{发}} < 11.2\text{ km/s}$, 卫星绕地球运动的轨迹为椭圆。

(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。

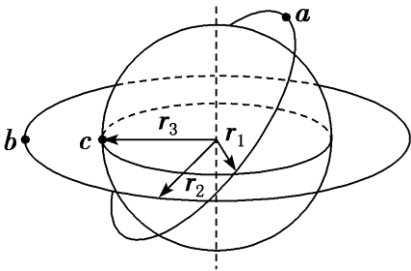
考点 2: 同步静止卫星

同步静止卫星的 6 个“一定”



考点 3：“三体”运动比较

1.如图所示， a 为近地卫星，半径为 r_1 ； b 为地球同步卫星，半径为 r_2 ； c 为赤道上随地球自转的物体，半径为 r_3 。



	近地卫星 (r_1 、 ω_1 、 v_1 、 a_1)	同步卫星 (r_2 、 ω_2 、 v_2 、 a_2)	赤道上随地球自转的物体 (r_3 、 ω_3 、 v_3 、 a_3)
向心力	万有引力	万有引力	万有引力的一个分力
轨道半径	$r_2>r_3=r_1$		
角速度	由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\omega^2r$ 得 $\omega=\sqrt{\frac{GM}{r^3}}$ ，故 $\omega_1>\omega_2$		同步卫星的角速度与地球自转角速度相同，故 $\omega_2=\omega_3$
	$\omega_1>\omega_2=\omega_3$ （公众号：屋里学家 独家整理）		
线速度	由 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ 得 $v=\sqrt{\frac{GM}{r}}$ ，故 $v_1>v_2$		由 $v=r\omega$ 得 $v_2>v_3$
	$v_1>v_2>v_3$		
向心加速度	由 $G\frac{Mm}{r^2}=ma$ 得 $a=\frac{GM}{r^2}$ ，故 $a_1>a_2$		由 $a=\omega^2r$ 得 $a_2>a_3$
	$a_1>a_2>a_3$		

2.各运行参量比较的两条思路

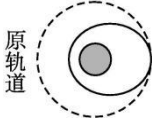
(1)绕地球运行的不同高度的卫星各运行参量大小的比较，可应用： $\frac{GMm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}=m\omega^2r=m\frac{4\pi^2}{T^2}\cdot r=ma$ ，选取适当的关系式进行比较。

(2)赤道上的物体的运行参量与其他卫星运行参量大小的比较，可先将赤道上的物体与同步卫星的运行参量进行比较，再结合(1)中结果得出最终结论。

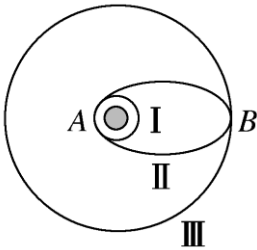
专题 10 卫星的变轨问题、天体追及相遇问题、双星和多星问题

考点 1：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。

考点 2：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 $(\omega_A - \omega_B)t' = (2n - 1)\pi (n = 1, 2, 3, \dots)$ （公众号：屋里学家 独家整理）
相距最近	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 $(\omega_A - \omega_B)t = 2n\pi (n = 1, 2, 3, \dots)$

考点 3：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	$m_1r_1 = m_2r_2$ $r_1 + r_2 = L$	$r = \frac{L}{2\cos 30^\circ}$	$r = \frac{\sqrt{2}}{2}L \text{ 或 } r = \frac{L}{2\cos 30^\circ}$

专题 11 功、功率、机车启动问题

考点 1: 功的正负和恒力功大小计算

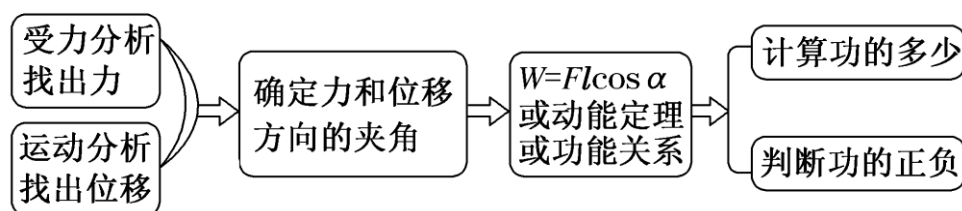
1. 功的正负判断方法

(1)恒力功的判断: 依据力与位移方向的夹角来判断。

(2)曲线运动中功的判断: 依据 F 与 v 的方向夹角 α 来判断, $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ 时, 力对物体做正功; $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ 时, 力对物体做负功; $\alpha = 90^\circ$ 时, 力对物体不做功。

(3)依据能量变化来判断: 功是能量转化的量度, 若有能量转化, 则必有力对物体做功。此法常用于判断两个相联系的物体之间的相互作用力做功的判断。

2. 恒力功的计算方法



3. 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。

考点 2: 变力功的计算方法

1. 利用微元法求变力做功

将物体的位移分割成许多小段, 因每一小段很小, 每一小段上作用在物体上的力可以视为恒力, 这样就将变力做功转化为在无数多个位移上的恒力所做功的代数和。此法常用于求解大小不变、方向改变的变力做功问题。

2. 化变力为恒力求变力做功

有些变力做功问题通过转换研究对象, 可转化为恒力做功, 用 $W = Fl \cos \alpha$ 求解。此法常用于轻绳通过定滑轮拉物体做功的问题中。

3. 利用平均力求变力做功

当物体受到的力方向不变, 而大小随位移均匀变化时, 则可以认为物体受到一大小为 $\bar{F} = \frac{F_1 + F_2}{2}$ 的恒力作用,

F_1 、 F_2 分别为物体在初、末位置所受到的力, 然后用公式 $W = \bar{F} l \cos \alpha$ 求此变力所做的功。

4. 利用 $F-x$ 图像求变力做功

在 $F-x$ 图像中, 图线与 x 轴所围“面积”的代数和就表示力 F 在这段位移内所做的功, 且位于 x 轴上方的“面积”为正功, 位于 x 轴下方的“面积”为负功, 但此方法只适用于便于求图线所围面积的情况(如三角形、矩形、圆等规则的几何图形)。

5. 利用动能定理求变力做功

利用公式 $W = Fl \cos \alpha$ 不容易直接求功时, 尤其对于曲线运动或变力做功问题, 可考虑由动能的变化来间接求功, 所以动能定理是求变力做功的首选。

6. 若变力的功率恒定, 可用用 $W=Pt$ 计算功。

考点 3: 功率的计算

1. 平均功率的计算方法

(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。

2. 瞬时功率的计算方法

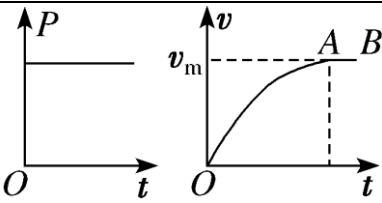
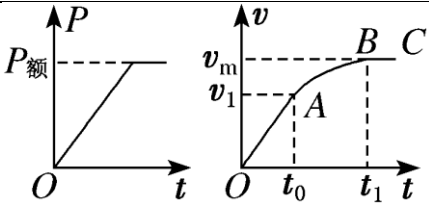
(1) 利用公式 $P=Fv\cos\alpha$, 其中 v 为 t 时刻的瞬时速度, α 为 F 与 v 的夹角。

(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。

考点 4: 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	$F=F_{\text{阻}} \Rightarrow a=0 \Rightarrow$ 以 $v_m=\frac{P_{\text{额}}}{F_{\text{阻}}}$ 做匀速运动

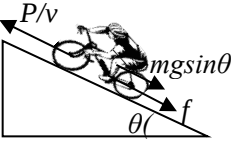
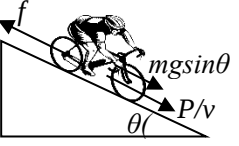
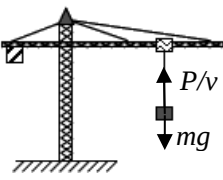
2. 三个重要关系

(1) 无论哪种启动过程, 机车的最大速度都为 $v_m=\frac{P}{F_{\text{阻}}}$ 。(公众号: 屋里学家 独家整理)

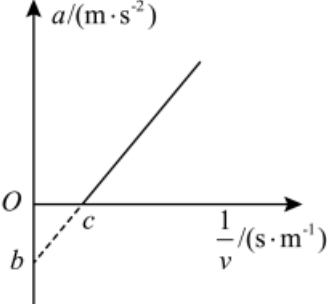
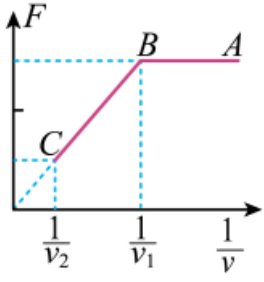
(2) 机车以恒定加速度启动时, 匀加速过程结束后功率最大, 速度不是最大, 即 $v=\frac{P}{F}<v_m=\frac{P}{F_{\text{阻}}}$ 。

(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
	
由 $F - F_f = ma$, $P = Fv$ 可得: $a = \frac{P}{m} \cdot \frac{1}{v} - \frac{F_f}{m}$, ①斜率 $k = \frac{P}{m}$ ②纵截距 $b = -\frac{F_f}{m}$ ③横截距 $c = \frac{1}{v_m} = \frac{F_f}{P}$	①AB 段牵引力不变, 做匀加速直线运动; ②BC 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; ③B 点横坐标对应匀加速运动的末速度为 $1/v_1$; ④C 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。

专题 12 动能定理及其应用

考点 1: 对动能、动能定理的理解

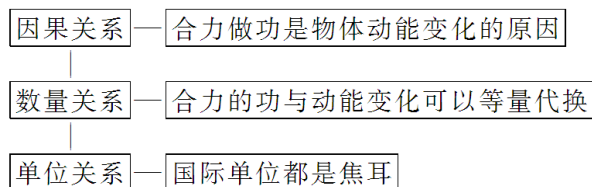
1. 动能与动能的变化的区别

(1)动能与动能的变化是两个不同的概念，动能是状态量，动能的变化是过程量。

(2)动能没有负值，而动能变化量有正负之分。 $\Delta E_k > 0$ 表示物体的动能增加， $\Delta E_k < 0$ 表示物体的动能减少。

2. 对动能定理的理解

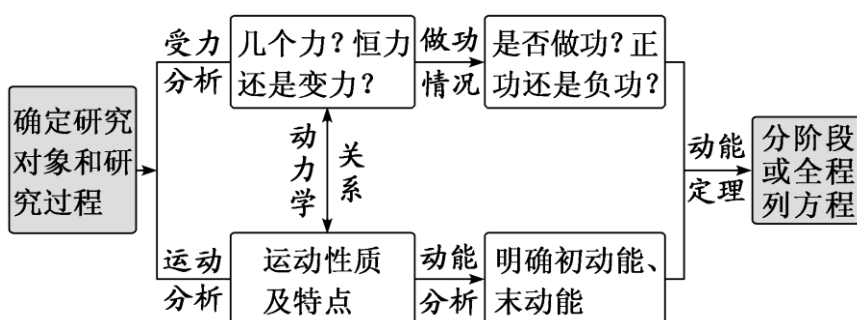
(1)做功的过程就是能量转化的过程，动能定理表达式中“=”的意义是一种因果关系在数值上相等的符号。



(2)动能定理中的“力”指物体受到的所有力，既包括重力、弹力、摩擦力，也包括电场力、磁场力或其他力，功则为合力所做的总功。

考点 2: 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。

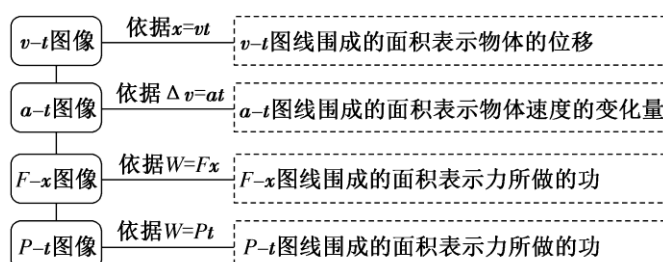
(2)应用动能定理的关键在于对研究对象进行准确的受力分析及运动过程分析，并画出运动过程的草图，借助草图理解物理过程之间的关系。

(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。

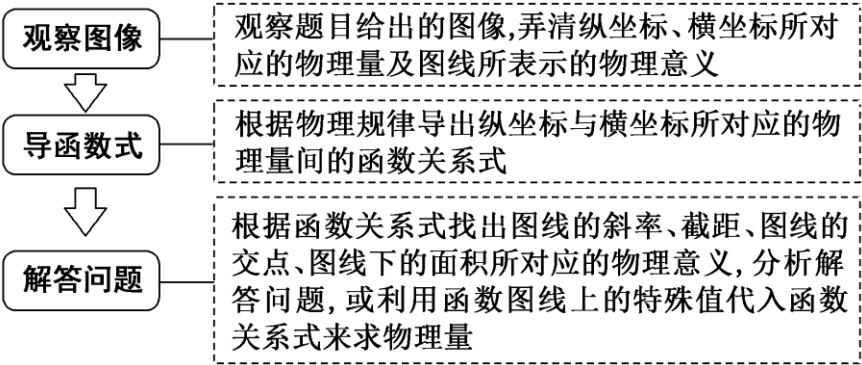
(4)列动能定理方程时，必须明确各力做功的正、负，确实难以判断的先假定为正功，最后根据结果加以检验。

考点 3: 动能定理的图像问题

1. 四类图像所围“面积”的意义



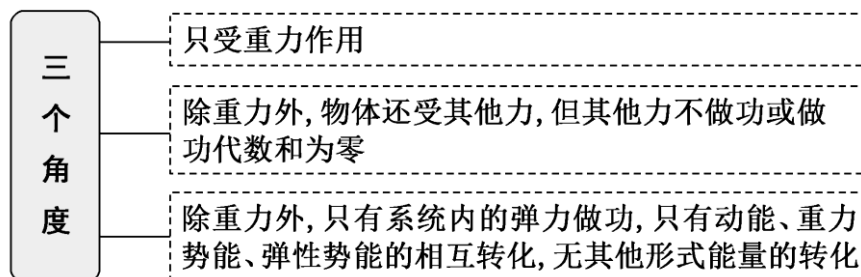
2. 解决动能定理与图像问题的基本步骤



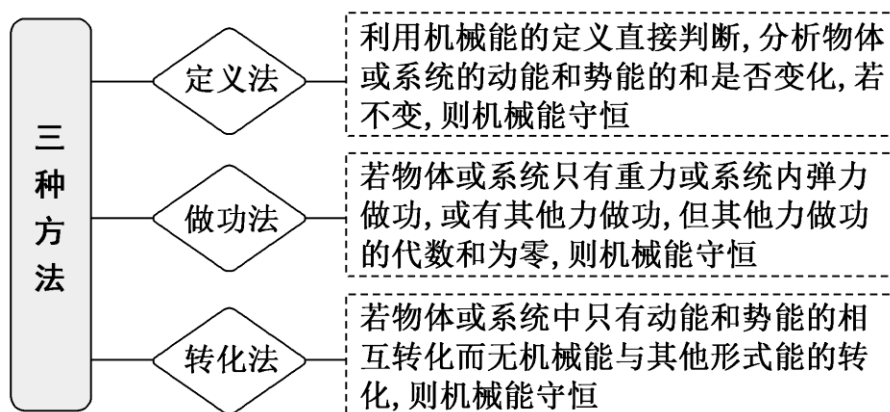
专题 13 机械能守恒定律

考点 1: 机械能守恒的判断条件

1. 对守恒条件理解的三个角度



2. 判断机械能守恒的三种方法

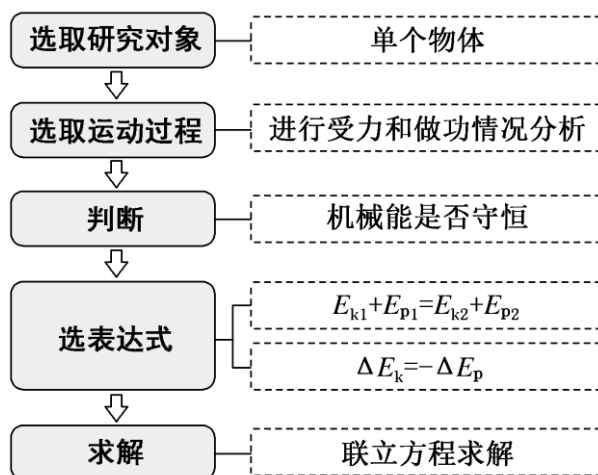


考点 2: 单个物体的机械能守恒问题

1. 机械能守恒的三种表达式

项目	守恒角度	转化角度	转移角度
表达式	$E_1 = E_2$	$\Delta E_k = -\Delta E_p$	$\Delta E_{A增} = \Delta E_{B减}$
物理意义	系统初状态机械能的总和与末状态机械能的总和相等	表示系统(或物体)机械能守恒时, 系统减少(或增加)的重力势能等于系统增加(或减少)的动能	若系统由 A、B 两部分组成, 则 A 部分物体机械能的增加量与 B 部分物体机械能的减少量相等
注意事项	应用时应选好重力势能的零势能面, 且初、末状态必须用同一零势能面计算势能	应用时关键在于分清重力势能的增加量和减少量, 可不选零势能面而直接计算初、末状态的势能差	常用于解决两个或多个物体组成的系统的机械能守恒问题

2. 应用机械能守恒定律解题的基本思路



考点 3：三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	(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。 (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。 (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。（公众号：屋里学家 独家整理）

2. 轻杆连接的物体系统

常见情景	
三大特点	(1) 平动时两物体线速度相等，转动时两物体角速度相等。 (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。 (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。

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	(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。 (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。

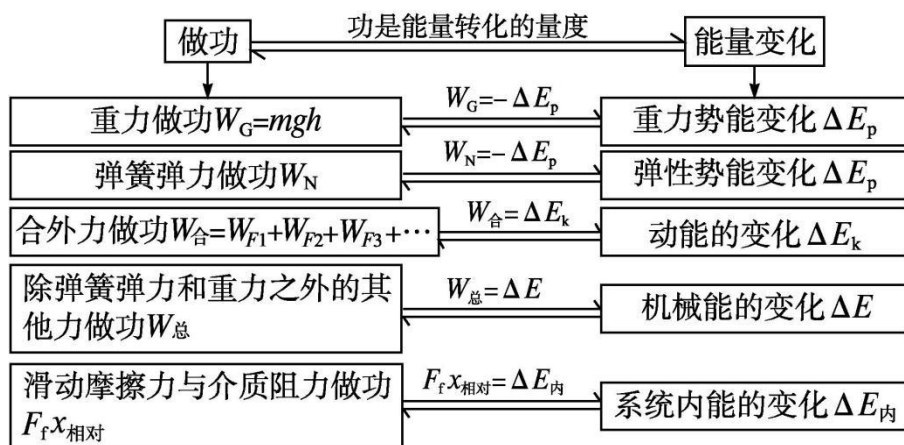
考点 4：非质点类机械能守恒问题

1. 物体虽然不能看成质点，但因只有重力做功，物体整体机械能守恒。
2. 在确定物体重力势能的变化量时，要根据情况，将物体分段处理，确定好各部分重心及重心高度的变化量。
3. 非质点类物体各部分是否都在运动，运动的速度大小是否相同，若相同，则物体的动能才可表示为 $\frac{1}{2}mv^2$ 。

专题 14 功能关系、能量守恒定律

考点 1: 重力场中的功能关系及应用

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。

考点 2: 摩擦力做功与能量转化

1. 两种摩擦力做功的比较

静摩擦力做功	滑动摩擦力做功
互为作用力和反作用力的一对静摩擦力所做功的代数和为零, 即要么一正一负, 要么都不做功	互为作用力和反作用力的一对滑动摩擦力所做功的代数和为负值, 即至少有一个力做负功
两种摩擦力都可以对物体做正功或者负功, 还可以不做功 (公众号: 屋里学家 独家整理)	

2. 求解相对滑动物体的能量问题的方法

(1) 正确分析物体的运动过程, 做好受力情况分析。

(2) 利用运动学公式, 结合牛顿第二定律分析物体的速度关系及位移关系。

(3) 公式 $Q = F_f l_{\text{相对}}$ 中 $l_{\text{相对}}$ 为两接触物体间的相对位移, 若物体在传送带上做往复运动, 则 $l_{\text{相对}}$ 为总的相对路程。

考法一: 传送带类

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 $W_{电}=\Delta E_k+\Delta E_p+Q=Fx_{传}$ 。

(2)传送带摩擦力产生的热量 $Q=F_f x_{相对}$ 。

考法二：板块类

1. 两个分析角度

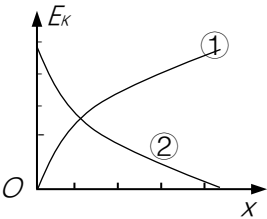
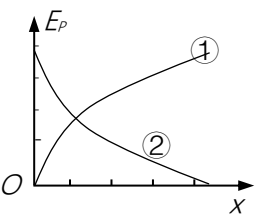
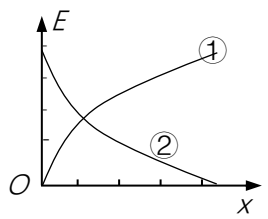
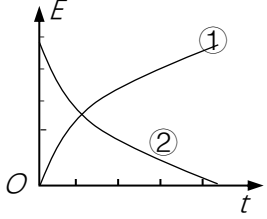
(1)动力学角度：首先隔离物块和木板，分别分析受力，求出加速度，根据初速度分析两者的运动过程，画出运动轨迹图，找到位移和相对位移关系，根据时间关系列位移等式和速度等式。

(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

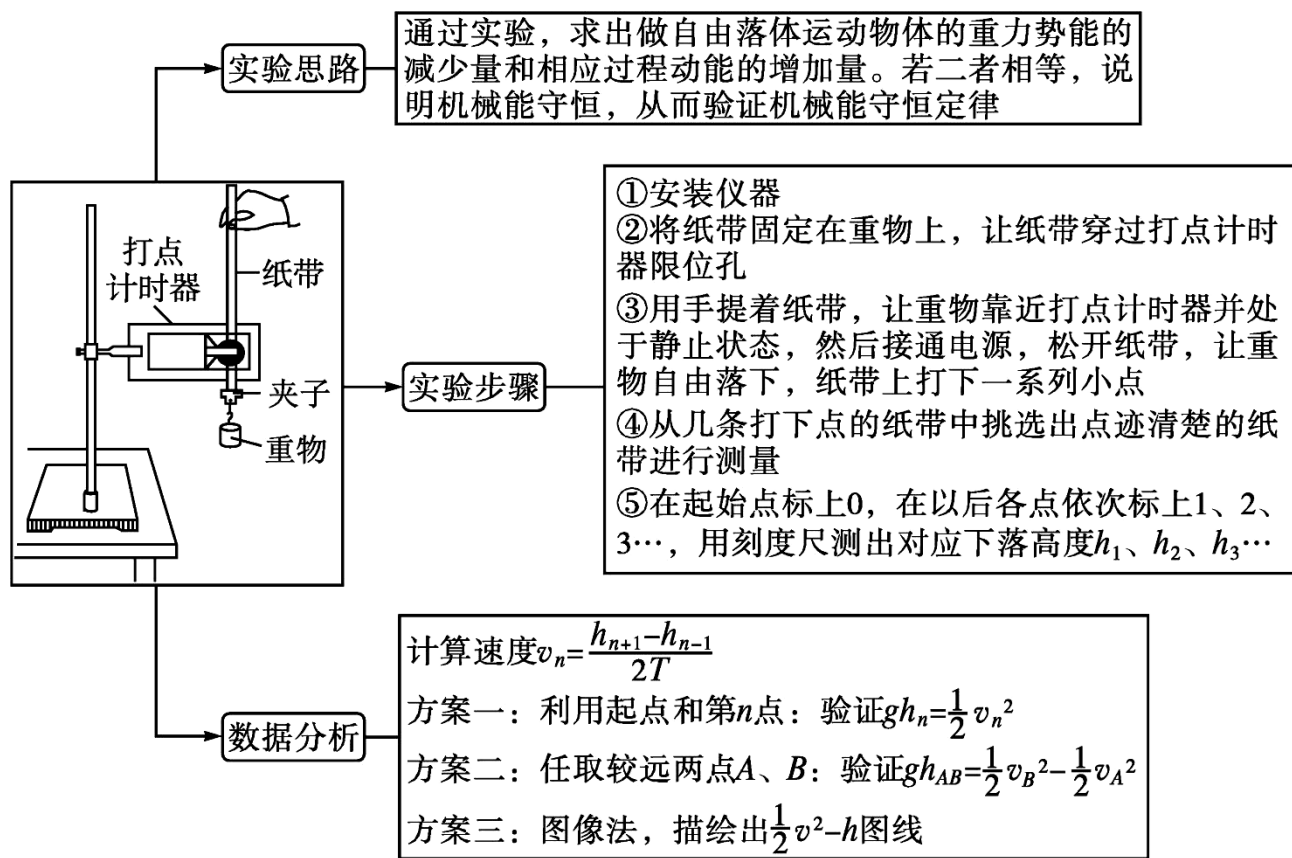
- (1)求解对地位移可优先考虑应用动能定理。
- (2)求解相对位移可优先考虑应用能量守恒定律。
- (3)地面光滑时，求速度可优先考虑应用动量守恒定律。

考点 3：功能关系中的图像问题

E_k-x 图像	E_p-x 图像	$E-x$ 图像	$E-t$ 图像
			
斜率：合外力 ①合外力沿+x 方向 ②合外力沿-x 方向	斜率：重力、弹力等 ①力沿-x 方向 ②力沿+x 方向	斜率：除重力、弹力以外的力 ①沿+x 方向②沿-x 方向	斜率：功率

专题 15 验证机械能守恒定律

考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理



误差分析:

- 1.减小测量误差:一是测下落距离时都从0点量起,依次将各打点对应下落高度测量完,二是多测几次取平均值。
- 2.误差来源:由于重物和纸带下落过程中要克服阻力做功,故动能的增加量 $\Delta E_k = \frac{1}{2}mv_n^2$ 必定稍小于重力势能的减少量 $\Delta E_p = mgh_n$,改进办法是调整器材的安装,尽可能地减小阻力。

注意事项:

- 1.打点计时器要竖直:安装打点计时器时要竖直架稳,使其两限位孔在同一竖直平面内以减少摩擦阻力。
- 2.重物密度要大:重物应选用质量大、体积小、密度大的材料。
- 3.一先一后:应先接通电源,让打点计时器正常工作,后松开纸带让重物下落。
- 4.测长度,算速度:某时刻的瞬时速度的计算应用 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2T}$,不能用 $v_n = \sqrt{2gh_n}$ 或 $v_n = gt$ 来计算。

2025 版高二物理考点总结（必修三）

目录

专题 01 库仑定律、电场强度和电场线.....	3
考点 1: 库仑定律及库仑力作用下的平衡问题	3
考点 2: 电场强度的叠加与计算.....	4
考点 3: 有关电场线的综合问题.....	4
专题 02 电场能的性质.....	6
考点 1: 电势高低及电势能大小的判断.....	6
考点 2: 电势差与电场强度的关系	6
考点 3: 电场线、等势面及运动轨迹的问题.....	7
专题 03 电场中的 φ -x、 E_p -x、 E -x 三类图像.....	8
考点 1: φ -x 图像.....	8
考点 2: E_p -x 图像.....	8
考点 3: E -x 图像.....	8
专题 04 电容器的动态分析、带电粒子在电场中的直线和抛体运动.....	9
考点 1: 电容器的动态分析.....	9
考点 2: 带电粒子在电场中的直线运动.....	9
考点 3: 带电粒子在电场中的抛体运动.....	10
专题 05 带电粒子在力电等效场、交变电场中的运动和电场中的功能问题.....	11
考点 1: 带电粒子在力电等效场中的圆周运动	11
考点 2: 带电粒子在交变电场中的运动	11
考点 3: 带电粒子在电场中的功能问题.....	12
专题 06 实验观察电容器的充放电现象.....	13
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	13
专题 07 电流的计算、电阻定律、欧姆定律与伏安特性曲线、电功与焦耳定律.....	15
考点 1: 电流的计算.....	15
考点 2: 电阻定律	15
考点 3: 欧姆定律与伏安特性曲线.....	15
专题 08 闭合电路的功率问题、电路动态分析、含容电路、故障分析.....	17
考点 1: 闭合电路的功率问题	17
考点 2: 电路动态分析	17

考点 3: 含容电路	18
考点 4: 故障分析	18
专题 09 电学实验基础	20
考点 1: 游标卡尺的使用	20
考点 2: 螺旋测微器的使用	20
考点 3: 常用电表的读数	20
考点 4: 内外接法测电阻	21
考点 5: 滑动变阻器的两种接法	21
考点 6: 电表的改装	22
专题 10 测量金属的电阻率	23
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	23
专题 11 测量电源的电动势和内阻	24
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	24
专题 12 用多用电表测量电学中的物理量	26
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	26
专题 13 测量电阻常用的六种方法	29
考点 1: 伏安法测电阻	29
考点 2: 伏伏法测电阻	29
考点 3: 安安法测电阻	29
考点 4: 半偏法测电表内阻	29
考点 5: 等效替代法测电阻	30
考点 6: 电桥测电阻	31

专题 01 库仑定律、电场强度和电场线

考点 1: 库仑定律及库仑力作用下的平衡问题

1. 库仑定律

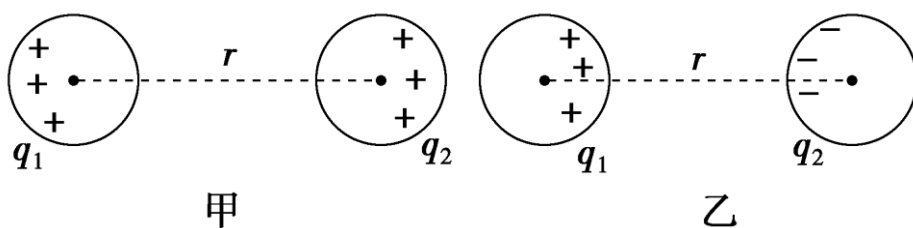
(1)内容:真空中两个静止点电荷之间的相互作用力,与它们的电荷量的乘积成正比,与它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上。

(2)表达式: $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$, 式中 $k=9.0\times 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, 叫做静电力常量。

(3)适用条件:真空中点电荷。

(4)当两个电荷间的距离 $r\rightarrow 0$ 时,电荷不能视为点电荷,它们之间的静电力不能认为趋于无限大。

(5)对于两个带电金属球,要考虑表面电荷的重新分布,如图所示。

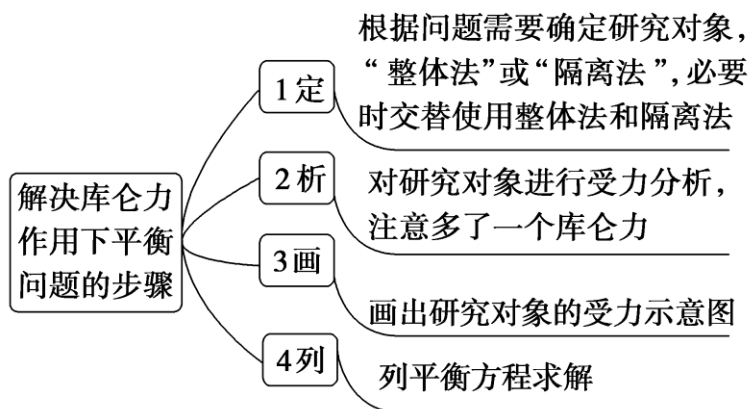


①同种电荷: $F < k\frac{q_1q_2}{r^2}$;

②异种电荷: $F > k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 。

2. 库仑力作用下的平衡问题

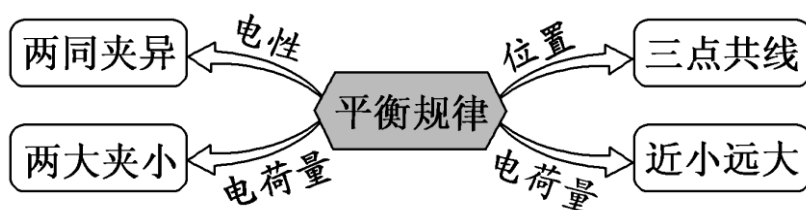
(1)四步解决库仑力作用下的平衡问题:



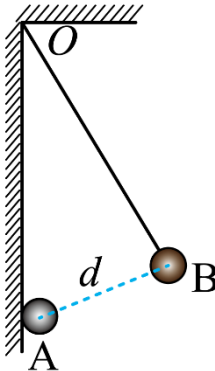
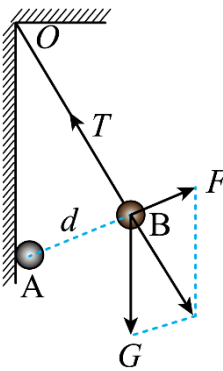
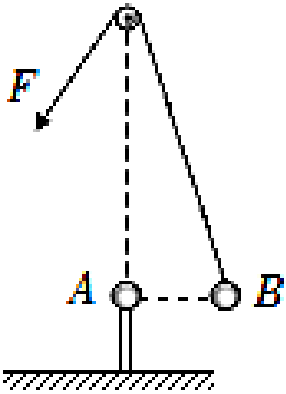
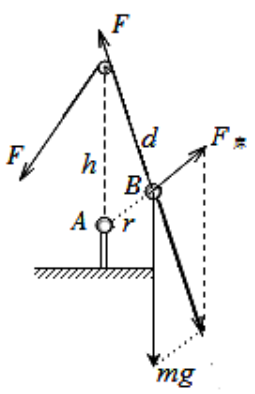
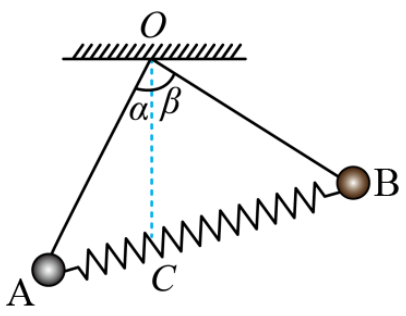
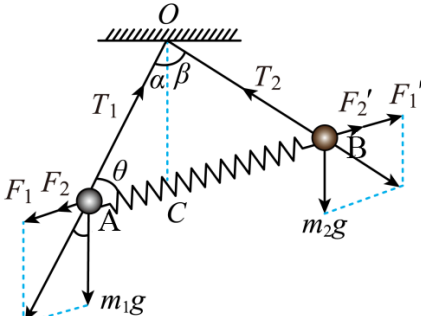
(2)三个自由点电荷的平衡问题:

①平衡条件:每个点电荷受另外两个点电荷的合力为零或每个点电荷平衡的位置是另外两个点电荷的合场强为零的位置。

②平衡规律:

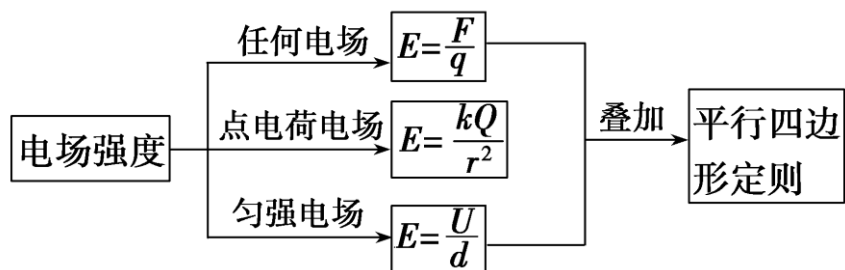


(3)利用三角形相似法处理带电小球的平衡问题:

常见模型	几何三角形和力的矢量三角形	比例关系
		$\frac{G}{OA} = \frac{T}{OB} = \frac{F}{d}$
		$\frac{mg}{h} = \frac{F}{d} = \frac{\frac{kq_1q_2}{r^2}}{r}$
		$\frac{m_1g}{OC} = \frac{T_1}{OA} = \frac{F}{AC}$ $\frac{m_2g}{OC} = \frac{T_2}{OB} = \frac{F'}{BC}$

考点 2: 电场强度的叠加与计算

1. 电场强度的三个计算公式

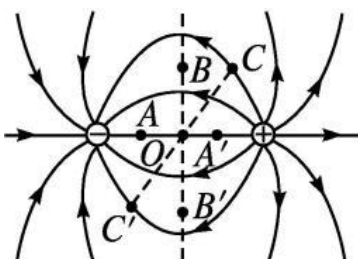
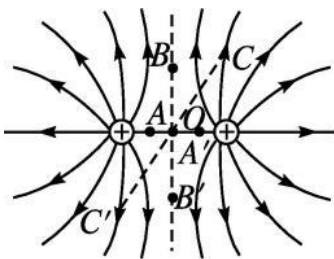


2. 电场强度的叠加与计算的方法

(1) 叠加法: 多个点电荷在空间某处产生的电场强度为各电荷在该处所产生的电场强度的矢量和。

考点 3: 有关电场线的综合问题

1. 两种等量点电荷的电场强度及电场线的比较

比较	等量异种点电荷	等量同种点电荷
电场线分布图		
电荷连线上的电场强度	沿连线先变小后变大	
	O 点最小,但不为零	O 点为零
中垂线上的电场强度	O 点最大,向外逐渐减小	O 点最小,向外先变大后变小
关于 O 点对称位置的电场强度	A 与 A' 、 B 与 B' 、 C 与 C'	
	等大同向	等大反向

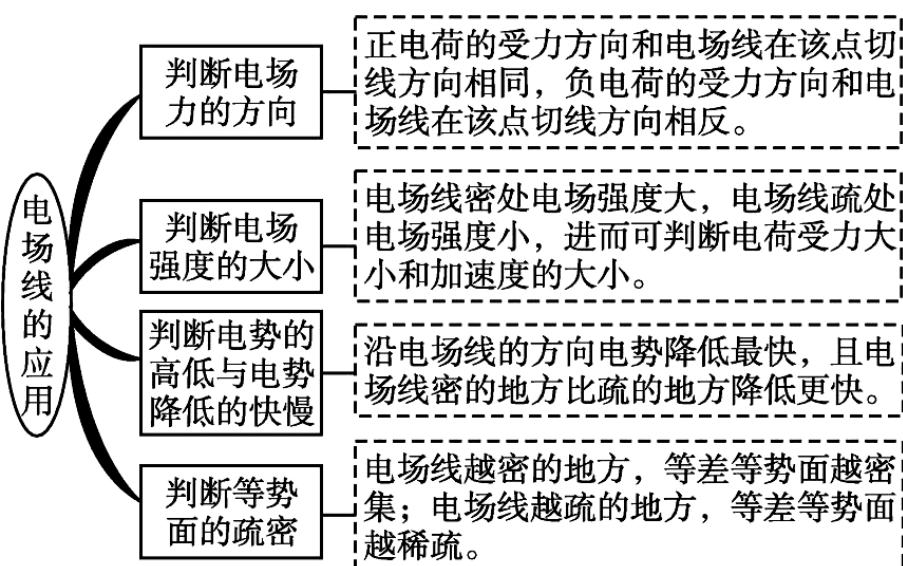
2.“电场线+运动轨迹”组合模型（公众号：屋里学家 独家整理）

模型特点:当带电粒子在电场中的运动轨迹是一条与电场线不重合的曲线时,这种现象简称为“拐弯现象”,其实质为“运动与力”的关系。运用牛顿运动定律的知识分析:

(1)“运动与力两线法”——画出“速度线”(运动轨迹在某一位置的切线)与“力线”(在同一位置电场线的切线方向且指向轨迹的凹侧),从二者的夹角情况分析带电粒子做曲线运动的情况。

(2)“三不知时要假设”——电荷的正负、电场的方向、电荷运动的方向,是题目中相互制约的三个方面。若已知其中一个,可分析判定各待求量;若三个都不知(三不知),则要用“假设法”进行分析。

3. 电场线的应用(涉及电势部分将在下一节进一步研究)



专题 02 电场能的性质

考点 1：电势高低及电势能大小的判断

1. 电势高低的判断“四法”

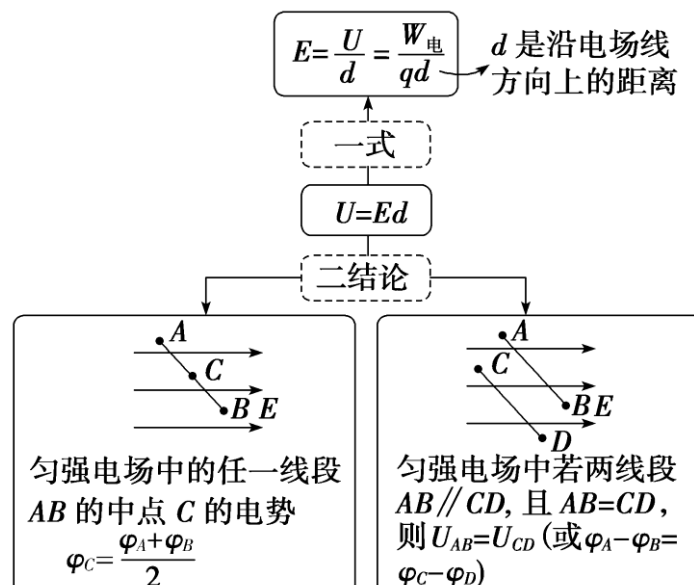
判断方法	方法解读
电场线方向法	沿电场线方向电势逐渐降低
场源电荷正负法	取无穷远处电势为零，正电荷周围电势为正值，负电荷周围电势为负值；越靠近正电荷处电势越高，越靠近负电荷处电势越低
电势能大小法	同一正电荷的电势能越大的位置处电势越高，同一负电荷的电势能越大的位置处电势越低
静电力做功法	根据 $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ ，将 W_{AB} 、 q 的正负号代入，由 U_{AB} 的正负判断 φ_A 、 φ_B 的高低

2. 电势能的大小判断“四法”

判断方法	方法解读
公式法	将电荷量、电势及正负号一起代入公式 $E_{pA} = q\varphi_A$ 计算， $E_{pA} > 0$ 时值越大，电势能越大； $E_{pA} < 0$ 时绝对值越大，电势能越小（公众号：屋里学家 独家整理）
电势高低法	同一正电荷在电势越高的地方电势能越大；同一负电荷在电势越低的地方电势能越大
静电力做功法	静电力做正功，电势能减小；静电力做负功，电势能增加
能量守恒法	在电场中，若只有静电力做功时，电荷的动能和电势能相互转化而且其和守恒，动能增加，电势能减小；反之，动能减小，电势能增加

考点 2：电势差与电场强度的关系

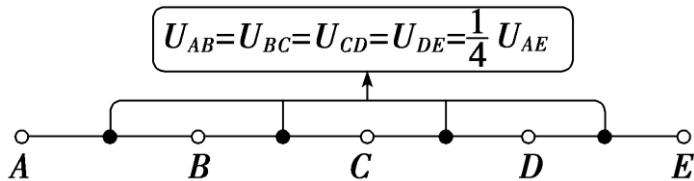
1. 在匀强电场中由公式 $U=Ed$ 得出的“一式二结论”



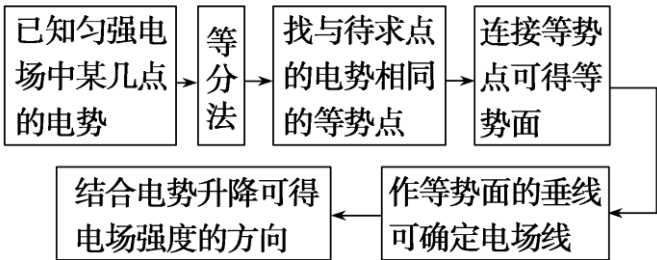
2. 等分法及其应用

(1)等分法：

如果把某两点间的距离等分为 n 段，则每段两端点的电势差等于原电势差的 $\frac{1}{n}$ ，采用这种等分间距求电势问题的方法，叫作等分法。



(2)“等分法”的应用思路：



考点 3：电场线、等势面及运动轨迹的问题

1. 几种典型电场的等势面

电场	等势面	重要描述
匀强电场		垂直于电场线的一簇平面
点电荷的电场		以点电荷为球心的一簇球面
等量异种点电荷的电场		连线的中垂线上电势处处为零
等量同种(正)点电荷的电场		两点电荷连线上，中点的电势最低；中垂线上，中点的电势最高

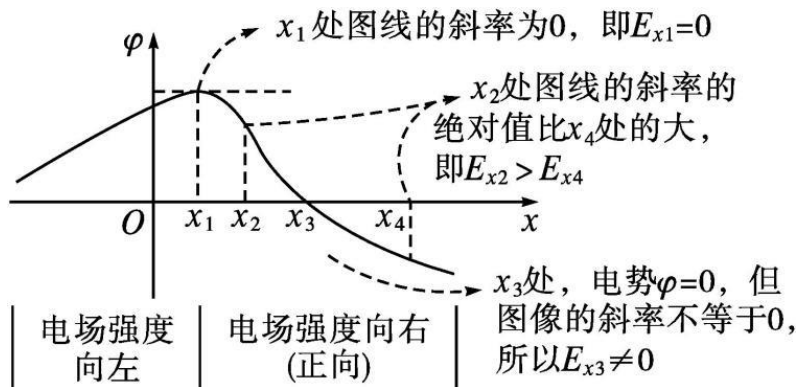
2. 带电粒子在电场中运动轨迹问题的分析方法（公众号：屋里学家 独家整理）

- (1)从轨迹的弯曲方向判断受力方向(轨迹向合外力方向弯曲)，从而分析电场方向或电荷的正负。
- (2)结合轨迹、速度方向与静电力的方向，确定静电力做功的正负，从而确定电势能、电势和电势差的变化等。
- (3)根据动能定理或能量守恒定律判断动能的变化情况。

专题 03 电场中的 φ - x 、 E_p - x 、 E - x 三类图像

考点 1: φ - x 图像

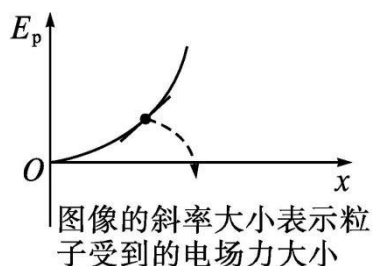
1. 电场强度的大小等于 φ - x 图线的斜率的绝对值, 电场强度为零处, φ - x 图线存在极值, 其切线的斜率为零。
2. 在 φ - x 图像中可以直接判断各点电势的大小, 并可根据电势大小关系确定电场强度的方向。



3. 在 φ - x 图像中分析电荷移动时电势能的变化, 可用 $W_{AB}=qU_{AB}$, 进而分析 W_{AB} 的正负, 然后作出判断。

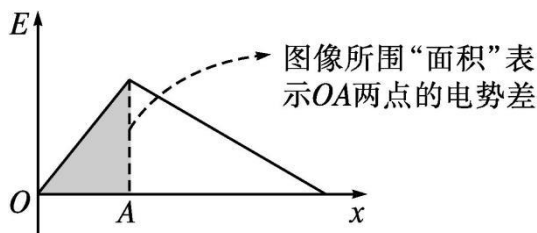
考点 2: E_p - x 图像

1. 根据电势能的变化可以判断电场力做功的正负, 电势能减少, 电场力做正功; 电势能增加, 电场力做负功。
2. 根据 $\Delta E_p = -W = -Fx$, 图像 E_p - x 斜率的绝对值表示电场力的大小。



考点 3: E - x 图像

1. E - x 图像反映了电场强度随位移变化的规律, $E > 0$ 表示电场强度沿 x 轴正方向; $E < 0$ 表示电场强度沿 x 轴负方向。
2. 在给定了电场的 E - x 图像后, 可以由图线确定电场强度的变化情况, 电势的变化情况, E - x 图线与 x 轴所围图形“面积”表示电势差, 两点的电势高低根据电场方向判定。在与粒子运动相结合的题目中, 可进一步确定粒子的电性、动能变化、电势能变化等情况。

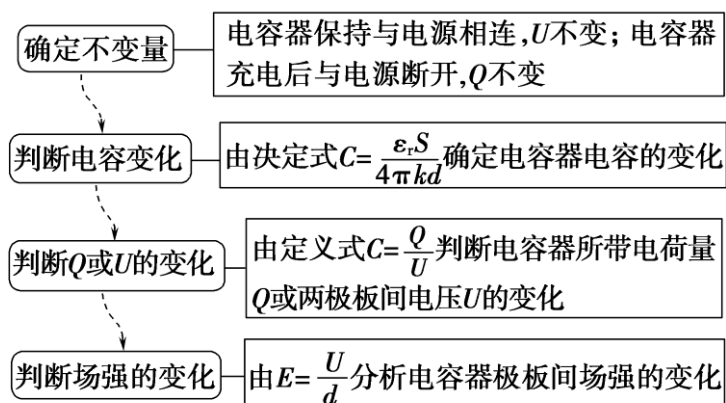


3. 在这类题目中, 还可以由 E - x 图像画出对应的电场, 利用这种已知电场的电场线分布、等势面分布或场源电荷来处理相关问题。

专题 04 电容器的动态分析、带电粒子在电场中的直线和抛体运动

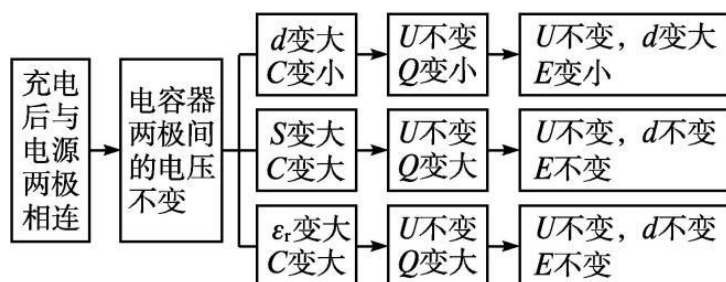
考点 1: 电容器的动态分析

1. 平行板电容器动态的分析思路

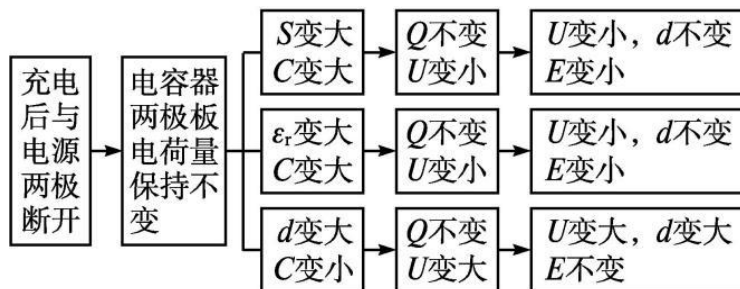


2. 平行板电容器的动态分析问题的两种情况

(1) 平行板电容器充电后, 保持电容器的两极板与电池的两极相连接:



(2) 平行板电容器充电后, 切断与电池的连接:



考点 2: 带电粒子在电场中的直线运动

1. 做直线运动的条件

(1) 粒子所受合外力 $F_{\text{合}}=0$, 粒子或静止, 或做匀速直线运动。

(2) 匀强电场中, 粒子所受合外力 $F_{\text{合}} \neq 0$, 且与初速度方向在同一条直线上, 带电粒子将做匀加速直线运动或匀减速直线运动。(公众号: 屋里学家 独家整理)

2. 用动力学观点分析

$$a = \frac{qE}{m}, \quad E = \frac{U}{d}, \quad v^2 - v_0^2 = 2ad \text{ (匀强电场)}.$$

3. 用功能观点分析

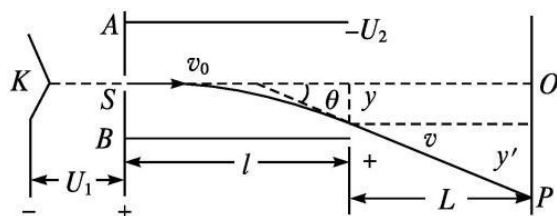
$$\text{匀强电场中: } W = Eqd = qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2.$$

非匀强电场中: $W=qU=E_{k2}-E_{k1}$ 。

考点 3: 带电粒子在电场中的抛体运动

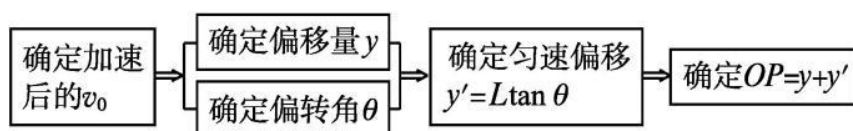
1. 求解电偏转问题的两种思路

以示波管模型为例,带电粒子经加速电场 U_1 加速,再经偏转电场 U_2 偏转后,需再经历一段匀速直线运动才会打到荧光屏上而显示亮点 P ,如图所示。

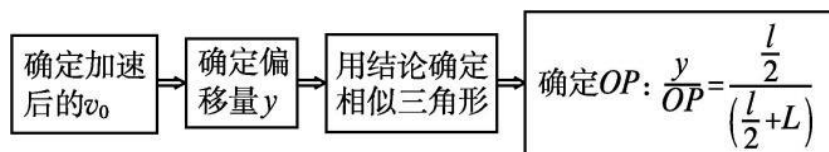


(1) 确定最终偏移距离 OP 的两种方法

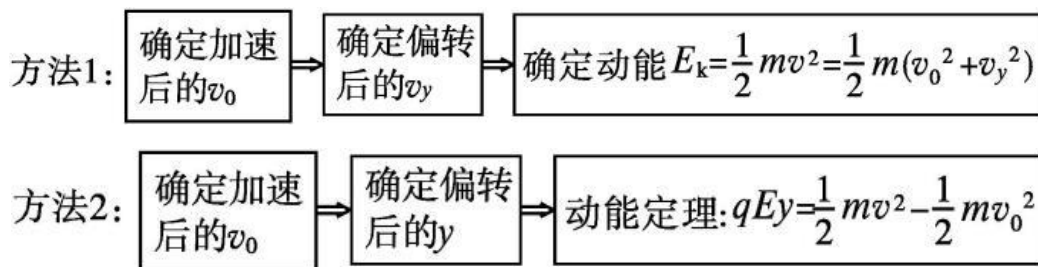
方法 1:



方法 2:



(2) 确定粒子经偏转电场后的动能(或速度)的两种方法



2. 特别提醒: (公众号: 屋里学家 独家整理)

(1) 利用动能定理求粒子偏转后的动能时,电场力做功 $W=qU=qEy$,其中“ U ”为初末位置的电势差,而不一定是 $U=\frac{U_2}{2}$ 。

(2) 注意是否考虑重力

- ① 基本粒子: 如电子、质子、 α 粒子、离子等除有说明或明确的暗示以外,一般都不考虑重力(但并不忽略质量)。
- ② 带电颗粒: 如液滴、油滴、尘埃、小球等,除有说明或明确的暗示以外,一般都不能忽略重力。

专题 05 带电粒子在力电等效场、交变电场中的运动和电场中的功能问题

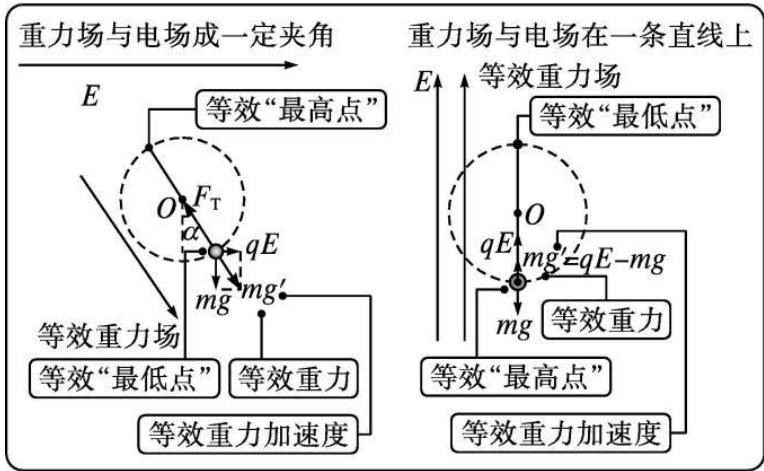
考点 1：带电粒子在力电等效场中的圆周运动

1. 方法概述

等效思维方法是将一个复杂的物理问题,等效为一个熟知的物理模型或问题的方法。对于这类问题,若采用常规方法求解,过程复杂,运算量大。若采用等效法求解,则能避开复杂的运算,过程比较简捷。

2. 方法应用

先求出重力与电场力的合力,将这个合力视为一个等效重力,将 $a=\frac{F_{\text{合}}}{m}$ 视为等效重力加速度。再将物体在重力场中的运动规律迁移到等效重力场中分析求解即可。



考点 2：带电粒子在交变电场中的运动

1. 此类题型一般有三种情况:一是粒子做单向直线运动(一般用牛顿运动定律求解);二是粒子做往返运动(一般分段研究);三是粒子做偏转运动(一般根据交变电场的特点分段研究)。
2. 分析时从两条思路出发:一是力和运动的关系,根据牛顿第二定律及运动学规律分析;二是功能关系。
3. 注重全面分析(分析受力特点和运动特点),抓住粒子的运动具有周期性和在空间上具有对称性的特征,求解粒子运动过程中的速度、位移、做功或确定与物理过程相关的边界条件。(公众号:屋里学家 独家整理)
4. 交变电场中的直线运动(方法实操展示)

$U-t$ 图像	$v-t$ 图像	轨迹图

5. 交变电场中的偏转（带电粒子重力不计，方法实操展示）

U-t 图		
轨迹图		
v_y-t 图		

考点 3：带电粒子在电场中的功能问题

1. 电场中的功能关系

- (1)若只有静电力做功，电势能与动能之和保持不变。
- (2)若只有静电力和重力做功，电势能、重力势能、动能之和保持不变。
- (3)除重力之外，其他各力对物体做的功等于物体机械能的变化。
- (4)所有外力对物体所做的功等于物体动能的变化。

2. 电场力做功的计算方法

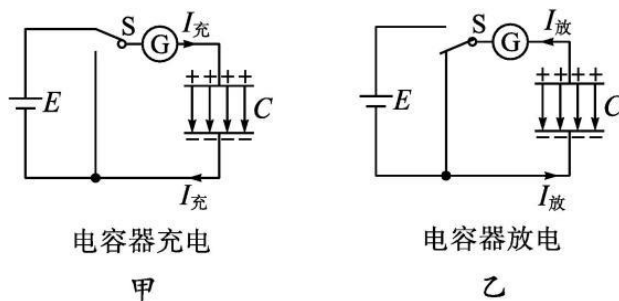
- (1) $W_{AB} = qU_{AB}$ (普遍适用)
- (2) $W = qEx \cos \theta$ (适用于匀强电场)
- (3) $W_{AB} = -\Delta E_p = E_{pA} - E_{pB}$ (从能量角度求解)
- (4) $W_{\text{电}} + W_{\text{非电}} = \Delta E_k$ (由动能定理求解)

专题 06 实验观察电容器的充放电现象

考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

1. 实验原理

(1) 电容器充电: 电源使电容器的两极板带上等量异种电荷的过程, 如图甲。



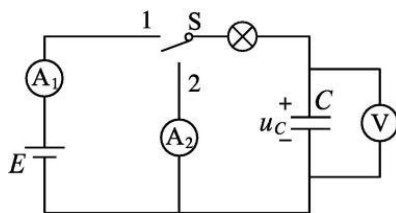
(2) 电容器放电: 用导线将充好电的电容器的两极板相连, 使两极板的异种电荷中和的过程, 如图乙。

(3) 电容器充放电时的能量转化: 充电后, 电容器储存了电能。放电时, 储存的电能释放出来, 转化为其他形式的能。

2. 实验操作

(1) 电容器的充电: 开关 S 合向 1, 电容器充电。

现象:



① 白炽灯开始较亮, 逐步变暗。

② A_1 的读数由大变小。

③ V 的读数变大。

④ 最后 A_1 的大小等于 0, V 的大小等于电源电压。

⑤ 解释: 电源正极向极板供给正电荷, 负极向极板供给负电荷。电荷在电路中定向移动形成电流, 两极板间有电压。S 刚合上时, 电源与电容器之间存在较大的电压, 使大量电荷从电源移向电容器极板, 产生较大电流, 随着极板电荷的增加, 极板间电压增大, 电流减小。当电容器两极板间电压等于电源电压时, 电荷不再定向移动, 电流为 0, 灯不亮。

(2) 电容器的放电: 开关 S 合向 2, 电容放电。

现象: (公众号: 屋里学家 独家整理)

① 开始灯较亮, 逐渐变暗, 直至熄灭。

② A_2 开始较大, 逐渐变小, 电流方向与充电方向相反, 直至指示为 0。

③ 开始 V 指示为电源电压, 逐渐减小, 直至为 0。

④解释:放电过程中,由于电容器两极板间的电压使回路中有电流产生。开始这个电压较大,因此电流较大,随着电容器极板上的正、负电荷的中和,极板间的电压逐渐减小,电流也减小,最后放电结束,极板间不存在电压,电流为 0。

⑤结论:当电容器极板上所储存的电荷量发生变化时,电路中就有电流流过;若电容器极板上所储存的电荷量恒定不变时,则电路中就没有电流流过。

3.分析与论证

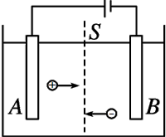
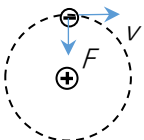
当电容器极板上所储存的电荷发生变化时,电路中就有电流流过;若电容器极板上所储存的电荷量恒定不变时,则电路中就没有电流流过。电路中的平均电流为 $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ 。

专题 07 电流的计算、电阻定律、欧姆定律与伏安特性曲线、电功与焦耳定律

考点 1: 电流的计算

	公式	公式含义
定义式	$I = \frac{q}{t}$	$\frac{q}{t}$ 反映了 I 的大小, 但不能说 $I \propto q$, $I \propto \frac{1}{t}$
微观式	$I = nqSv$	从微观上看 n 、 q 、 S 、 v 决定了 I 的大小
决定式	$I = \frac{U}{R}$	I 由 U 、 R 决定, $I \propto U$ $I \propto \frac{1}{R}$

注意:

电解液导电		异种电荷反向通过某截面, $q = q_1 + q_2 $
电子绕核旋转等效电流		$I = \frac{e}{T}$, T 为周期, $\frac{kQq}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$

考点 2: 电阻定律

公式	决定式	定义式
	$R = \rho \frac{l}{S}$	$R = \frac{U}{I}$
区别	指明了电阻的决定因素	提供了一种测定电阻的方法, 电阻与 U 和 I 无关
	适用于粗细均匀的金属导体和分布均匀的导电介质	适用于任何纯电阻导体
相同点	都不能反映电阻的实质(要用微观理论解释)	

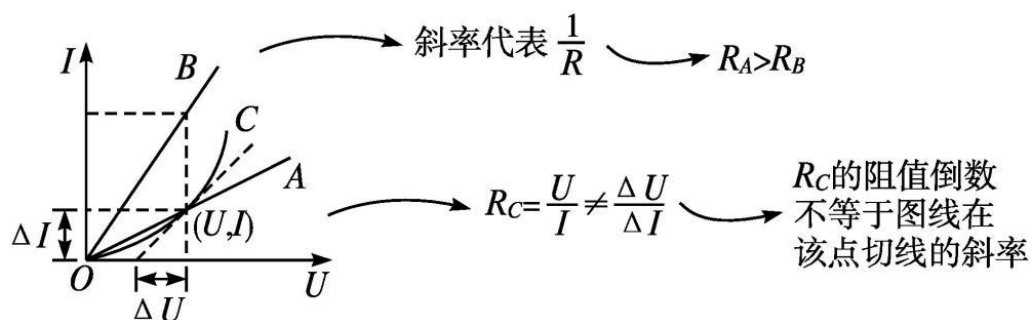
考点 3: 欧姆定律与伏安特性曲线

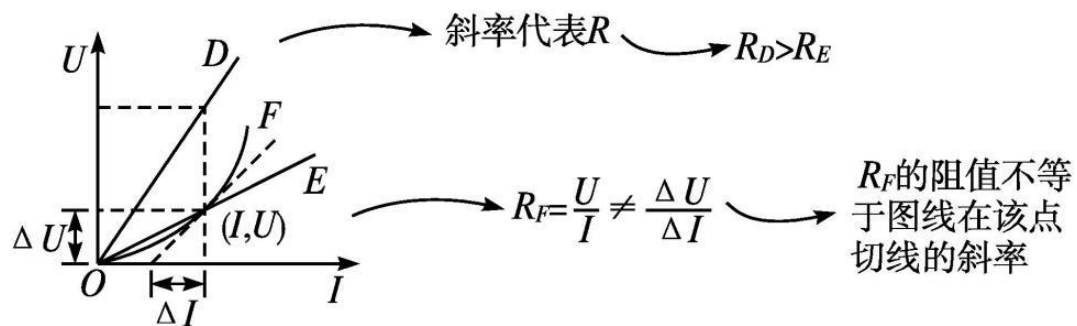
1. 欧姆定律的“二同”

(1) 同体性: 指 I 、 U 、 R 三个物理量必须对应同一段电路或同一段导体。

(2) 同时性: 指 U 和 I 必须是导体上同一时刻的电压和电流。

2. I - U 图像与 U - I 图像





一、电功与焦耳定律

1. 纯电阻电路与非纯电阻电路的比较

	纯电阻电路	非纯电阻电路
实例	白炽灯、电炉、电饭锅、电热毯、电熨斗等	工作中的电动机、电解槽、日光灯等
能量转化	电路中消耗的电能全部转化为内能 $W=Q$	电路中消耗的电能除转化为内能外，还转化为其他形式的能 $W>Q$ （公众号：屋里学家 独家整理）
电功的计算	$W=UIt=\frac{U^2}{R}t$	$W=UIt$
电热的计算	$Q=UIt=\frac{U^2}{R}t$	$Q=I^2Rt$
电功率的计算	$P=UI=I^2R=\frac{U^2}{R}$	$P=UI$
电热功率的计算	$P_{\text{热}}=UI=I^2R=\frac{U^2}{R}$	$P_{\text{热}}=I^2R$

注意：在非纯电阻电路中， $\frac{U^2}{R}t$ 既不能表示电功，也不能表示电热； $\frac{U^2}{R}$ 既不能表示电功率，也不能表示电热功率。

(因为欧姆定律不成立)

2. 电动机(或电解槽)的功率关系

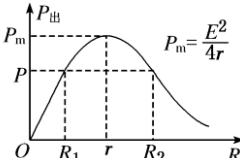
$P_{\text{入}}=P_{\text{出}}+P_{\text{热}}$ 或 $IU=P_{\text{出}}+I^2r$ 。[r 为电动机线圈(或电解液)的电阻]

注意：电动机在通电但是卡住不转动时相当于纯电阻电路。

专题 08 闭合电路的功率问题、电路动态分析、含容电路、故障分析

考点 1：闭合电路的功率问题

1. 闭合电路的功率和效率

电源总功率	任意电路： $P_{\text{总}} = EI = P_{\text{出}} + P_{\text{内}}$
	纯电阻电路： $P_{\text{总}} = I^2(R+r) = \frac{E^2}{R+r}$
电源内部消耗的功率	$P_{\text{内}} = I^2r = P_{\text{总}} - P_{\text{出}}$
电源的输出功率	任意电路： $P_{\text{出}} = UI = P_{\text{总}} - P_{\text{内}}$
	纯电阻电路： $P_{\text{出}} = I^2R = \frac{E^2R}{(R+r)^2}$
$P_{\text{出}}$ 与外电阻 R 的关系	
电源的效率	任意电路： $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{U}{E} \times 100\%$
	纯电阻电路： $\eta = \frac{R}{R+r} \times 100\%$

2. 输出功率与外电阻的关系（公众号：屋里学家 独家整理）

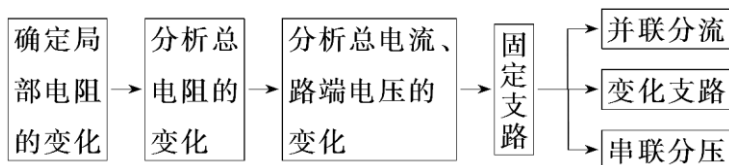
由 $P_{\text{出}}$ 与外电阻 R 的关系图像可知：

- (1) 当 $R=r$ 时，电源的输出功率最大为 $P_m = \frac{E^2}{4r}$ 。
- (2) 当 $R>r$ 时，随着 R 的增大输出功率越来越小。
- (3) 当 $R<r$ 时，随着 R 的增大输出功率越来越大。
- (4) 当 $P_{\text{出}} < P_m$ 时，每个输出功率对应两个外电阻 R_1 和 R_2 ，且 $R_1R_2 = r^2$ 。

考点 2：电路动态分析

常规电路动态分析的三种方法

1. 程序法



2. 结论法

用口诀表述为“串反并同”：

- (1) 所谓“串反”，即某一电阻增大时，与它串联或间接串联的电阻中的电流、两端电压、消耗的电功率都将减小，反之则增大。

(2)所谓“并同”，即某一电阻增大时，与它并联或间接并联的电阻中的电流、两端电压、消耗的电功率都将增大，反之则减小。

3. 极限法

因滑动变阻器滑片滑动引起电路变化的问题，可将滑动变阻器的滑片分别滑至两个极端，让电阻最大或电阻为零进行讨论。

考点 3：含容电路

含电容器电路的分析是一个难点,电路中出现电容器，学生往往难以确定电容器与电路的串、并联关系及电压关系等，给分析解决问题带来很大的障碍。

- 1.电路的简化：不分析电容器的充、放电过程时，把电容器所在的电路视为断路，简化电路时可以去掉，求电荷量时再在相应位置补上。
- 2.电路稳定时电容器的处理方法：电路稳定后，与电容器串联的电路中没有电流，同支路的电阻相当于导线，,即电阻不起降低电压的作用，电容器两端的电压与其并联用电器两端电压相等。
- 3.电压变化带来的电容器变化：电路中电流、电压的变化可能会引起电容器的充、放电。若电容器两端电压升高,电容器将充电；若电容器两端电压降低，电容器将通过与它连接的电路放电，可由 $\Delta Q=C\cdot\Delta U$ 计算电容器上电荷量的变化量。
- 4.含容电路动态分析的三个步骤：

第一步	理清电路的串、并联关系
第二步	确定电容器两极板间的电压。在电容器充电和放电的过程中，欧姆定律等电路规律不适用，但对于充电或放电完毕的电路，电容器的存在与否不再影响原电路，电容器接在某一支路两端，可根据欧姆定律及串、并联规律求解该支路两端的电压 U （公众号：屋里学家 独家整理）
第三步	分析电容器所带的电荷量。针对某一状态，根据 $Q=CU$ ，由电容器两端的电压 U 求电容器所带的电荷量 Q ，由电路规律分析两极板电势的高低，高电势板带正电，低电势板带负电

考点 4：故障分析

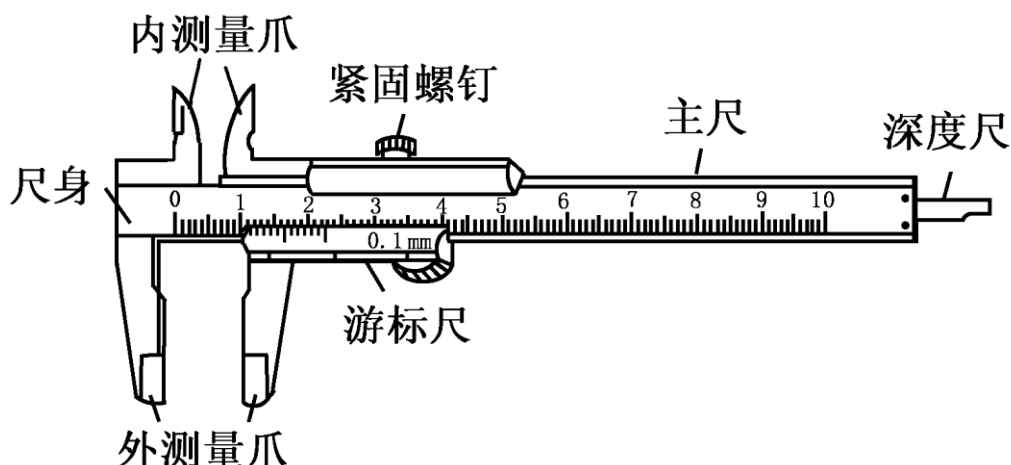
- 1. 电路故障一般是短路或断路，其特点如下：
 - (1)短路状态的特点：有电流通过电路而两端电压为零。
 - (2)断路状态的特点：电源路端电压不为零而电流为零。

2. 利用电流表、电压表判断电路故障的方法

常见故障	故障解读	原因分析
Ⓐ正常 Ⓥ无示数	“电流表示数正常”表明电流表所在电路为通路，“电压表无示数”表明无电流通过电压表	故障原因可能是： a. 电压表损坏； b. 电压表接触不良； c. 与电压表并联的用电器短路

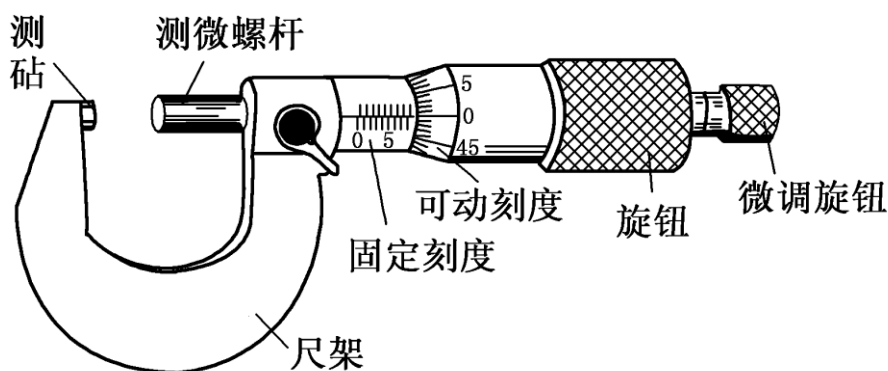
Ⓥ正常 Ⓐ无示数	“电压表有示数”表明电压表有电流通过， “电流表无示数”说明没有或几乎没有电流流过电流表	故障原因可能是： a. 电流表短路； b. 和电压表并联的用电器断路
ⒶⓋ均无示数	“两表均无示数”表明无电流通过两表	除了两表同时被短路外，可能是干路断路导致无电流

考点 1：游标卡尺的使用



1. 原理：利用主尺的最小分度与游标尺的最小分度的差值制成。不管游标尺上有多少个小等分刻度，它的刻度部分的总长度比主尺上的同样多的小等分刻度少 1 mm。
2. 精度：对应关系为 10 分度 0.1 mm，20 分度 0.05 mm，50 分度 0.02 mm。
3. 读数：若用 x 表示由主尺上读出的整毫米数， K 表示从游标尺上读出与主尺上某一刻线对齐的游标刻线的格数，则记录结果表达为 $(x + K \times \text{精度})\text{mm}$ 。

考点 2：螺旋测微器的使用



1. 原理：测微螺杆与固定刻度之间的精密螺纹的螺距为 0.5 mm，即旋钮每旋转一周，测微螺杆前进或后退 0.5 mm，而可动刻度上的刻度为 50 等份，每转动一小格，测微螺杆前进或后退 0.01 mm，即螺旋测微器的精确度为 0.01 mm。读数时估读到毫米的千分位上，因此，螺旋测微器又叫千分尺。
2. 读数：测量值(mm)=固定刻度数(mm)(注意半毫米刻度线是否露出)+可动刻度数(估读一位) $\times 0.01(\text{mm})$ 。

考点 3：常用电表的读数

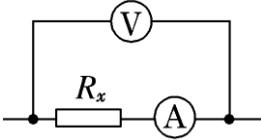
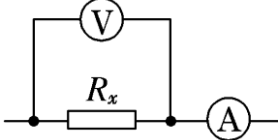
对于电压表和电流表的读数问题,首先要弄清电表量程,即电表两接线柱间允许加的最大电压或电表允许通过的最大电流,然后根据表盘总的刻度数确定精确度,按照指针的实际位置进行读数。

(1)0~3 V 的电压表和 0~3 A 的电流表的读数方法相同,此量程下的精确度分别是 0.1 V 和 0.1 A,看清楚指针的实际位置,读到小数点后面两位。

- (2)对于 0~15 V 量程的电压表,精确度是 0.5 V,在读数时只要求读到小数点后面一位,这时要求“ $\frac{1}{5}$ 格估读”。
- (3)对于 0~0.6 A 量程的电流表,精确度是 0.02 A,在读数时只要求读到小数点后面两位,这时要求“半格估读”。

考点 4：内外接法测电阻

(一)两种接法的比较

	内接法	外接法
电路图		
误差原因	电流表分压 $U_{\text{测}} = U_x + U_A$	电压表分流 $I_{\text{测}} = I_x + I_V$
电阻测量值	$R_{\text{测}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} = R_x + R_A > R_x$, 测量值大于真实值	$R_{\text{测}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V} < R_x$, 测量值小于真实值

(二)两种接法的选择

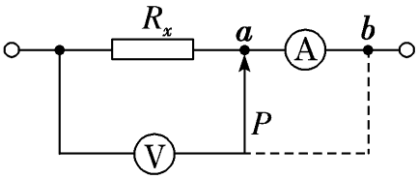
1. 阻值比较法

先将待测电阻的估计值与电压表、电流表内阻进行比较，若 R_x 较小，宜采用电流表外接法；若 R_x 较大，宜采用电流表内接法。简单概括为“大内偏大，小外偏小”。

2. 临界值计算法

- ① $R_x < \sqrt{R_V R_A}$ 时，用电流表外接法。
- ② $R_x > \sqrt{R_V R_A}$ 时，用电流表内接法。

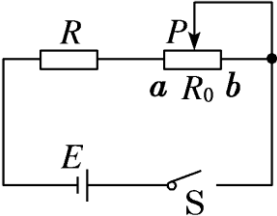
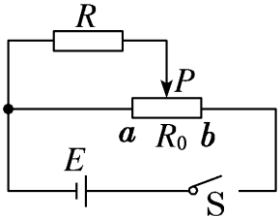
3. 实验试探法



按如图所示接好电路，让电压表一根接线柱 P 先后与 a 、 b 处接触一下，如果电压表的示数有较大的变化，而电流表的示数变化不大，则应采用电流表外接法；如果电流表的示数有较大的变化，而电压表的示数变化不大，则应采用电流表内接法。（公众号：屋里学家 独家整理）

考点 5：滑动变阻器的两种接法

1. 两种接法的比较

	限流接法	分压接法
两种接法电路图		

负载 R 上电压调节范围	$\frac{RE}{R+R_0} \leq U \leq E$	$0 \leq U \leq E$
负载 R 上电流调节范围	$\frac{E}{R+R_0} \leq I \leq \frac{E}{R}$	$0 \leq I \leq \frac{E}{R}$
闭合 S 前触头位置	b 端	a 端

2.两种接法的选择

①要求待测电阻两端的电压从零开始变化，或精确性要求较高时	采用分压接法
②滑动变阻器的最大阻值远小于待测电阻或串联的其他电阻的阻值时	
③题设条件中所提供的电表量程或电阻的最大允许电流不够时	
①待测电阻接近或略小于滑动变阻器的最大阻值时	采用限流接法
②电源的放电电流或滑动变阻器的额定电流太小，不能满足分压接法的要求时	
③没有很高的精确性要求，考虑安装简捷和节能因素时	

考点 6：电表的改装

	改装成电压表	改装成电流表
内部电路		
改装原理	串联大电阻分压	并联小电阻分流
改装后的量程	$U=I_g(R_g+R)$	$I=\frac{R+R_g}{R}I_g$
量程扩大的倍数	$n=1+\frac{R}{R_g}$	$n=1+\frac{R_g}{R}$
接入电阻的阻值	$R=(n-1)R_g$	$R=\frac{R_g}{n-1}$
改装后的总内阻	$R_V=nR_g$	$R_A=\frac{R_g}{n}$
校准电路		

专题 10 测量金属的电阻率

考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

(一) 实验目的

1. 掌握刻度尺、螺旋测微器及游标卡尺的原理及读数方法。
2. 掌握电流表、电压表和滑动变阻器的使用方法及电流表和电压表的读数方法。
3. 会用伏安法测电阻,进一步测定金属丝的电阻率。

(二) 实验思路

根据电阻定律公式知道只要测出金属丝的长度和它的直径 d , 计算出横截面积 S , 并用伏安法测出电阻 R_x , 即可计算出金属丝的电阻率。

(三) 实验器材

被测金属丝, 直流电源, 电流表, 电压表, 滑动变阻器, 开关, 导线若干, 螺旋测微器, 毫米刻度尺。

(四) 进行实验

1. 用螺旋测微器在被测金属丝上的三个不同位置各测一次直径, 求出其平均值 d 。
2. 连接好用伏安法测电阻的实验电路。
3. 用毫米刻度尺测量接入电路中的被测金属丝的有效长度, 反复测量三次, 求出其平均值 l 。
4. 把滑动变阻器的滑片调节到使接入电路中的电阻值最大的位置。
5. 闭合开关, 改变滑动变阻器滑片的位置, 读出几组相应的电流表、电压表的示数 I 和 U 的值, 填入记录表格内。

(五) 数据处理

1. 在求 R_x 的平均值时可用两种方法

(1) 用 $R_x = \frac{U}{I}$ 分别算出各次的数值, 再取平均值。

(2) 用 $U-I$ 图线的斜率求出。

2. 计算电阻率

将记录的数据 R_x 、 l 、 d 的值代入电阻率计算式 $\rho = R_x \frac{S}{l} = \frac{\pi d^2 R_x}{4l}$ 。

(六) 误差分析

1. 若为内接法, 电流表分压。
2. 若为外接法, 电压表分流。
3. 长度和直径的测量。

(七) 注意事项

1. 先测直径, 再连电路: 为了方便, 测量直径应在金属丝连入电路之前测量。
2. 电流表外接法: 本实验中被测金属丝的阻值较小, 故采用电流表外接法。
3. 电流控制: 电流不宜过大, 通电时间不宜过长, 以免金属丝温度过高, 导致电阻率在实验过程中变大。

专题 11 测量电源的电动势和内阻

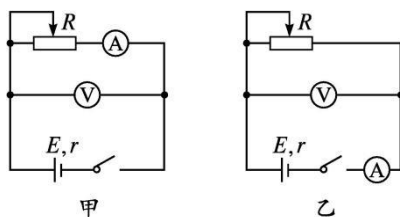
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

(一) 实验目的

1. 测量电源的电动势和内阻。
2. 加深对闭合电路欧姆定律的理解。

(二) 实验思路

如图甲或图乙所示,改变 R 的阻值,从电压表和电流表中读出几组 U 、 I 值,利用闭合电路的欧姆定律求 E 、 r 值。



(三) 实验器材

电池、电压表、电流表、滑动变阻器、开关、导线、坐标纸、铅笔和刻度尺。

(四) 进行实验

1. 按实验电路图连接电路。
2. 把变阻器的滑片移动到使接入电路阻值最大的一端。
3. 闭合开关,调节变阻器,记录几组 I 、 U 值,填入表格中。
4. 断开开关,拆除电路,整理好器材。

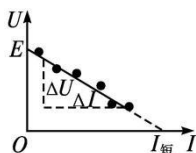
(五) 数据处理

方法一:列方程组求解电动势和内阻的大小

$$(1) \begin{cases} U_1 = E - I_1 r \\ U_4 = E - I_4 r \end{cases}; (2) \begin{cases} U_2 = E - I_2 r \\ U_5 = E - I_5 r \end{cases}; (3) \begin{cases} U_3 = E - I_3 r \\ U_6 = E - I_6 r \end{cases}$$

根据以上三组方程分别求出 E 、 r ,再取其平均值作为电源的电动势 E 和内阻 r 。

方法二:用作图法处理数据,如图所示。



(1) 图线与纵轴交点为 E ;

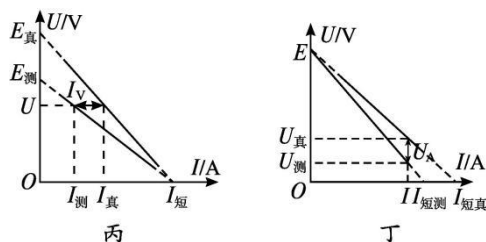
(2) 图线的斜率的绝对值表示 $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right|$ 。

(六) 误差分析

1. 由于读数不准和电表线性不良引起误差。
2. 用图像法求 E 和 r 时,由于作图不准确造成误差。
3. 实验时通电时间过长或电流过大,都会引起 E 、 r 变化。

4.若采用图甲电路,由于电压表的分流作用造成误差,电压值越大,电压表的分流越多,对应的 $I_{\text{真}}$ 与 $I_{\text{测}}$ 的差值越大。其

$U-I$ 图像如图丙所示。结论: $E_{\text{测}} < E_{\text{真}}, r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$ 。



5.若采用图乙电路,由于电流表的分压作用造成误差,电流值越大,电流表的分压越多,对应的 $U_{\text{真}}$ 与 $U_{\text{测}}$ 的差值越大。

其 $U-I$ 图像如图丁所示。结论: $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}, r_{\text{测}} > r_{\text{真}}$ 。

(七) 注意事项

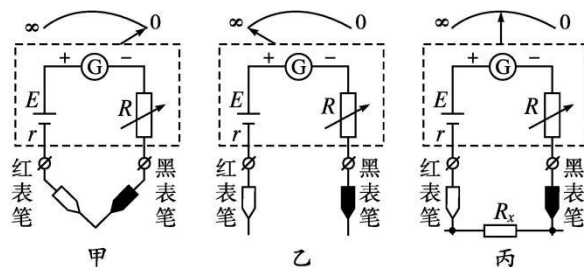
- 1.为了使电池的路端电压变化明显,应选内阻大些的电池(选用已使用过一段时间的干电池)。
- 2.在实验中不要将 I 调得过大,每次读完 U 和 I 的数据后应立即断开电源,以免干电池的 E 和 r 明显变化。
- 3.要测出多组(I, U)数据,且变化范围要大些。
- 4.画 $U-I$ 图线时,纵轴的刻度可以不从零开始,而是根据测得的数据从某一恰当值开始(横坐标 I 必须从零开始)。但这时图线与横轴交点的横坐标值不再是短路电流,而图线与纵轴交点的纵坐标值仍为电源电动势,图线斜率的绝对值仍为内阻。

专题 12 用多用电表测量电学中的物理量

考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理

(一) 欧姆表原理

1. 构造: 欧姆表由电流表 G 、电池、调零电阻 R 和红、黑表笔组成。



欧姆表内部: 电流表、电池、调零电阻串联。

外部: 接被测电阻 R_x 。

2. 工作原理: 闭合电路欧姆定律, $I = \frac{E}{R_g + R + r + R_x}$ 。

3. 刻度的标定: 红、黑表笔短接(被测电阻 $R_x = 0$)时, 调节调零电阻 R , 使 $I = I_g$, 电流表的指针达到满偏, 这一过程叫欧姆调零。

(1) 当 $I = I_g$ 时, $R_x = 0$, 在满偏电流 I_g 处标为“0”。(图甲)

(2) 当 $I = 0$ 时, $R_x \rightarrow \infty$, 在 $I = 0$ 处标为“ ∞ ”。(图乙)

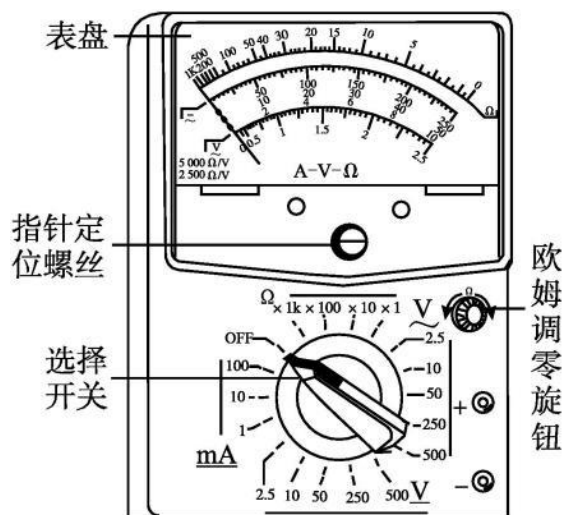
(3) 当 $I = \frac{I_g}{2}$ 时, $R_x = R_g + R + r$, 此电阻值等于欧姆表的内阻值, R_x 叫中值电阻。

(二) 多用电表

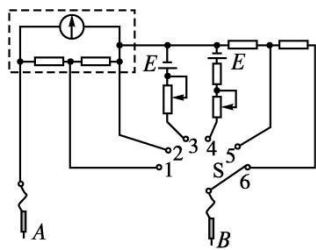
1. 多用电表可以用来测量电流、电压、电阻等, 并且每一种测量都有几个量程。

2. 外形如图所示: 上半部为表盘, 表盘上有电流、电压、电阻等多种量程的刻度; 下半部为选择开关, 它的四周刻有各种测量项目和量程。

3. 多用电表面板上还有: 欧姆表的欧姆调零旋钮(使电表指针指在右端零欧姆处)、指针定位螺丝(使电表指针指在左端的“0”位置)、表笔的正、负插孔(红表笔插入“+”插孔, 黑表笔插入“-”插孔)。



4.原理图:



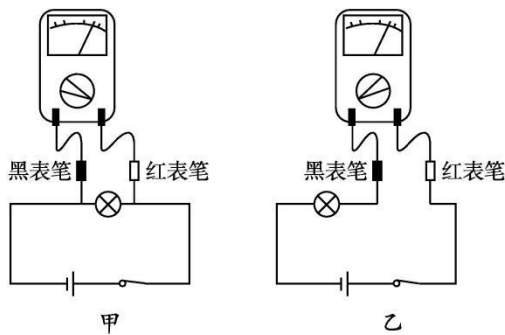
（三）多用电表使用

实验器材:

多用电表、电学黑箱、直流电源、开关、导线若干、小电珠、二极管、定值电阻(大、中、小)三个。

进行实验:

- 1.机械调零:多用电表的指针若不指零,则可用小螺丝刀进行机械调零。
- 2.将红、黑表笔分别插入“+”“-”插孔。
- 3.测量小电珠的电压和电流。
 - (1)按如图甲所示连好电路,将多用电表选择开关置于直流电压挡,测小电珠两端的电压。
 - (2)按如图乙所示连好电路,将选择开关置于直流电流挡,测量通过小电珠的电流。



4.用多用电表测电阻

- (1)调整定位螺丝,使指针指向电流的零刻度,插入表笔。
 - (2)选择开关置于“Ω”挡的×1 挡,短接红、黑表笔,调节欧姆调零旋钮,使指针指到“0”欧姆位置,然后断开表笔。
 - (3)将两表笔分别接触阻值为几十欧的定值电阻两端,读出指示的电阻值,然后断开表笔,再与标定值进行比较。
 - (4)选择开关改置于×100 挡,重新进行欧姆调零。
 - (5)再将两表笔分别接触标定值为几千欧的电阻两端,读出指示的电阻值,然后断开表笔,与标定值进行比较。
 - (6)测量完毕,将表笔从插孔中拔出,并将选择开关置于交流电压最高挡或“OFF”挡。
- 5.研究二极管的单向导电性,利用多用电表的欧姆挡测二极管两个引线间的电阻,确定正负极。
- 6.探索黑箱内的电学元件。

判断目的	应用挡位	现 象
电源	电压挡	两接线柱正、反接时均无示数,说明无电源
电阻	欧姆挡	两接线柱正、反接时示数相同

二极管	欧姆挡	正接时示数很小,反接时示数很大
电容器	欧姆挡	指针先指“0”后逐渐增大到“ ∞ ”,且越来越慢
电感线圈	欧姆挡	示数由“ ∞ ”逐渐减小到某一较小固定示数

注意事项:

- 1.红表笔插入“+”孔,黑表笔插入“-”孔。
- 2.区分“两个零点”:机械零点是表盘刻度左侧的“0”位置,调整的是表盘下边中间的定位螺丝;欧姆零点是指刻度盘右侧的“0”位置,调整的是欧姆挡的调零旋钮。
- 3.测电阻时:
 - (1)待测电阻与电源一定要断开。
 - (2)两手一定不要同时接触两表笔金属杆。
 - (3)指针指中值附近较准,否则换挡。
 - (4)每换一档必须重新欧姆调零。
 - (5)读出示数要乘以倍率。
- 4.使用完毕,选择开关要置于“OFF”挡或交流电压最高挡,长期不用应取出电池。

专题 13 测量电阻常用的六种方法

考点 1：伏安法测电阻

- 1.伏安法测电阻的原理: $R=\frac{U}{I}$ 。
- 2.两种控制电路和两种测量电路

接法	分压电路	限流电路
内接法		
外接法		

考点 2：伏伏法测电阻

已知内阻的电压表可当作电流表使用,在缺少合适的电流表的情况下，常用电压表并联小电阻来代替电流表。

考点 3：安安法测电阻

已知内阻的电流表可当作电压表使用，在缺少合适的电压表的情况下,常用电流表串联大电阻来代替电压表。

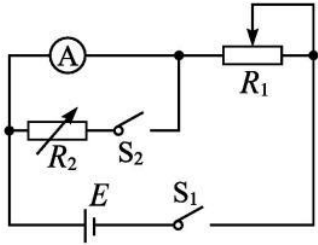
考点 4：半偏法测电表内阻

电表接入电路中时,可以显示对应测量量的读数,因此我们便可以利用它自身读数的变化(如半偏)巧妙地测量出它的内阻。半偏法测电表内阻有以下两种设置方法。

1.电流表半偏法

(1)实验步骤

- ①按如图所示的电路图连接实验电路。



- ②断开 S_2 ,闭合 S_1 ,调节 R_1 ,使电流表读数等于其满偏电流 I_m 。
- ③保持 R_1 不变,闭合 S_2 ,调节 R_2 ,使电流表读数等于 $\frac{1}{2}I_m$,然后读出 R_2 的值,若满足 $R_1 \gg R_A$,则可认为 $R_A=R_2$ 。

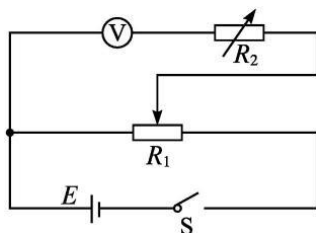
(2)误差分析

当闭合 S_2 时,总电阻减小,总电流增大,大于原电流表的满偏电流,而此时电流表半偏,所以流经 R_2 的电流比电流表所在支路的电流大, R_2 的电阻比电流表的电阻小,而我们把 R_2 的读数当成电流表的内阻,故测得的电流表的内阻偏小。

2. 电压表半偏法

(1) 实验步骤

①按如图所示的电路图连接实验电路。



②将 R_2 的值调为零,闭合 S,调节 R_1 的滑动触头,使电压表读数等于其满偏电压 U_m 。

③保持 R_1 的滑动触头不动,调节 R_2 ,使电压表读数等于 $\frac{1}{2}U_m$,然后读出 R_2 的值,若 $R_1 \ll R_V$,则可认为 $R_V = R_2$ 。

(2) 误差分析

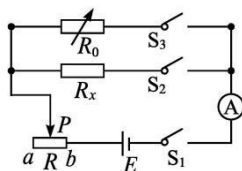
当 R_2 的值由零逐渐增大时, R_2 与电压表两端的电压也将逐渐增大,因此电压表读数等于 $\frac{1}{2}U_m$ 时, R_2 两端的电压将大于 $\frac{1}{2}U_m$,则 $R_2 > R_V$,从而造成 R_V 的测量值偏大。显然电压表半偏法适于测量内阻较大的电压表的电阻。

考点 5: 等效替代法测电阻

等效替代法可以很精确(测量原理上不存在误差)地将一个未知电阻的阻值测量出来,主要有以下两种设置方法。

1. 电流等效替代

(1)按如图电路图连接好电路,并将电阻箱 R_0 的阻值调至最大,滑动变阻器的滑片 P 置于 a 端。



(2)闭合开关 S_1 、 S_2 ,调节滑片 P ,使电流表指针指在适当的位置,记下此时电流表的示数 I 。

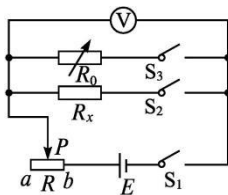
(3)断开开关 S_2 ,再闭合开关 S_3 ,保持滑动变阻器滑片 P 位置不变,调节电阻箱,使电流表的示数仍为 I 。

(4)此时电阻箱连入电路的阻值 R_0 与未知电阻 R_x 的阻值等效,即 $R_x = R_0$ 。

2. 电压等效替代

该方法的实验步骤如下:

(1)按如图电路图连好电路,并将电阻箱 R_0 的阻值调至最大,滑动变阻器的滑片 P 置于 a 端。



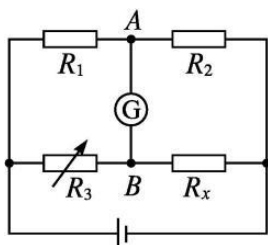
(2)闭合开关 S_1 、 S_2 ,调节滑片 P ,使电压表指针指在适当的位置,记下此时电压表的示数 U 。

(3)断开开关 S_2 ,再闭合开关 S_3 ,保持滑动变阻器滑片 P 位置不变,调节电阻箱,使电压表的示数仍为 U 。

(4)此时电阻箱连入电路的阻值 R_0 与未知电阻 R_x 的阻值等效,即 $R_x = R_0$ 。

考点 6: 电桥测电阻

在电阻的测量方法中,有一种很独特的测量方法——电桥法。其测量电路如图所示,实验中调节电阻箱 R_3 ,当Ⓖ的示数为 0 即 A 、 B 两点的电势相等时, R_1 和 R_3 两端的电压相等,设为 U_1 ,同时 R_2 和 R_x 两端的电压也相等,设为 U_2 。根据欧姆定律有: $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}, \frac{U_1}{R_3} = \frac{U_2}{R_x}$,由以上两式解得: $R_1 \cdot R_x = R_2 \cdot R_3$ 。这就是电桥平衡的条件,由该平衡条件可求出被测电阻 R_x 的阻值。



2025 版高二物理考点总结（选修一）

目录

专题 01 动量 冲量和动量定理	2
考点 1: 动量、动量变化量和冲量	2
考点 2: 动量定理	2
考点 3: 用动量定理解决流体类和微粒类“柱状模型”问题	3
专题 02 动量守恒定律、在碰撞问题中应用动量守恒定律	4
考点 1: 动量守恒定律内容、条件、四性	4
考点 2: 弹性碰撞	4
考点 3: 非弹性碰撞和完全非弹性碰撞	5
考点 4: 类碰撞模型	5
专题 03 在四种常见模型中应用动量守恒定律	7
考点 1: 人船模型和类人船模型	7
考点 2: 反冲和爆炸模型	7
考点 3: 弹簧模型	8
考点 4: 板块模型	9
专题 04 验证动量守恒定律	9
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	9
专题 05 机械振动	10
考点 1: 简谐运动的基本规律	10
考点 2: 简谐运动的图像	10
考点 3: 单摆模型	11
考点 4: 受迫振动和共振	11
专题 06 用单摆测定重力加速度	12
考点 1: 教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理	12
专题 07 机械波	13
考点 1: 机械波的传播和波的图像	13
考点 2: 波的图像与振动图像	14
考点 3: 波的多解问题	14
考点 4: 波的干涉	15
考点 5: 波的衍射	15
考点 6: 多普勒效应	15
专题 08 光的折射和全反射	16
考点 1: 光的折射定律及折射率	16
考点 2: 光的全反射	16
考点 3: 光的色散	16
专题 09 光的干涉、衍射和偏振	18
考点 1: 光的干涉	18
考点 2: 光的衍射	19
考点 3: 光的偏振	19
专题 10 测定玻璃的折射率、用双缝干涉测光的波长	20
考点 1: 测定玻璃的折射率	20
考点 2: 用双缝干涉测光的波长	20

专题 01 动量 冲量和动量定理

考点 1：动量、动量变化量和冲量

1. 动能、动量、动量变化量的比较

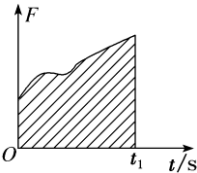
	动能	动量	动量变化量
定义	物体由于运动而具有的能量	物体的质量和速度的乘积	物体末动量与初动量的矢量差
定义式	$E_k=\frac{1}{2}mv^2$	$p=mv$	$\Delta p=p'-p$
标矢性	标量	矢量	矢量
特点	状态量	状态量	过程量
关联方程	$E_k=\frac{p^2}{2m}, E_k=\frac{1}{2}pv, p=\sqrt{2mE_k}, p=\frac{2E_k}{v}$		
联系	(1)都是相对量，与参考系的选取有关，通常选取地面为参考系 (2)若物体的动能发生变化，则动量一定也发生变化；但动量发生变化时动能不一定发生变化		

2. 冲量的计算

(1)恒力的冲量：直接用定义式 $I=Ft$ 计算。

(2)变力的冲量

①方向不变的变力的冲量，若力的大小随时间均匀变化，即力为时间的一次函数，则力 F 在某段时间 t 内的冲量 $I=\frac{F_1+F_2}{2}t$ ，其中 $F_1、F_2$ 为该段时间内初、末两时刻力的大小。



②作出 $F-t$ 变化图线，图线与 t 轴所夹的面积即为变力的冲量。如图所示。

③对于易确定始、末时刻动量的情况，可用动量定理求解，即通过求 Δp 间接求出冲量。

考点 2：动量定理

1.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 $F\cdot\Delta t=\Delta p$ 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特别注意冲量、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。

2.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。

3.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 3：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(公众号：屋里学家 独家整理)

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

专题 02 动量守恒定律、在碰撞问题中应用动量守恒定律

考点 1: 动量守恒定律内容、条件、四性

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)表达式: $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$ 。

(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。

2. 动量守恒定律的“四性”

(1)矢量性: 表达式中初、末动量都是矢量, 需要首先选取正方向, 分清各物体初末动量的正、负。

(2)瞬时性: 动量是状态量, 动量守恒指对应每一时刻的总动量都和初时刻的总动量相等。

(3)同一性: 速度的大小跟参考系的选取有关, 应用动量守恒定律时, 各物体的速度必须是相对同一参考系的速度。一般选地面为参考系。

(4)普适性: 动量守恒定律不仅适用于两个物体所组成的系统, 也适用于多个物体组成的系统; 不仅适用于宏观物体组成的系统, 也适用于微观粒子组成的系统。

考点 2: 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:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2' \quad (1) \quad \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2 \quad (2)$$

联立 (1)、(2) 解得:

$$v_1' = 2 \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} - v_1, \quad v_2' = 2 \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} - v_2.$$



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 $m_1v_1=m_1v_1'+m_2v_2'$ (1) $\frac{1}{2}m_1v_1^2=\frac{1}{2}m_1v_1'^2+\frac{1}{2}m_2v_2'^2$ (2)

解得： $v_1'=\frac{(m_1-m_2)}{m_1+m_2}v_1$, $v_2'=\frac{2m_1v_1}{m_1+m_2}$

- 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)

考点 3：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： $m_1v_1+m_2v_2=m_1v_1'+m_2v_2'$ (1)
 损失动能 ΔE_k . 根据机械能守恒定律可得： $\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2=\frac{1}{2}m_1v_1'^2+\frac{1}{2}m_2v_2'^2+\Delta E_k$. (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：

$$m_1v_1+m_2v_2=(m_1+m_2)v_{共} \tag{1}$$

完全非弹性碰撞系统损失的动能最多， 损失动能：

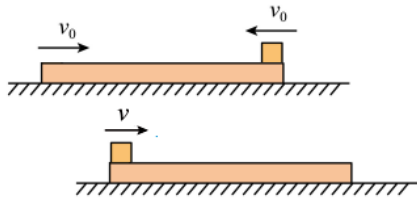
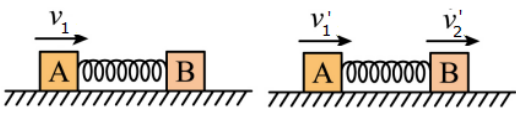
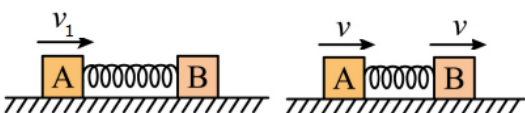
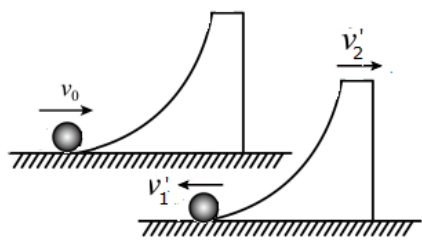
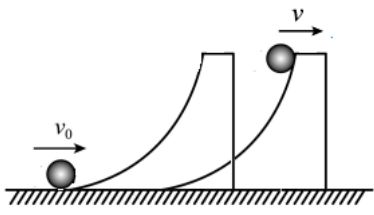
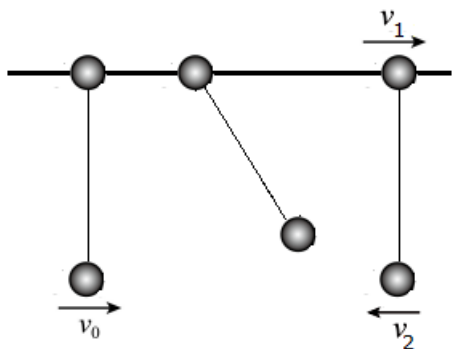
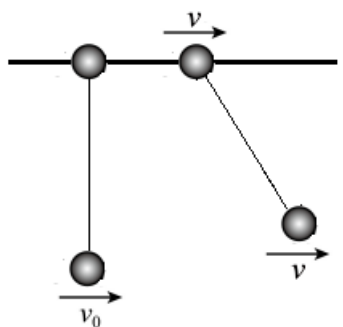
$$\Delta E_k=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2-\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_{共}^2 \tag{2}$$

联立（1）、（2）解得： $v_{共}=\frac{m_1v_1+m_2v_2}{m_1+m_2}$; $\Delta E_k=\frac{1}{2}\frac{m_1m_2}{m_1+m_2}(v_1-v_2)^2$



考点 4：类碰撞模型

	类 “完全弹性碰撞”	类 “完全非弹性碰撞”
子弹打木块模型	(公众号：屋里学家 独家整理)	
板块模型	(公众号：屋里学家 独家整理)	

		 物块先向左速度减为零，后向右加速最后和板共速。
弹簧模型	 弹簧恢复原长  弹簧压缩到最短共速	
弧形槽模型	 	
摆球模型	 	

专题 03 在四种常见模型中应用动量守恒定律

考点 1: 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。

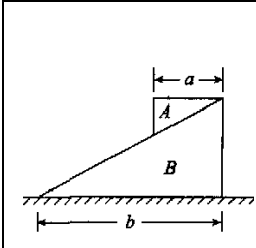
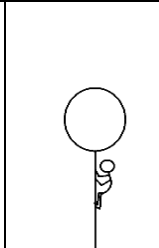
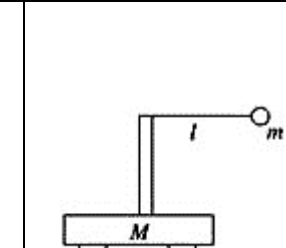
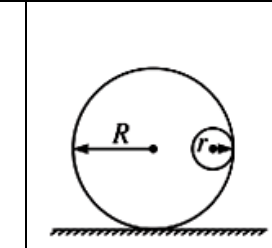
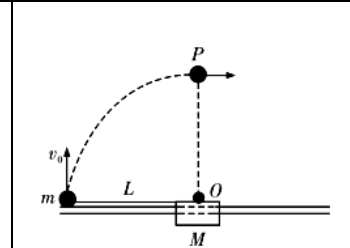
2. 常用结论

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 $x_{\text{船}} + x_{\text{人}} = L$ ，

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

3. 类人船模型

类型一	类型二	类型三	类型四	类型五
				

考点 2: 反冲和爆炸模型

1. 对反冲现象的三点说明

- (1) 系统内的不同部分在强大内力作用下向相反方向运动，通常用动量守恒来处理。
- (2) 反冲运动中，由于有其他形式的能转变为机械能，所以系统的总机械能增加。
- (3) 反冲运动中平均动量守恒。

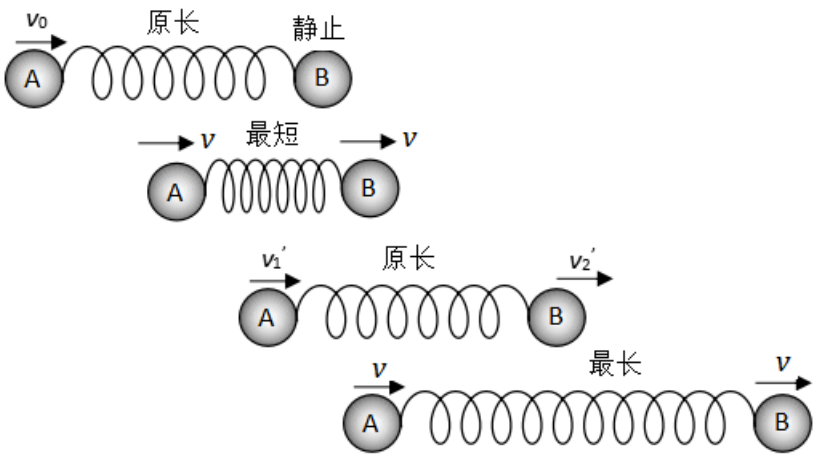
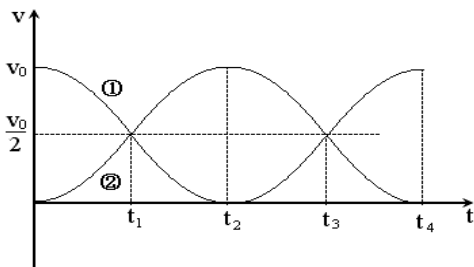
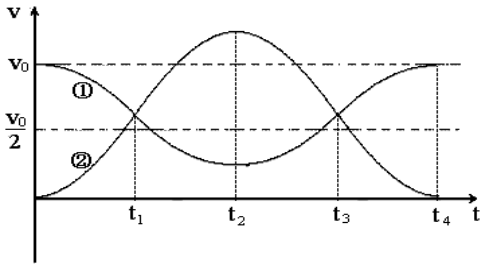
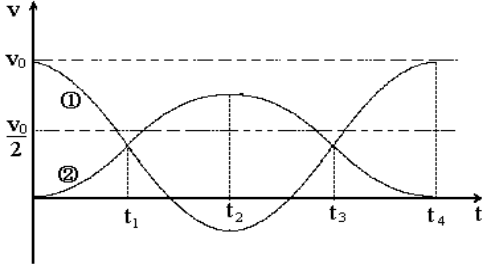
2. 爆炸现象的三个规律

(1) 动量守恒：由于爆炸是在极短的时间内完成的，爆炸物体间的相互作用力远远大于受到的外力，所以在爆炸过程中，系统的总动量守恒。

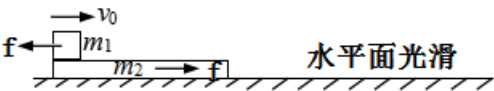
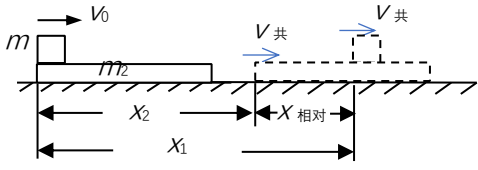
(2) 动能增加：在爆炸过程中，由于有其他形式的能量(如化学能)转化为动能，所以爆炸前后系统的总动能增加。

(3) 位置不变：爆炸的时间极短，因而作用过程中，物体产生的位移很小，一般可忽略不计，可以认为爆炸后仍然从爆炸前的位置以新的动量开始运动。

考点 3：弹簧模型

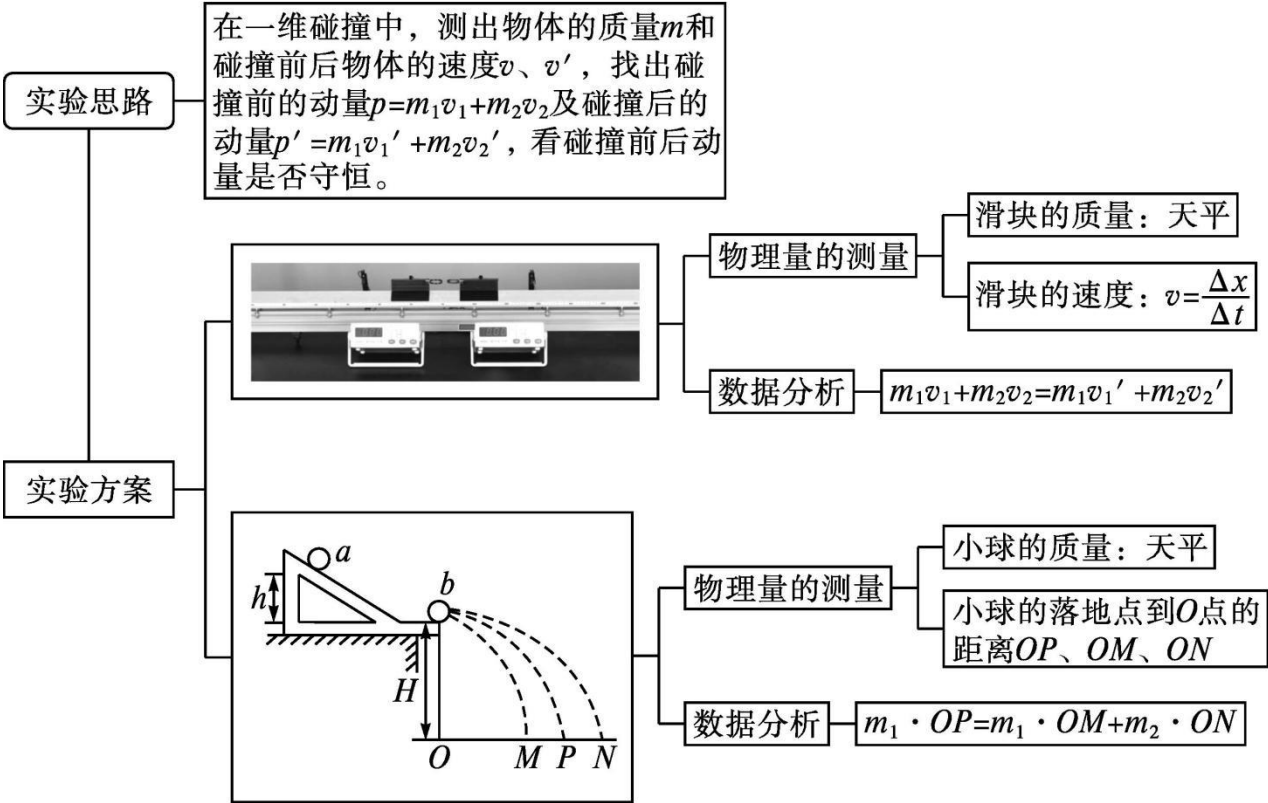
条件与模型	
① $m_A = m_B$ (如: $m_A = 1\text{kg}$; $m_B = 1\text{kg}$)	
② $m_A > m_B$ (如: $m_A = 2\text{kg}$; $m_B = 1\text{kg}$)	
③ $m_A < m_B$ (如: $m_A = 1\text{kg}$; $m_B = 2\text{kg}$)	
规律与公式	情况一：从原长到最短（或最长）时 ① $m_A v_0 = (m_A + m_B) v$; ② $\frac{1}{2} m_A v_0^2 = \frac{1}{2} (m_A + m_B) v^2 + E_{pm}$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

考点 4：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	$f x_{\text{相对}} = \frac{1}{2} m_1 v_0^2 - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{\text{共}}^2$
动量常用关系	$m_1 v_0 = (m_1 + m_2) v_{\text{共}}$

专题 04 验证动量守恒定律

考点 1：教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理



专题 05 机械振动

考点 1：简谐运动的基本规律

1.简谐运动的特征

位移特征	$x = A\sin(\omega t + \varphi)$
受力特征	回复力： $F=-kx$ ； F (或 a)的大小与 x 的大小成正比， 方向相反。
能量特征	系统的动能和势能相互转化,机械能守恒
对称性特征	质点经过关于平衡位置 O 对称的两点时,速度的大小、动能、势能相等， 相对于平衡位置的位移大小相等； 由对称点到平衡位置用时相等。(公众号：屋里学家 独家整理)
周期性特征	质点的位移、回复力、加速度和速度随时间做周期性变化，变化周期就是简谐运动的周期 T ； 动能和势能也随时间做周期性变化， 其变化周期为 $\frac{T}{2}$

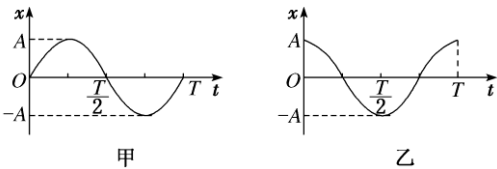
2. 注意：

- (1) 弹簧振子（或单摆）在一个周期内的路程一定是 $4A$ ， 半个周期内路程一定是 $2A$ ， 四分之一周期内的路程不一定是 A 。
- (2) 弹簧振子周期和频率由振动系统本身的因素决定（振子的质量 m 和弹簧的劲度系数 k ）， 与振幅无关。

考点 2：简谐运动的图像

1. 对简谐运动图像的认识

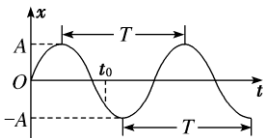
(1)简谐运动的图像是一条正弦或余弦曲线， 如图所示。



(2)图像反映的是位移随时间的变化规律， 随时间的增加而延伸， 图像不代表质点运动的轨迹。

2. 由简谐运动图像可获取的信息

(1)判定振动的振幅 A 和周期 T 。(如图所示)

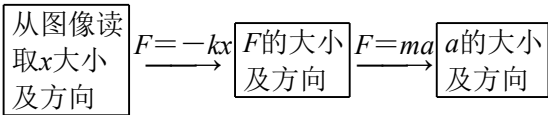


(2)判定振动物体在某一时刻的位移。

(3)判定某时刻质点的振动方向：

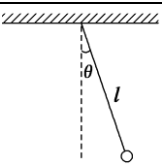
- ①下一时刻位移若增加， 质点的振动方向是远离平衡位置；
- ②下一时刻位移如果减小， 质点的振动方向指向平衡位置。

(4)判定某时刻质点的加速度(回复力)的大小和方向。



(5)比较不同时刻质点的势能和动能的大小。质点的位移越大， 它所具有的势能越大， 动能则越小。

考点 3：单摆模型

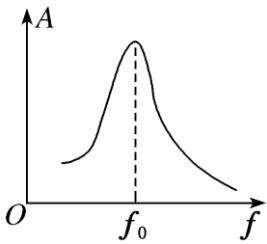
模型	单摆
示意图	
简谐运动条件	①摆线为不可伸缩的轻细线 ②无空气阻力等 ③最大摆角小于等于 5°
回复力	摆球重力沿与摆线垂直方向(即切向)的分力
平衡位置	最低点
周期	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$
能量转化	重力势能与动能的相互转化，机械能守恒

考点 4：受迫振动和共振

1. 简谐运动、受迫振动和共振的比较

项目 \ 振动	简谐运动	受迫振动	共振
受力情况	仅受回复力	受驱动力作用	受驱动力作用
振动周期或频率	由系统本身性质决定，即固有周期 T_0 或固有频率 f_0	由驱动力的周期或频率决定，即 $T = T_{\text{驱}}$ 或 $f = f_{\text{驱}}$	$T_{\text{驱}} = T_0$ 或 $f_{\text{驱}} = f_0$
振动能量	振动物体的机械能不变	由产生驱动力的物体提供	振动物体获得的能量最大
常见例子	弹簧振子或单摆($\theta \leq 5^\circ$)	机械工作时底座发生的振动	共振筛、声音的共鸣等

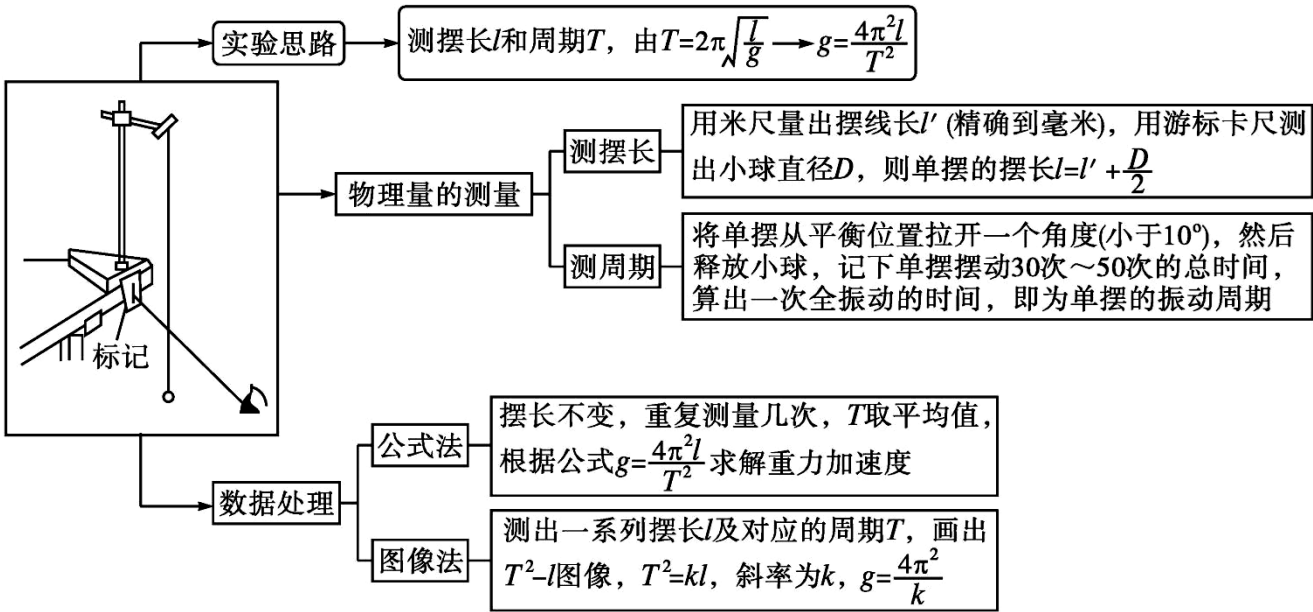
2. 对共振的理解



- (1)共振曲线：如图所示，横坐标为驱动力频率 f ，纵坐标为振幅 A ，它直观地反映了驱动力的频率对某固有频率为 f_0 的振动系统做受迫振动振幅的影响，由图可知， f 与 f_0 越接近，振幅 A 越大；当 $f = f_0$ 时，振幅 A 最大。
- (2)受迫振动中系统能量的转化：做受迫振动的系统的机械能不守恒，系统与外界时刻进行能量交换。

专题 06 用单摆测定重力加速度

考点 1：教材经典实验方案的原理、步骤和数据处理



误差分析：

误差种类	产生原因	减小方法
偶然误差	测量时间(单摆周期)及摆长时产生误差(公众号：屋里学家 独家整理)	①多次测量求平均值 ②计时从单摆经过平衡位置时开始
系统误差	主要来源于单摆模型本身	①摆球要选体积小、密度大的 ②摆角要小于 5°

注意事项：

- (1)选用 1 m 左右的细线。
- (2)悬线顶端不能晃动,需用夹子夹住,保证顶点固定。
- (3)小球在同一竖直面内摆动,且摆角小于 5° 。
- (4)选择在摆球摆到平衡位置处开始计时,并数准全振动的次数。
- (5)小球自然下垂时,用毫米刻度尺量出悬线长 l' ,用游标卡尺测量小球的直径,然后算出摆球的半径 r ,则摆长 $l=l'+r$ 。

专题 07 机械波

考点 1：机械波的传播和波的图像

1.机械波的传播特点

- (1)波传到任意一点，该点的起振方向都和波源的起振方向相同。
- (2)介质中每个质点都做受迫振动，因此，任一质点的振动频率和周期都和波源的振动频率和周期相同。
- (3)波从一种介质进入另一种介质，由于介质不同，波长和波速可以改变，但频率和周期都不会改变。
- (4)波源经过一个周期 T 完成一次全振动，波恰好向前传播一个波长的距离。

2. 波速公式 $v=\frac{\lambda}{T}=\lambda f$ 的理解

- (1)波速 v ：机械波在介质中的传播速度，由介质本身的性质决定，与波源的周期 T 无关。
- (2)频率 f ：由波源决定，等于波源的振动频率。各个质点振动的频率等于波源的振动频率。

3. 波的图像的特点

- (1)时间间隔 $\Delta t=nT$ (波传播 $n\lambda$, $n=0,1,2,3, \dots$)时，波形不变。
 - (2)在波的传播方向上：①当两质点平衡位置间的距离 $\Delta x=n\lambda$ ($n=1,2,3, \dots$)时，它们的振动步调总相同，在波形图上的对应位移一定相同；②当两质点平衡位置间的距离 $\Delta x=(2n+1)\frac{\lambda}{2}$ ($n=0,1,2,3, \dots$)时，它们的振动步调总相反，在波形图上的对应位移一定等值反向。
 - (3)波源质点的起振方向决定了它后面的质点的起振方向，各质点的起振方向与波源的起振方向相同。
4. 根据波的图像、波的传播方向判定质点的振动方向的方法

	内容	图像
“上下坡”法	沿波的传播方向，“上坡”时质点向下振动，“下坡”时质点向上振动(公众号：屋里学家 独家整理)	
“同侧”法	波形图上某点表示传播方向和振动方向的箭头在图线同侧	
“微平移”法	将波形沿传播方向进行微小的平移，再由对应同一 x 坐标的两波形曲线上的点来判断振动方向	

注意：波的图像、波的传播方向与质点振动方向三者之间可以互相判定。

考点 2：波的图像与振动图像

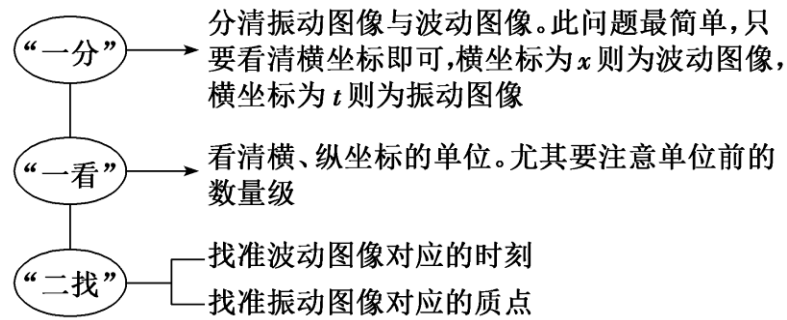
1. 振动图像与波的图像的比较

	振动图像	波的图像
图像		
物理意义	表示某质点各个时刻的位移	表示某时刻各质点的位移
图像信息	(1)质点振动周期 (2)质点振幅 (3)各时刻质点位移 (4)各时刻速度、加速度方向	(1)波长、振幅 (2)任意一质点在该时刻的位移 (3)任意一质点在该时刻加速度方向 (4)传播方向、振动方向的互判
图像变化	随时间推移，图像延续，但已有形状不变	随时间推移，图像沿传播方向平移
形象比喻	记录着一个人一段时间内活动的录像带	记录着许多人某时刻动作、表情的集体照片

2. 两种图像问题的易错点

- (1)不理解振动图像与波的图像的区别。
- (2)误将振动图像看作波的图像或将波的图像看作振动图像。
- (3)不知道波传播过程中任意质点的起振方向就是波源的起振方向。
- (4)不会区分波的传播位移和质点的振动位移。
- (5)误认为质点随波迁移。

3. 求解波的图像与振动图像综合问题的三关键：“一分、一看、二找”



考点 3：波的多解问题

1.造成波动问题多解的主要因素

- (1)周期性
 - ①时间周期性:时间间隔 Δt 与周期 T 的关系不明确;
 - ②空间周期性:波传播距离 Δx 与波长 λ 的关系不明确。
- (2)双向性

①传播方向双向性:波的传播方向不确定;

②振动方向双向性:质点振动方向不确定。

(3)波形的隐含性

在波动问题中,往往只给出完整波形的一部分,或给出几个特殊点,而其余信息均处于隐含状态。这样,波形就有多种情况,形成波动问题的多解性。

2.解决波的多解问题的思路

一般采用从特殊到一般的思维方法,即找出一个周期内满足条件的关系 Δt 或 Δx ,若此关系为时间,则 $t=nT+\Delta t(n=0,1,2,\dots)$;若此关系为距离,则 $x=n\lambda+\Delta x(n=0,1,2,\dots)$ 。步骤如下

(1)根据初、末两时刻的波形图确定传播距离与波长的关系通式。

(2)根据题设条件判断是唯一解还是多解。

(3)根据波速公式 $v=\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 或 $v=\frac{\lambda}{T}=\lambda f$ 求波速。

考点 4: 波的干涉

波的干涉现象中振动加强点、减弱点的两种判断方法

1.公式法

某质点的振动是加强还是减弱,取决于该点到两相干波源的距离之差 Δr 。

①当两波源振动步调一致时

若 $\Delta r=n\lambda(n=0,1,2,\dots)$, 则振动加强;

若 $\Delta r=(2n+1)\frac{\lambda}{2}(n=0,1,2,\dots)$, 则振动减弱。

②当两波源振动步调相反时

若 $\Delta r=(2n+1)\frac{\lambda}{2}(n=0,1,2,\dots)$, 则振动加强;

若 $\Delta r=n\lambda(n=0,1,2,\dots)$, 则振动减弱。

2.波形图法

在某时刻波的干涉的波形图上,波峰与波峰(或波谷与波谷)的交点,一定是加强点,而波峰与波谷的交点一定是减弱点,各加强点或减弱点各自连接而成以两波源为中心向外辐射的连线,形成加强线和减弱线,两种线互相间隔,加强点与减弱点之间各质点的振幅介于加强点与减弱点的振幅之间。

考点 5: 波的衍射

波的衍射现象是指波能绕过障碍物继续传播的现象,产生明显衍射现象的条件是缝、孔的宽度或障碍物的尺寸跟波长相差不大或者小于波长。

考点 6: 多普勒效应

多普勒效应的成因分析:

1.接收频率:观察者接收到的频率等于观察者在单位时间内接收到的完全波的个数。当波以速度 v 通过观察者时,时间 t 内通过的完全波的个数为 $N=\frac{vt}{\lambda}$,因而单位时间内通过观察者的完全波的个数,就是接收频率。

2.当波源与观察者相互靠近时,观察者接收到的频率变大;当波源与观察者相互远离时,观察者接收到的频率变小。

专题 08 光的折射和全反射

考点 1：光的折射定律及折射率

1. 对折射率的理解

- (1)折射率大小不仅反映了介质对光的折射本领，也反映了光在介质中传播速度的大小： $v=\frac{c}{n}$ 。
- (2)折射率的大小不仅与介质本身有关，还与光的频率有关。同一种介质中，频率越大的色光折射率越大，传播速度越小。
- (3)同一种色光，在不同介质中虽然波速、波长不同，但频率相同。

2. 应用光的折射定律解题的一般思路

- (1)根据入射角、折射角及反射角之间的关系，作出比较完整的光路图。
- (2)充分利用光路图中的几何关系，确定各角之间的联系，根据折射定律求解相关的物理量：折射角、折射率等。
- (3)注意在折射现象中，光路是可逆的。

考点 2：光的全反射

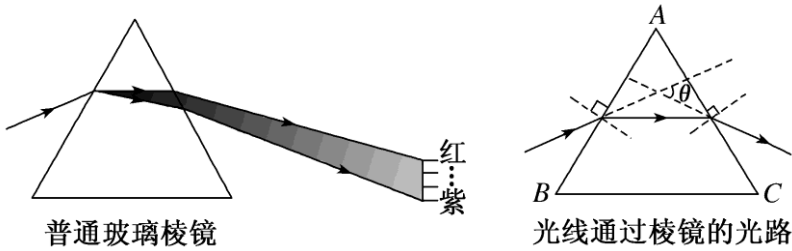
光的折射和全反射问题的解题要点

两个技巧	四点注意
(1)解答全反射类问题时，要抓住发生全反射的两个条件：(公众号：屋里学家 独家整理) ①光必须从光密介质射入光疏介质； ②入射角大于或等于临界角。 (2)利用好光路图中的临界光线，准确地判断出恰好发生全反射的光路图是解题的关键，且在作光路图时尽量与实际相符。	(1)明确哪种是光密介质、哪种是光疏介质。同一种介质，相对于其他不同的介质，可能是光密介质，也可能是光疏介质。 (2)如果光线从光疏介质进入光密介质，则无论入射角多大，都不会发生全反射现象。 (3)光的反射、折射和全反射现象，光路均是可逆的。 (4)当光射到两种介质的界面上时，往往同时发生光的折射和反射现象，但在全反射现象中，只发生反射，不发生折射。

考点 3：光的色散

1.光的色散

- (1)现象：一束白光通过三棱镜后在屏上会形成彩色光带。

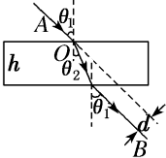
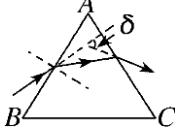
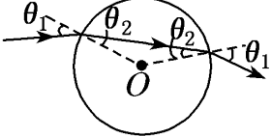
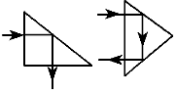


- (2)成因：棱镜材料对不同色光的折射率不同，对红光的折射率最小，红光通过棱镜后的偏折程度最小，对紫光的折射率最大，紫光通过棱镜后的偏折程度最大，从而产生色散现象。

2. 各种色光的比较分析

颜色	红橙黄绿青蓝紫
频率 ν	低→高
同一介质中的折射率	小→大
同一介质中的速度	大→小
同一介质中的波长	大→小
通过同一棱镜的偏折角	小→大
同一介质中的临界角	大→小
同一装置的双缝干涉条纹间距	大→小

3.平行玻璃砖、三棱镜和圆柱体(球)对光路的控制特点

	平行玻璃砖	三棱镜	圆柱体(球)
结构	玻璃砖上下表面是平行的	横截面为三角形的三棱镜	横截面是圆
对光线的作用	 通过平行玻璃砖的光线不改变传播方向，但要发生侧移	 通过三棱镜的光线经两次折射后，出射光线向棱镜底面偏折	 圆界面的法线是过圆心的直线，光线经过两次折射后向圆心偏折
应用	测定玻璃的折射率	 全反射棱镜，改变光的传播方向	改变光的传播方向

专题 09 光的干涉、衍射和偏振

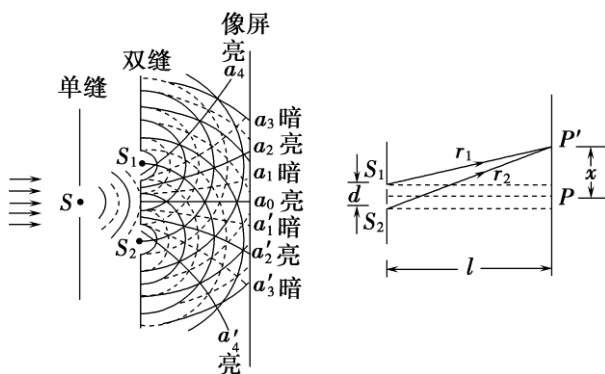
考点 1: 光的干涉

1. 产生干涉的条件

两列光的频率相同，振动方向相同，且具有恒定的相位差，才能产生稳定的干涉图样。

2. 杨氏双缝干涉

(1)原理如图所示。



(2)形成亮、暗条纹的条件

①单色光：形成明暗相间的条纹，中央为亮条纹。

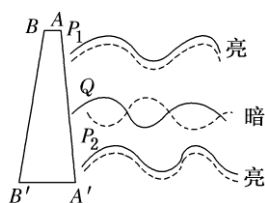
光的路程差 $r_2 - r_1 = k\lambda (k=0, 1, 2, \dots)$ ，光屏上出现亮条纹。

光的路程差 $r_2 - r_1 = (2k+1)\frac{\lambda}{2} (k=0, 1, 2, \dots)$ ，光屏上出现暗条纹。

②白光：光屏上出现彩色条纹，且中央亮条纹是白色(填写颜色)。

③条纹间距公式： $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 。

3. 薄膜干涉的理解和应用

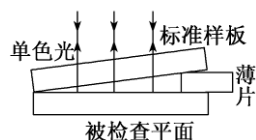


(1)形成：如图所示，竖直的肥皂薄膜，由于重力的作用，形成上薄下厚的楔形。光照射到薄膜上时，在膜的前表面 AA' 和后表面 BB' 分别反射回来，形成两列频率相同的光波，并且叠加。

(2)亮、暗条纹的判断

①在 P_1 、 P_2 处，两个表面反射回来的两列光波的路程差 Δr 等于波长的整数倍，即 $\Delta r = n\lambda (n=1,2,3, \dots)$ ，薄膜上出现亮条纹。

②在 Q 处，两列反射回来的光波的路程差 Δr 等于半波长的奇数倍，即 $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2} (n=0,1,2,3, \dots)$ ，薄膜上出现暗条纹。



(3)应用：干涉法检查平面如图所示，两板之间形成一楔形空气膜，用单色光从上向下照射，如果被检查平面是平整

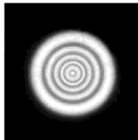
光滑的，我们会观察到平行且等间距的明暗相间的条纹；若被检查平面不平整，则干涉条纹发生弯曲。

考点 2：光的衍射

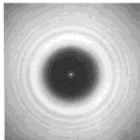
- 1. 发生明显衍射的条件：只有当障碍物的尺寸与光的波长相差不多，甚至比光的波长还小的时候，衍射现象才会明显。
- 2. 衍射条纹的特点



单缝衍射



圆孔衍射



圆盘衍射

(1)单缝衍射和圆孔衍射图样的比较

	单缝衍射	圆孔衍射
单色光	中央为亮且宽的条纹，两侧为明暗相间的条纹，且越靠近两侧，亮条纹的亮度越弱，宽度越小	①中央是大且亮的圆形亮斑，周围分布着明暗相间的同心圆环，且越靠外，圆形亮条纹的亮度越弱，宽度越小(公众号：屋里学家 独家整理) ②亮环或暗环间的距离随圆孔半径的增加而减小
白光	中央为亮且宽的白色条纹，两侧为亮度逐渐变暗、宽度逐渐变窄的彩色条纹，其中最靠近中央的色光是紫光、离中央最远的是红光	中央是大且亮的白色亮斑，周围是不等间距的彩色的同心圆环

(2)泊松亮斑(圆盘衍射)

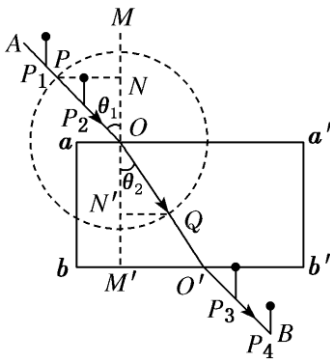
当光照射到不透明的半径很小的圆盘上时，在圆盘的阴影中心出现亮斑(在阴影外还有不等间距的明暗相间的圆环)。

考点 3：光的偏振

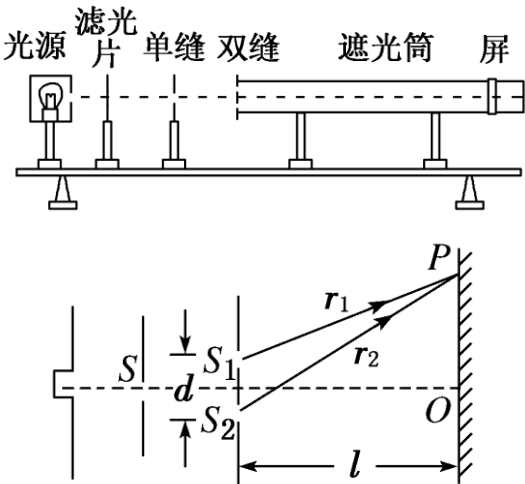
- 1. 偏振：光波只沿某一特定的方向振动。
- 2. 自然光：太阳以及日光灯、发光二极管等普通光源发出的光，包含着在垂直于传播方向上沿一切方向振动的光，而且沿各个方向振动的光波的强度都相同，这种光叫作自然光。
- 3. 偏振光：在垂直于传播方向的平面上，只沿某个特定方向振动的光。光的偏振证明光是横波。自然光通过偏振片后，就得到了偏振光。
- 4. 偏振光的应用：应用于照相机镜头、立体电影、消除车灯眩光等。

专题 10 测定玻璃的折射率、用双缝干涉测光的波长

考点 1：测定玻璃的折射率

实验目的	测量玻璃的折射率，掌握光线发生折射时入射角和折射角的确定方法。	实验原理
实验器材	白纸、图钉、大头针、直尺、铅笔、量角器、平木板、长方形玻璃砖。	 如图所示，当光线 AO 以一定的入射角 θ_1 穿过两面平行的玻璃砖时，通过插针法找出跟入射光线 AO 对应的出射光线 $O'B$，从而得出折射光线 OO' 和折射角 θ_2，再根据 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 或 $n = \frac{PN}{QN'}$ 计算出玻璃的折射率。

考点 2：用双缝干涉测光的波长

		实验原理
实验目的	1. 理解双缝干涉实验原理。 2. 观察双缝干涉图样，掌握实验方法。 3. 测定单色光的波长。	如图所示，光源发出的光，经过滤光片后变成单色光，再经过单缝 S 时发生衍射，这时单缝 S 相当于一个单色光源，衍射光波同时到达双缝 S_1 和 S_2 之后，S_1、S_2 双缝相当于两个步调完全一致的单色相干光源，产生稳定的干涉图样，图样中相邻两条亮(暗)条纹间的距离 Δx 与入射光波长 λ、双缝间距离 d 及双缝与屏的距离 l 有关，其关系式为：$\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$，因此，只要测出 Δx、d、l 即可测出波长 λ。 

2025 版高二物理考点总结（选修二）

目录

专题 01 磁场及其对电流的作用	3
考点 1: 安培定则和磁场的叠加	3
考点 2: 安培力的大小方向	3
考点 3: 安培力作用下导体的平衡、加速问题	4
专题 02 带电粒子在磁场中的运动	5
考点 1: 洛伦兹力的大小方向	5
考点 2: 带电粒子在有界磁场中的运动	5
【类型一】直线边界磁场	6
【类型二】平行边界磁场	6
【类型三】圆形边界磁场	6
【类型四】三角形、四边形边界磁场	7
考点 3: 带电粒子在磁场中运动的多解问题	7
专题 03 放缩圆、旋转圆、平移圆和磁聚焦模型在磁场中的应用	8
考点 1: 放缩圆模型	8
考点 2: 旋转圆模型	8
考点 3: 平移圆模型	9
考点 4: 磁聚焦模型	9
专题 04 电磁组合场和叠加场中的各类仪器	10
考点 1: 电磁组合场中的各类仪器	10
一、质谱仪	10
二、回旋加速器	10
考点 2: 电磁叠加场中的各类仪器	11
专题 05 带电粒子在组合场中的运动	12
考点 1: 基础必备知识	12
考点 2: 常见的两类组合场问题	13
专题 06 带电粒子在叠加场中的运动	15
考点 1: 基础必备知识	15
考点 2: 带电粒子在叠加场中的直线运动	15
考点 3: 带电粒子在叠加场中的圆周运动	15
考点 4: 配速法处理带电粒子在叠加场中的运动	15
专题 07 楞次定律和法拉第电磁感应定律	17
考点 1: 楞次定律和右手定则	17
考点 2: 法拉第电磁感应定律求感生电动势	18
考点 3: 动生电动势的求解	18

考点 4: 感应电流电荷量的三种求法.....	19
考点 5: 自感、电磁阻尼和电磁驱动.....	19
专题 08 电磁感应中的电路和图像问题	21
考点 1: 电磁感应中的电路问题.....	21
考点 2: 电磁感应中的图像问题.....	21
专题 09 电磁感应中的单棒问题	22
考点 1: 三类常见单棒问题.....	22
考点 2: 三类含容单棒问题.....	23
专题 10 电磁感应中的双棒问题.....	24
考点 1: 常见的双棒模型.....	24
专题 11 交变电流的产生和描述	26
考点 1: 交变电流的产生规律.....	26
考点 2: 交变电流的四值问题.....	26
考点 3: 交变电流的有效值	26
专题 12 变压器及远距离输电.....	27
考点 1: 理想变压器原理与基本关系.....	27
考点 2: 理想变压器的动态分析	27
考点 3: 远距离输电	27
专题 13 探究变压器电压与匝数关系、传感器的利用.....	29
考点 1: 探究变压器原副线圈电压与匝数关系	29
考点 2: 利用传感器制作简单的自动控制装置	29

专题 01 磁场及其对电流的作用

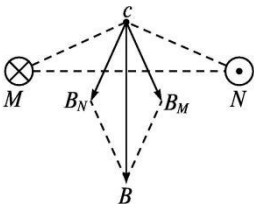
考点 1：安培定则和磁场的叠加

1. 安培定则

	直线电流的磁场	通电螺线管的磁场	环形电流的磁场
特点	无磁极、非匀强，且距导线越远处磁场越弱	与条形磁铁的磁场相似，管内为匀强磁场且磁场最强，管外为非匀强磁场	环形电流的两侧是 N 极和 S 极，且离圆环中心越远，磁场越弱
安培定则			
立体图			
截面图			

2. 磁场叠加问题的分析思路

(1) 确定磁场场源, 如通电导线。



(2) 定位空间中需求解磁场的点, 利用安培定则判定各个场源在这一点上产生的磁场的大小和方向, 如图所示 M 、 N 在 c 点产生的磁场磁感应强度分别为 B_M 、 B_N 。

(3) 应用平行四边形定则进行合成, 如图中 c 点的合磁场磁感应强度为 B 。

考点 2：安培力的大小方向

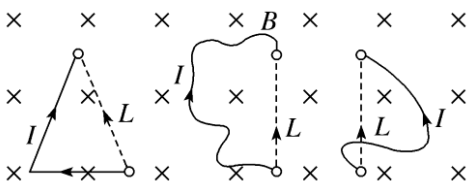
1. 安培力公式： $F=ILB\sin \theta$ 。

2. 两种特殊情况：

(1) 当 $I\perp B$ 时， $F=BIL$ 。

(2) 当 $I\parallel B$ 时， $F=0$ 。

3. 弯曲通电导线的有效长度



(1) 当导线弯曲时， L 是导线两端的有效直线长度(如图所示)。

(2)对于任意形状的闭合线圈，其有效长度均为零，所以通电后在匀强磁场中受到的安培力的矢量和为零。

4.安培力方向的判断

(1)判断方法：左手定则。

(2)方向特点：既垂直于 B ，也垂直于 I ，所以安培力一定垂直于 B 与 I 决定的平面。

5.合安培力的两种分析思路

思路一：先分析通电导线所在处的合磁场的大小和方向，由左手定则判断安培力的方向，由 $F_{\text{合}} = IB_{\text{合}} l \sin \theta$ ，求合安培力的大小。(公众号：屋里学家 独家整理)

思路二：根据同向电流相互排斥，异向电流相互吸引，结合力的平行四边形定则，分析合安培力的大小和方向或某个安培力的大小和方向。

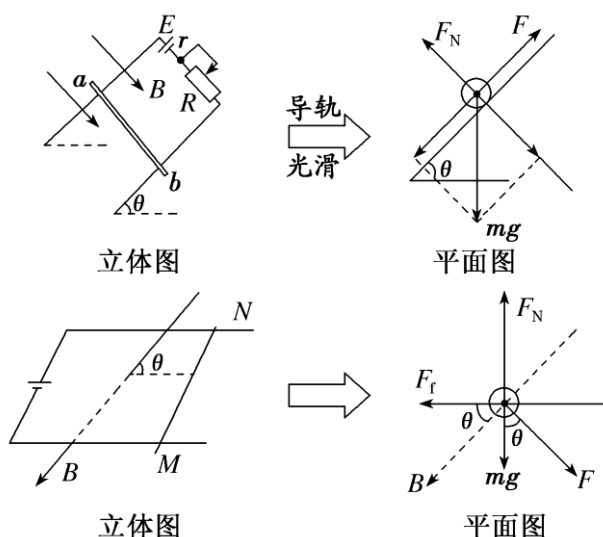
考点 3：安培力作用下导体的平衡、加速问题

通电导线在磁场中的平衡和加速问题的分析思路

(1)选定研究对象。

(2)变三维为二维，如侧视图、剖面图或俯视图等，并画出平面受力分析图，其中安培力的方向要注意

$F_{\text{安}} \perp B$ 、 $F_{\text{安}} \perp I$ ；如图所示。



(3)列平衡方程或牛顿第二定律方程进行求解。

专题 02 带电粒子在磁场中的运动

考点 1: 洛伦兹力的大小方向

1. 洛伦兹力的大小和周期

(1) 大小: $F = qvB$ ($v \perp B$); (2) 向心力公式: $qvB = \frac{mv^2}{r}$; (3) 周期: $T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$

2. 洛伦兹力的特点

(1) 利用左手定则判断洛伦兹力的方向, 注意区分正、负电荷。

(2) 当电荷运动方向发生变化时, 洛伦兹力的方向也随之变化。

(3) 运动电荷在磁场中不一定受洛伦兹力作用。

(4) 洛伦兹力永不做功。

3. 洛伦兹力的方向

(1) 判断方法: 左手定则

(2) 方向特点: 洛伦兹力的方向一定与粒子速度方向和磁感应强度方向所决定的平面垂直(B 与 v 可以有任意夹角)。

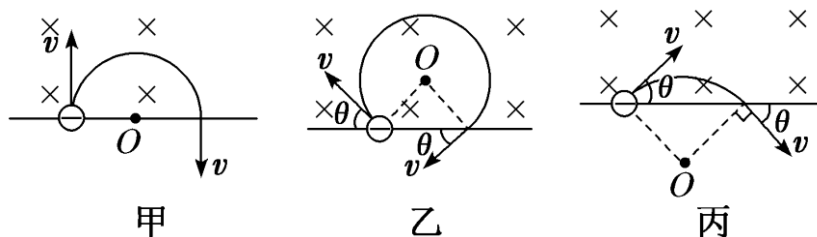
注意: 由左手定则判断洛伦兹力方向时, 四指指向正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向。

考点 2: 带电粒子在有界磁场中的运动

	圆心的确定			半径的确定	时间的确定
基本思路	①与速度方向垂直的直线过圆心 ②弦的垂直平分线过圆心 ③轨迹圆弧与边界切点的法线过圆心			利用平面几何知识求半径	利用轨迹对应圆心角 θ 或轨迹长度 L 求时间① $t = \frac{\theta}{2\pi}T$; ② $t = \frac{L}{v}$
图例					
说明	P、M 点速度垂线交点	P 点速度垂线与弦的垂直平分线交点	某点的速度垂线与切点法线的交点	常用解三角形法(如图): $R = \frac{L}{\sin \theta}$ 或由 $R^2 = L^2 + (R-d)^2$ 求得 $R = \frac{L^2 + d^2}{2d}$	(1)速度的偏转角 φ 等于 $\overline{AB}$ 所对的圆心角 θ (2)偏转角 φ 与弦切角 α 的关系: $\varphi < 180^\circ$ 时, $\varphi = 2\alpha$; $\varphi > 180^\circ$ 时, $\varphi = 360^\circ - 2\alpha$ (公众号: 屋里学家 独家整理)

【类型一】直线边界磁场

直线边界，粒子进出磁场具有对称性(如图所示)



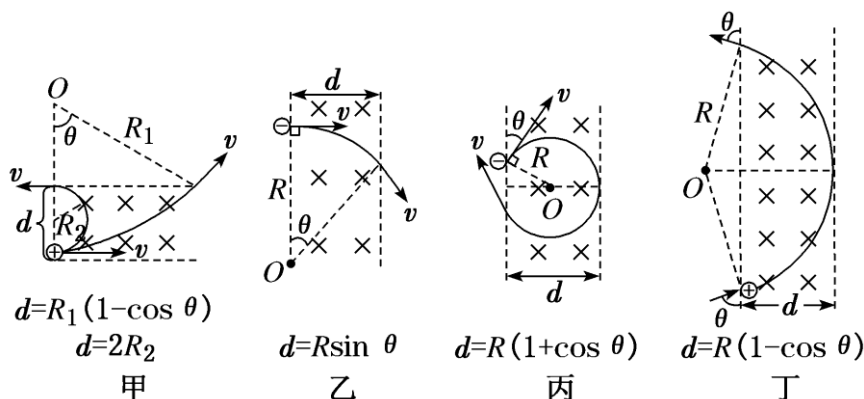
图甲中粒子在磁场中运动的时间 $t = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Bq}$

图乙中粒子在磁场中运动的时间 $t = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)T = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{2\pi m}{Bq} = \frac{2m}{Bq} \frac{\pi - \theta}{\pi}$

图丙中粒子在磁场中运动的时间 $t = \frac{\theta}{\pi}T = \frac{2\theta m}{Bq}$ 。

【类型二】平行边界磁场

平行边界存在临界条件(如图所示)



图甲中粒子在磁场中运动的时间 $t_1 = \frac{\theta m}{Bq}$, $t_2 = \frac{T}{2} = \frac{\pi m}{Bq}$;

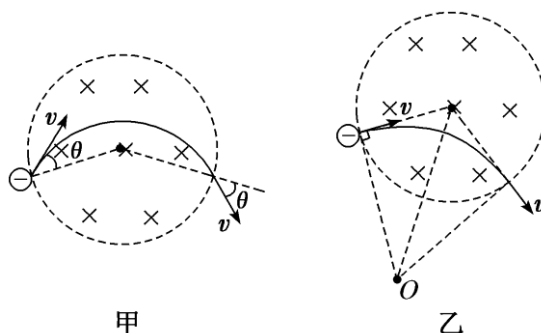
图乙中粒子在磁场中运动的时间 $t = \frac{\theta m}{Bq}$;

图丙中粒子在磁场中运动的时间 $t = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)T = \left(1 - \frac{\theta}{\pi}\right)\frac{2\pi m}{Bq} = \frac{2m}{Bq} \frac{\pi - \theta}{\pi}$;

图丁中粒子在磁场中运动的时间 $t = \frac{\theta}{\pi}T = \frac{2\theta m}{Bq}$ 。

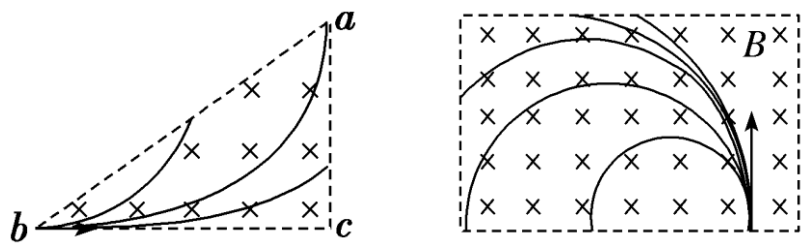
【类型三】圆形边界磁场

带电粒子在圆形边界磁场中，等角进出，沿径向射入必沿径向射出。如图甲、乙所示。



【类型四】三角形、四边形边界磁场

1. 三角形边界磁场：带电粒子速度的大小不同，运动半径不同，出射点的位置也不同。



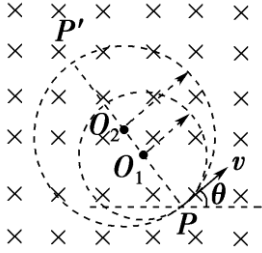
2. 四边形边界磁场：带电粒子射入磁场的初速度方向与边界垂直，速度不同，对应不同的粒子轨迹；粒子速度不变，磁感应强度可调时，也可对应类似轨迹。

考点 3：带电粒子在磁场中运动的多解问题

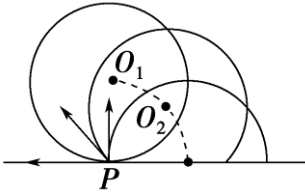
类型	分析	图例
带电粒子电性不确定	受洛伦兹力作用的带电粒子，可能带正电荷，也可能带负电荷，在相同的初速度下，正、负粒子在磁场中运动轨迹不同，形成多解 如图，带电粒子以速度 v 垂直进入匀强磁场，如带正电，其轨迹为 a ；如带负电，其轨迹为 b	
磁场方向不确定	在只知道磁感应强度大小，而未具体指出磁感应强度方向，此时必须要考虑磁感应强度方向不确定而形成多解 如图，带正电粒子以速度 v 垂直进入匀强磁场，若 B 垂直纸面向里，其轨迹为 a ，若 B 垂直纸面向外，其轨迹为 b	
临界状态不唯一	带电粒子在洛伦兹力作用下飞越有界磁场时，由于粒子运动轨迹是圆弧状，因此，它可能穿过磁场飞出，也可能转过 180° 从入射界面这边反向飞出，于是形成多解	
运动具有周期性	带电粒子在部分是电场、部分是磁场空间运动时，运动往往具有周期性，因而形成多解(公众号：屋里学家 独家整理)	

专题 03 放缩圆、旋转圆、平移圆和磁聚焦模型在磁场中的应用

考点 1：放缩圆模型

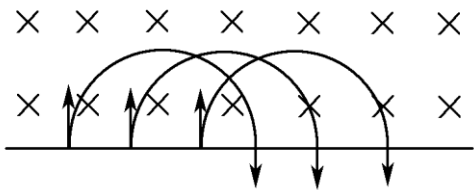
适用条件	速度方向一定，速度大小不同	粒子源发射速度方向一定，速度大小不同的带电粒子进入匀强磁场时，这些带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的轨迹半径随速度的变化而变化
	轨迹圆圆心共线	如图所示(图中只画出粒子带正电的情景)，速度 v 越大，运动半径也越大。可以发现这些带电粒子射入磁场后，它们运动轨迹的圆心在垂直初速度方向的直线 PP' 上 
界定方法	以入射点 P 为定点，圆心位于 PP' 直线上，将半径放缩作轨迹圆，从而探索出临界条件，这种方法称为“放缩圆”法(公众号：屋里学家 独家整理)	

考点 2：旋转圆模型

适用条件	速度大小一定，方向不同	粒子源发射速度大小一定、方向不同的带电粒子进入匀强磁场时，它们在磁场中做匀速圆周运动的半径相同，若射入初速度为 v_0，则圆周运动半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$，如图所示 
	轨迹圆圆心共圆	带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的圆心在以入射点 P 为圆心、半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$ 的圆上(公众号：屋里学家 独家整理)
界定方法	将一半径 $R = \frac{mv_0}{qB}$ 的圆以入射点为圆心进行旋转，从而探索粒子的临界条件，这种方法称为“旋转圆”法	

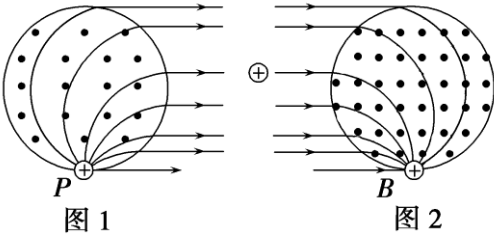
考点 3：平移圆模型

适用条件	速度大小一定，方向一定，但入射点在同一直线上	粒子源发射速度大小、方向一定，入射点不同，但在同一直线的带电粒子进入匀强磁场时，它们做匀速圆周运动的半径相同，若入射速度大小为 v_0 ，则半径 $R=\frac{mv_0}{qB}$ ，如图所示
	轨迹圆圆心共线	带电粒子在磁场中做匀速圆周运动的圆心在同一直线上，该直线与所有入射点的连线平行
界定方法		将半径 $R=\frac{mv_0}{qB}$ 的圆进行平移，从而探索粒子的临界条件，这种方法叫“平移圆”法



考点 4：磁聚焦模型

1. 磁发散：如图 1 所示，有界圆形磁场的磁感应强度为 B ，圆心为 O ，从 P 点有大量质量为 m 、电荷量为 q 的正粒子，以大小相等的速度 v 沿不同方向射入有界磁场，不计粒子的重力，如果正粒子轨迹圆半径与有界圆形磁场半径相等，则所有粒子射出磁场的方向平行。
2. 磁汇聚：如图 2 所示，大量的同种带正电的粒子，速度大小相同，平行入射到圆形磁场区域，如果轨迹圆半径与磁场圆半径相等($R=r$)，则所有的带电粒子将从磁场圆的最低点 B 点射出。



专题 04 电磁组合场和叠加场中的各类仪器

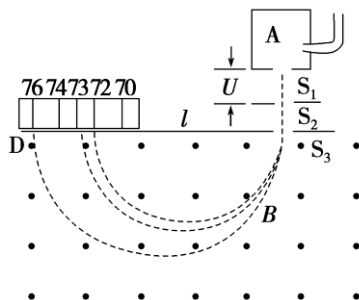
考点 1: 电磁组合场中的各类仪器

一、质谱仪

(1) 作用

测量带电粒子质量和分离同位素的仪器。

(2) 原理(如图所示)



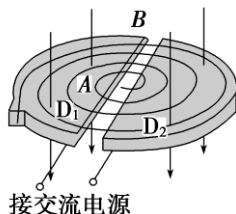
①加速电场: $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 。

②偏转磁场: $qvB = \frac{mv^2}{r}$, $l = 2r$, 由以上两式可得 $r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2mU}{q}}$, $m = \frac{qr^2B^2}{2U}$, $\frac{q}{m} = \frac{2U}{B^2r^2}$ 。

二、回旋加速器

(1) 构造

如图所示, D_1 、 D_2 是半圆形金属盒, D 形盒处于匀强磁场中, D 形盒的缝隙处接交流电源。



(2) 原理

交流电周期和粒子做圆周运动的周期相等, 使粒子每经过一次 D 形盒缝隙, 粒子被加速一次。

(3) 最大动能

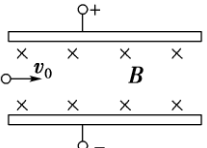
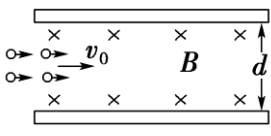
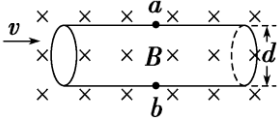
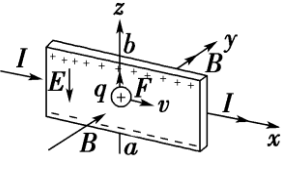
由 $qv_mB = \frac{mv_m^2}{R}$ 、 $E_{km} = \frac{1}{2}mv_m^2$ 得 $E_{km} = \frac{q^2B^2R^2}{2m}$, 粒子获得的最大动能由磁感应强度 B 和盒半径 R 决定, 与加速电压无关。

(4) 总时间

粒子在磁场中运动一个周期, 被电场加速两次, 每次增加动能 qU , 加速次数 $n = \frac{E_{km}}{qU}$, 粒子在磁场中运动的总时间

$$t = \frac{n}{2} T = \frac{E_{km}}{2qU} \cdot \frac{2\pi m}{qB} = \frac{\pi BR^2}{2U}。$$

考点 2：电磁叠加场中的各类仪器

装置	原理图	规律	共性规律
速度选择器		若 $qv_0B = Eq$ ，即 $v_0 = \frac{E}{B}$ ，粒子做匀速直线运动	稳定平衡时电荷所受电场力和洛伦兹力平衡，即 $\frac{U}{qd} = qvB$
磁流体发电机		等离子体射入，受洛伦兹力偏转，使两极板带正、负电荷，两极板间电压为 U 时稳定， $\frac{U}{qd} = qv_0B$ ， $U = v_0Bd$	
电磁流量计		当自由电荷所受电场力和洛伦兹力平衡时， a 、 b 间的电势差(U)达到最大，由 $\frac{U}{qd} = qvB$ ，可得 $v = \frac{U}{Bd}$ (公众号：屋里学家 独家整理)	
霍尔元件		当自由电荷所受电场力和洛伦兹力平衡时， b 、 a 间的电势差(U)就保持稳定，由 $qvB = q\frac{U}{d}$ ，可得 $U = vBd$	

专题 05 带电粒子在组合场中的运动

考点 1: 基础必备知识

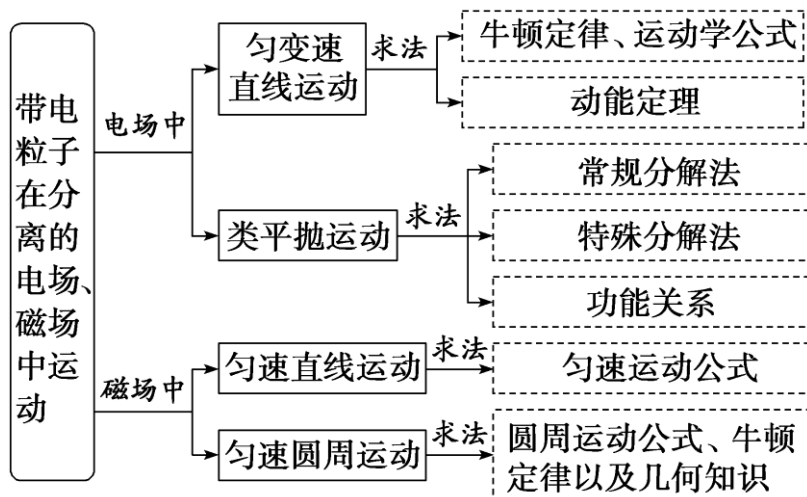
1. 组合场: 电场与磁场各位于一定的区域内, 并不重叠, 或在同一区域, 电场、磁场交替出现。

2. 带电粒子在组合场中运动的分析思路

第 1 步: 粒子按照时间顺序进入不同的区域可分成几个不同的阶段。

第 2 步: 受力分析和运动分析, 主要涉及两种典型运动, 如第 3 步中表图所示。

第 3 步: 用规律



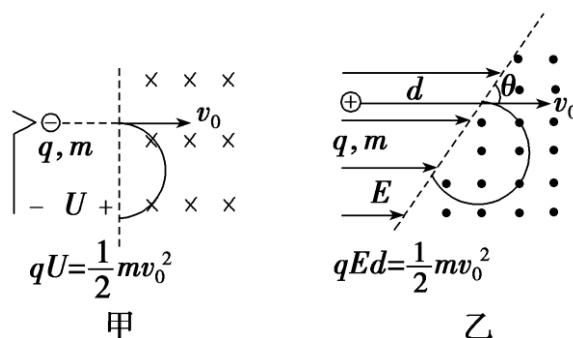
3. “电偏转”与“磁偏转”的比较

	垂直电场线进入 匀强电场(不计重力)	垂直磁感线进入 匀强磁场(不计重力)
受力情况	电场力 $F_E = qE$, 其大小、方向不变, 与速度 v 无关, F_E 是恒力	洛伦兹力 $F_B = qvB$, 其大小不变, 方向随 v 而改变, F_B 是变力
轨迹	抛物线	圆或圆的一部分
运动轨迹示例		
求解方法	利用类平抛运动的规律求解: $v_x = v_0$, $x = v_0 t$, $v_y = \frac{qE}{m} \cdot t$, $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{qE}{m} \cdot t^2$ 偏转角 φ 满足: $\tan \varphi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{qEt}{mv_0}$	半径: $r = \frac{mv}{qB}$ 周期: $T = \frac{2\pi m}{qB}$ 偏移距离 y 和偏转角 φ 要结合圆的几何关系利用圆周运动规律讨论求解
运动时间	$t = \frac{x}{v_0}$	$t = \frac{\varphi}{2\pi} \quad T = \frac{\varphi m}{Bq}$
动能	变化	不变

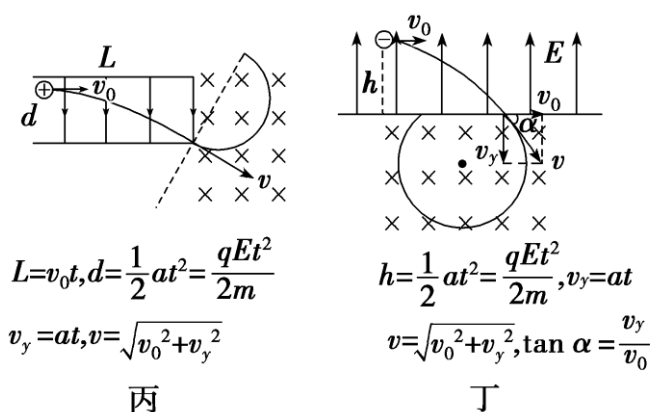
考点 2: 常见的两类组合场问题

1. 先电场后磁场

(1) 先在电场中做加速直线运动, 然后进入磁场做圆周运动。如图甲、乙所示, 在电场中利用动能定理或运动学公式求粒子刚进入磁场时的速度。



(2) 先在电场中做类平抛运动, 然后进入磁场做圆周运动。如图丙、丁所示, 在电场中利用平抛运动知识求粒子进入磁场时的速度。

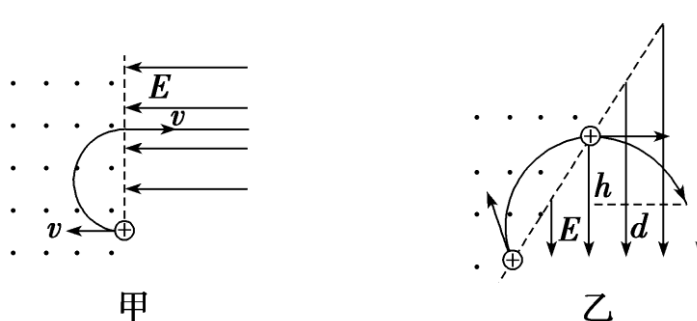


2. 先磁场后电场

对于粒子从磁场进入电场的运动, 常见的有两种情况:

(1) 进入电场时粒子速度方向与电场方向相同或相反, 如图甲所示, 粒子在电场中做加速或减速运动, 用动能定理或运动学公式列式。

(2) 进入电场时粒子速度方向与电场方向垂直, 如图乙所示, 粒子在电场中做类平抛运动, 用平抛运动知识分析。



三、带电粒子在交变电磁场中的运动

(1) 交变场的常见类型

- ① 电场周期性变化, 磁场不变。
- ② 磁场周期性变化, 电场不变。
- ③ 电场、磁场均周期性变化。

(2) 分析带电粒子在交变场中运动问题的基本思路



专题 06 带电粒子在叠加场中的运动

考点 1：基础必备知识

1. 三种场的比较

	力的特点	功和能的特点
重力场	大小： $G=mg$ 方向：竖直向下	重力做功与路径无关 重力做功改变物体的重力势能
电场	大小： $F=qE$ 方向：正电荷受力方向与场强方向相同，负电荷受力方向与场强方向相反(公众号：屋里学家 独家整理)	电场力做功与路径无关 $W=qU$ 电场力做功改变电势能
磁场	大小： $F=qvB(v \perp B)$ 方向：可用左手定则判断	洛伦兹力不做功，不改变带电粒子的动能

2. 关于是否考虑粒子重力的三种情况

- (1)对于微观粒子，如电子、质子、离子等，因为其重力一般情况下与静电力或磁场力相比太小，可以忽略；而对于一些实际物体，如带电小球、液滴、尘埃等一般应当考虑其重力。
- (2)在题目中有明确说明是否要考虑重力的，按题目要求处理。
- (3)不能直接判断是否要考虑重力的，在进行受力分析与运动分析时，要结合运动状态确定是否要考虑重力。

考点 2：带电粒子在叠加场中的直线运动

1. 带电粒子在电场和磁场的叠加场中做直线运动，电场力和洛伦兹力一定相互平衡，因此可利用二力平衡解题。
2. 带电粒子在电场、磁场、重力场的叠加场中做直线运动，则粒子一定处于平衡状态，因此可利用平衡条件解题。

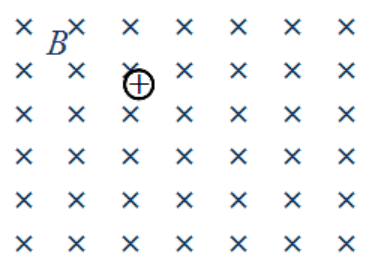
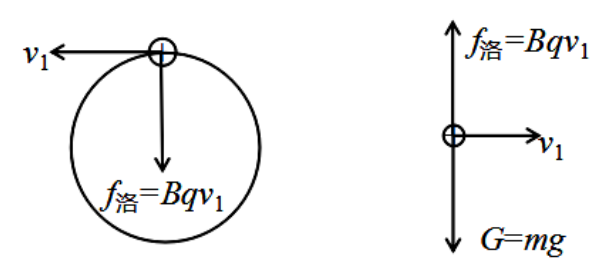
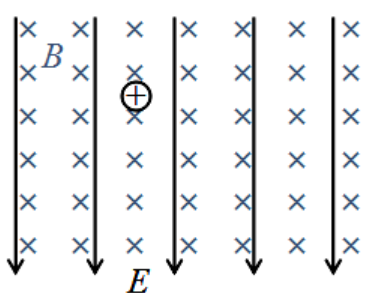
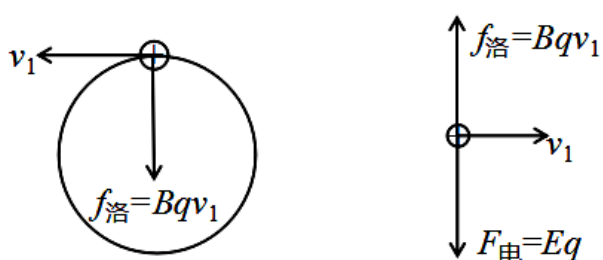
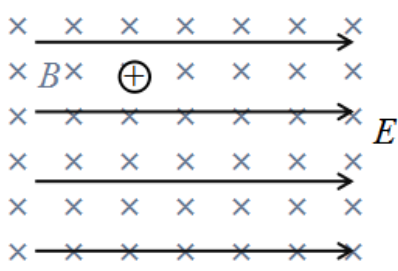
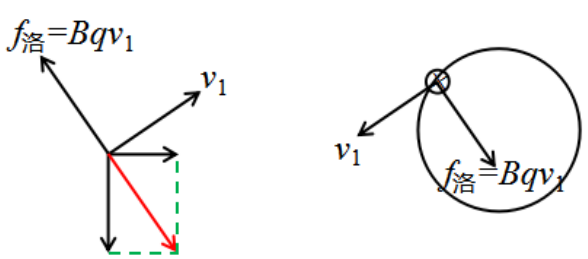
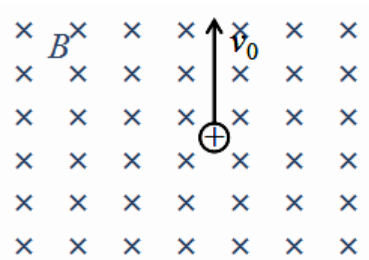
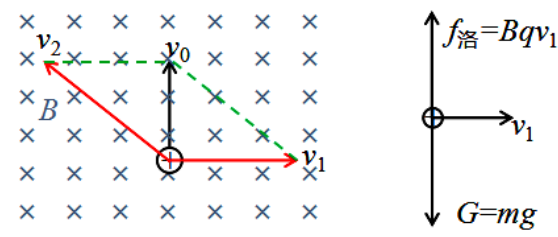
考点 3：带电粒子在叠加场中的圆周运动

1. 带电粒子做匀速圆周运动，隐含条件是必须考虑重力，且电场力和重力平衡。
2. 洛伦兹力提供向心力和带电粒子只在磁场中做圆周运动解题方法相同。

考点 4：配速法处理带电粒子在叠加场中的运动

1. 若带电粒子在磁场中所受合力不会零，则粒子的速度会改变，洛伦兹力也会随着变化，合力也会跟着变化，则粒子做一般曲线运动，运动比较麻烦，此时，我们可以把初速度分解成两个分速度，使其一个分速度对应的洛伦兹力与重力（或电场力，或重力和电场力的合力）平衡，另一个分速度对应的洛伦兹力使粒子做匀速圆周运动，这样一个复杂的曲线运动就可以分解成两个比较常见的运动，这种方法叫配速法。

2. 几种常见情况:

常见情况		处理方法(公众号: 屋里学家 独家整理)	
初速度为 0, 有重力		把初速度 0, 分解一个向左的速度 v_1 和一个向右的速度 v_1	
初速度为 0, 不计重力		把初速度 0, 分解一个向左的速度 v_1 和一个向右的速度 v_1	
初速度为 0, 有重力		把初速度 0, 分解一个斜向左下方的速度 v_1 和一个斜向右上方的速度 v_1	
初速度为 v_0 , 有重力		把初速度 v_0 , 分解速度 v_1 和速度 v_2	

专题 07 楞次定律和法拉第电磁感应定律

考点 1：楞次定律和右手定则

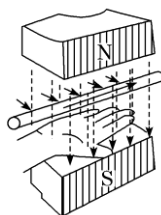
1. 楞次定律及应用

楞次定律中“阻碍”的含义	“四步法”判断感应电流方向
谁阻碍谁 → 感应电流的磁场阻碍引起感应电流的磁场（原磁场）的磁通量的变化 阻碍什么 → 阻碍的是磁通量的变化，而不是阻碍磁通量本身 如何阻碍 → 当磁通量增加时，感应电流的磁场方向与原磁场的方向相反；当磁通量减少时，感应电流的磁场方向与原磁场的方向相同，即“增反减同” 阻碍效果 → 阻碍并不是阻止，只是延缓了磁通量的变化，这种变化将继续进行	一原 → 明确要研究的回路及原磁场 B 的方向 二变 → 确定磁通量 Φ 的变化 三感 → 判断感应电流的磁场方向 四电流 → 判断感应电流的方向 楞次定律 安培定则

2. 右手定则的理解和应用

(1) 右手定则适用于闭合电路的部分导体切割磁感线产生感应电流的情况。

(2) 右手定则是楞次定律的一种特殊形式，用右手定则能解决的问题，用楞次定律均可代替解决。



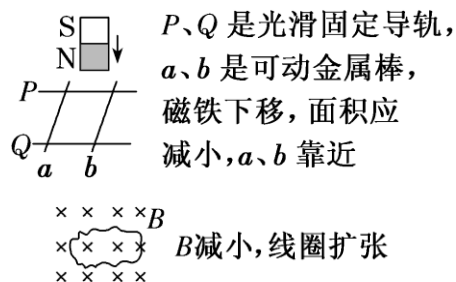
(3) 右手定则应用“三注意”：

- ① 磁感线必须垂直穿入掌心。
- ② 拇指指向导体运动的方向。
- ③ 四指所指的方向为感应电流方向。

3. 楞次定律推论的应用

内容	例 证
阻碍原磁通量变化——“增反减同”	磁铁靠近线圈，$B_{\text{感}}$与$B_{\text{原}}$反向
阻碍相对运动——“来拒去留”	磁铁靠近，是斥力 磁铁远离，是引力

使回路面积有扩大或缩小的趋势——“增缩减扩”



考点 2：法拉第电磁感应定律求感生电动势

1. 公式 $E = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 求解的是一个回路中某段时间内的平均电动势，在磁通量均匀变化时，瞬时值才等于平均值。
2. 感应电动势的大小由线圈的匝数和穿过线圈的磁通量的变化率 $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 共同决定，而与磁通量 Φ 的大小、变化量 $\Delta \Phi$ 的大小没有必然联系。
3. 磁通量的变化率 $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ 对应 $\Phi-t$ 图线上某点切线的斜率。
4. 通过回路截面的电荷量 $q = \frac{n \Delta \Phi}{R}$ ，仅与 n 、 $\Delta \Phi$ 和回路电阻 R 有关，与时间长短无关。
5. 感应电动势 $E = S_{\text{有效}} \frac{\Delta B}{\Delta t}$ 中的 $S_{\text{有效}}$ 为圆环回路在磁场中的面积，而不是圆环回路的面积。

考点 3：动生电动势的求解

1. $E = Blv$ 的三个特性

正交性	本公式要求磁场为匀强磁场，而且 B 、 l 、 v 三者互相垂直
有效性	公式中的 l 为导体棒切割磁感线的有效长度，如图中 ab
相对性	$E = Blv$ 中的速度 v 是导体棒相对磁场的速度，若磁场也在运动，应注意速度间的相对关系

2. 应用法拉第电磁感应定律的四种情况

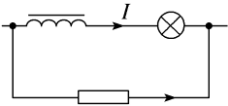
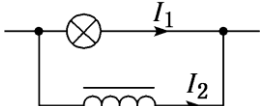
情景图			
研究对象	一段直导线(或等效成直导线)	绕一端转动的一段导体棒	绕与 B 垂直的轴转动的导线框
表达式	$E = BLv$	$E = \frac{1}{2} BL^2 \omega$	$E = NBS \omega \sin \omega t$

考点 4：感应电流电荷量的三种求法

	公 式	说 明
方法 1	$q=It$ ，式中 I 为回路中的恒定电流， t 为时间。	①由于导体棒匀速切割磁感线产生感应电动势而使得闭合回路中的电流恒定，根据电流定义式可知 $q=It$ 。
		②闭合线圈中磁通量均匀增大或减小且回路电阻保持不变，则电路中的电流 I 恒定，时间 t 内通过线圈横截面的电荷量 $q=It$ 。(公众号：屋里学家 独家整理)
方法 2	$q=n\frac{\Delta\Phi}{R}$ 。其中 R 为回路电阻， $\Delta\Phi$ 为穿过闭合回路的磁通量变化量。	①闭合回路中的电阻 R 不变，并且只有磁通量变化为电路提供电动势。
		②从表面来看，通过回路的电荷量与时间无关，但 $\Delta\Phi$ 与时间有关，随时间变化。
方法 3	$\Delta q=C\cdot\Delta U=CBL\Delta v$ ，式中 C 为电容器的电容， B 为匀强磁场的磁感应强度， L 为导体棒切割磁感线的有效长度， Δv 为导体棒切割速度的变化量。	在匀强磁场中，电容器接在切割磁感线的导体棒两端，不计一切电阻，电容器两极板间电压等于导体棒切割磁感线产生的感应电动势 E ，通过电容器的电流 $I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{C\Delta U}{\Delta t}$ ，又 $E=Blv$ ，则 $\Delta U=BL\Delta v$ ，可得 $\Delta q=CBL\Delta v$ 。

考点 5：自感、电磁阻尼和电磁驱动

1. 自感现象中灯泡亮度变化分析

	与线圈串联的灯泡	与线圈并联的灯泡
电路图		
通电时	电流逐渐增大，灯泡逐渐变亮	电流突然增大，然后逐渐减小达到稳定
断电时	电流逐渐减小，灯泡逐渐变暗，电流方向不变	电路中稳态电流为 I_1 、 I_2 ： ①若 $I_2\leq I_1$ ，灯泡逐渐变暗； ②若 $I_2>I_1$ ，灯泡“闪亮”后逐渐变暗。 两种情况下灯泡中电流方向均改变

2. 电磁阻尼与电磁驱动的比较

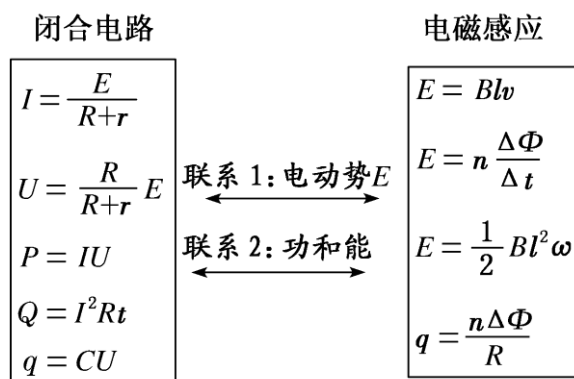
	电磁阻尼	电磁驱动
不同点	成因 由于导体在磁场中运动而产生感应电流，从而使导体受到安培力	由于磁场运动引起磁通量的变化而产生感应电流，从而使导体受到安培力
	效果 安培力的方向与导体运动方向相反，阻碍导体运动	导体受安培力的方向与导体运动方向相同，推动导体运动(公众号：屋里学家 独家整理)

	能量转化	导体克服安培力做功，其他形式能转化为电能，最终转化为内能	由于电磁感应，磁场能转化为电能，通过安培力做功，电能转化为导体的机械能，而对外做功
	相同点	两者都是电磁感应现象，都遵循楞次定律，都是安培力阻碍引起感应电流的导体与磁场间的相对运动	

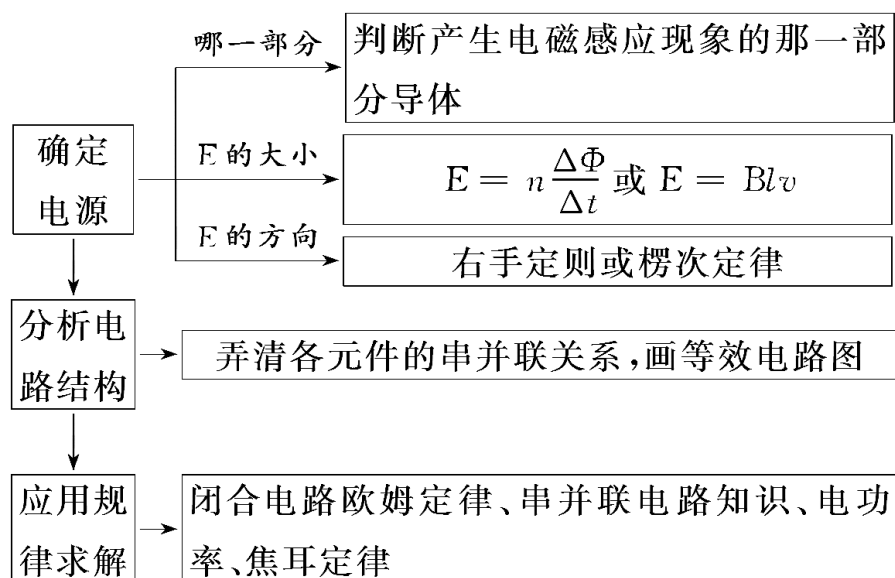
专题 08 电磁感应中的电路和图像问题

考点 1: 电磁感应中的电路问题

1. 电磁感应中电路知识的关系图



2. “三步走”分析电路为主的电磁感应问题



考点 2: 电磁感应中的图像问题

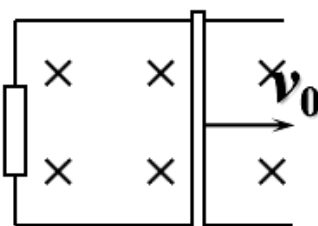
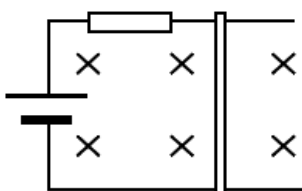
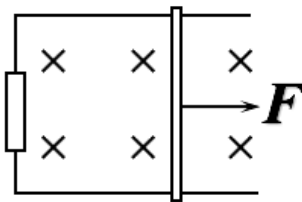
电磁感应图像类选择题的常用解法:

(1) 排除法: 定性地分析电磁感应过程中物理量的变化趋势(增大还是减小)、变化快慢(均匀变化还是非均匀变化), 特别是物理量的正负, 排除错误的选项。

(2) 函数法: 根据题目所给条件定量地写出两个物理量之间的函数关系, 然后由函数关系对图像进行分析和判断。

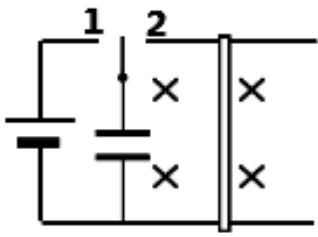
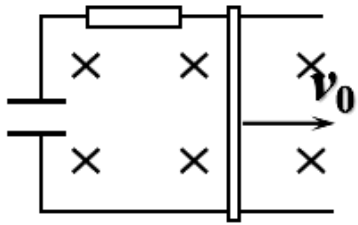
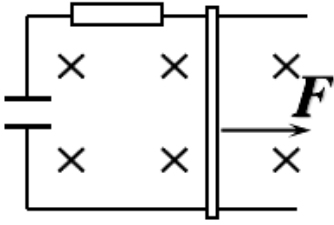
专题 09 电磁感应中的单棒问题

考点 1：三类常见单棒问题

模型	规律
 阻尼式（导轨光滑）	1、力学关系：$F_A = BIl = \frac{B^2 l^2 v}{R+r} \quad a = \frac{F_A}{m} = \frac{B^2 l^2 v}{m(R+r)}$ 2、能量关系：$\frac{1}{2}mv_0^2 - 0 = Q$ 3、动量电量关系：$-B\bar{I}l \cdot \Delta t = 0 - mv_0; \quad q = n \frac{\Delta \phi}{R+r} = \frac{Bl \cdot \Delta s}{R+r}$
 电动式（导轨粗糙）	1、力学关系：$F_A = B \frac{(E - E_{\text{反}})}{R+r} l = B \frac{(E - Blv)}{R+r} l \quad a = \frac{F_B - \mu mg}{m} = B \frac{(E - Blv)}{m(R+r)} l - \mu g$ 2、动量关系：$BLq - \mu mgt = mv_m - 0$ 3、能量关系：$qE = Q + \mu mgS + \frac{1}{2}mv_m^2$ 4、稳定后的能量转化规律：$I_{\min} E = I_{\min} E_{\text{反}} + I_{\min}^2 (R+r) + \mu mgv_m$ 5、两个极值：（1）最大加速度：v=0 时, E 反=0, 电流、加速度最大。 $I_m = \frac{E}{R+r}; \quad F_m = BI_m l; \quad a_m = \frac{F_m - \mu mg}{m}$ （公众号：屋里学家 独家整理） （2）最大速度：稳定时，速度最大，电流最小。 $I_{\min} = \frac{E - Blv_m}{R+r}, \quad \mu mg = F_{\min} = BI_{\min} l = B \frac{E - Blv_m}{R+r} l$
 发电式（导轨粗糙）	1、力学关系：$a = \frac{F - F_B - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \frac{B^2 l^2 v}{m(R+r)} - \mu g$ 2、动量关系：$Ft - BLq - \mu mgt = mv_m - 0$ 3、能量关系：$Fs = Q + \mu mgS + \frac{1}{2}mv_m^2$ 4、稳定后的能量转化规律：$Fv_m = \frac{(Blv_m)^2}{R+r} + \mu mgv_m$ 5、两个极值： （1）最大加速度：当 v=0 时，$a_m = \frac{F - \mu mg}{m}$

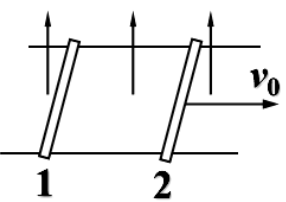
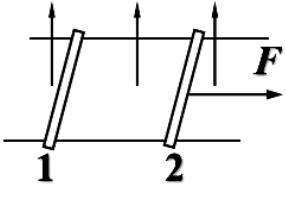
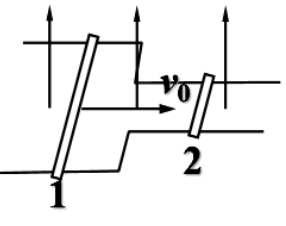
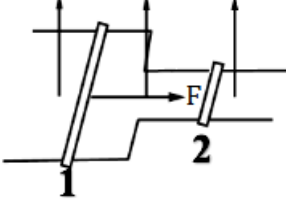
	(2) 最大速度：当 $a=0$ 时， $a = \frac{F - F_B - \mu mg}{m} = \frac{F}{m} - \frac{B^2 l^2 v_m}{m(R+r)} - \mu g = 0$
--	--

考点 2：三类含容单棒问题

模型	规律
 放电式（先接 1，后接 2。导轨光滑）	1、电容器充电量： $Q_0 = CE$ 2、放电结束时电量： $Q = CU = CBlv_m$ 3、电容器放电电量： $\Delta Q = Q_0 - Q = CE - CBlv_m$ 4、动量关系： $B\bar{I}l \cdot \Delta t = Bl\Delta Q = mv_m$ ； $v_m = \frac{BlCE}{m + B^2 l^2 C}$ 功能关系： $W_{安} = \frac{1}{2}mv_m^2 = \frac{m(BlCE)^2}{2(m + B^2 l^2 C)^2}$
 无外力充电式（导轨光滑）	达到最终速度时： 1、电容器两端电压： $U = Blv$ （ v 为最终速度）（公众号：屋里学家 独家整理） 2、电容器电量： $q = CU$ 动量关系： $-B\bar{I}l \cdot \Delta t = -Blq = mv - mv_0$ ； $v = \frac{mv_0}{m + B^2 l^2 C}$
 有外力充电式（导轨光滑）	1、力学关系： $F - F_A = F - BlI = ma$ 2、电流大小： $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{C\Delta U}{\Delta t} = \frac{CBl\Delta v}{\Delta t} = CBla$ 加速度大小： $a = \frac{F}{m + CB^2 l^2}$

专题 10 电磁感应中的双棒问题

考点 1: 常见的双棒模型

模型	规律
 无外力等距式（导轨光滑）	1、电流大小：$I = \frac{Blv_2 - Blv_1}{R_1 + R_2} = \frac{Bl(v_2 - v_1)}{R_1 + R_2}$ 2、稳定条件：两棒达到共同速度(公众号：屋里学家 独家整理) 3、动量关系：$m_2 v_0 = (m_1 + m_2)v$ 4、能量关系：$\frac{1}{2} m_2 v_0^2 = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_{\text{共}}^2 + Q \quad ; \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$
 有外力等距式（导轨光滑）	1、电流大小：$I = \frac{Blv_2 - Blv_1}{R_1 + R_2}$ 2、力学关系：$a_1 = \frac{F_A}{m_1} \quad ; \quad a_2 = \frac{F - F_A}{m_2} \quad . \quad (\text{任意时刻两棒加速度})$ 3、稳定条件：当 $a_2 = a_1$ 时，$v_2 - v_1$ 恒定；I 恒定；F_A 恒定；两棒匀加速。 4、稳定时的物理关系： $F = (m_1 + m_2)a \quad ; \quad F_A = m_1 a \quad ; \quad F_A = BIl = B \frac{Bl(v_2 - v_1)}{R_1 + R_2} l$ $v_2 - v_1 = \frac{(R_1 + R_2)m_1 F}{B^2 l^2 (m_1 + m_2)}$
 无外力不等距式 （导轨光滑）	1、动量关系：$-BL_1 \bar{I} \Delta t = m_1 v_1 - m_1 v_0 \quad ; \quad -BL_2 \bar{I} \Delta t = m_2 v_2 - 0$ 2、稳定条件：$BL_1 v_1 = BL_2 v_2$ 3、最终速度：$v_1 = \frac{m_1 L_2^2}{m_1 L_2^2 + m_2 L_1^2} v_0 \quad ; \quad v_2 = \frac{m_1 L_2 L_1}{m_1 L_2^2 + m_2 L_1^2} v_0$ 4、能量关系：$Q = \frac{1}{2} m_1 v_0^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} m_2 v_2^2$ 5、电量关系：$BL_2 q = m_2 v_2 - 0$
	F 为恒力，则： 1、稳定条件：$l_1 a_1 = l_2 a_2 \quad , \quad I \text{ 恒定} \quad , \quad \text{两棒做匀加速直线运动}$ 2、常用关系：$a_1 = \frac{F - F_{A1}}{m_1} \quad ; \quad a_2 = \frac{F_{A2}}{m_2} \quad ; \quad l_1 a_1 = l_2 a_2 \quad ; \quad \frac{F_{A1}}{F_{A2}} = \frac{l_1}{l_2}$

有外力不等距式 (导轨光滑)	3、常用结果： $F_{A1} = \frac{l_1^2 m_2}{l_1^2 m_2 + l_2^2 m_1} F$; $F_{A2} = \frac{l_1 l_2 m_2}{l_1^2 m_2 + l_2^2 m_1} F$; $a_1 = \frac{l_2^2}{l_1^2 m_2 + l_2^2 m_1} F$; $a_2 = \frac{l_1 l_2}{l_1^2 m_2 + l_2^2 m_1} F$; 此时回路中电流为： $I = \frac{l_1 m_2}{l_1^2 m_2 + l_2^2 m_1} \cdot \frac{F}{B}$ 与两棒电阻无关
---------------------------	--

专题 11 交变电流的产生和描述

考点 1: 交变电流的产生规律

1. 正弦式交变电流的产生

(1)线圈绕垂直于磁场方向的轴匀速转动。

(2)两个特殊位置的特点:

①线圈平面与中性面重合时, $S \perp B$, Φ 最大, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=0$, $e=0$, $i=0$, 电流方向将发生改变。

②线圈平面与中性面垂直时, $S \parallel B$, $\Phi=0$, $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ 最大, e 最大, i 最大, 电流方向不改变。

(3)电流方向的改变: 线圈通过中性面时, 电流方向发生改变, 一个周期内线圈两次通过中性面, 因此电流的方向改变两次。

(4)交变电动势的最大值 $E_m=nBS\omega$, 与转轴位置无关, 与线圈形状无关。

2. 产生正弦交流电的四种其他方式

(1)线圈不动, 匀强磁场匀速转动。

(2)导体棒在匀强磁场中做简谐运动。

(3)线圈不动, 磁场按正弦规律变化。

(4)在匀强磁场中导体棒的长度与时间成正弦规律变化。

考点 2: 交变电流的四值问题

	物理含义	重要关系	适用情况
瞬时值	交变电流某时刻的值	$e=E_m \sin \omega t$ $e=E_m \cos \omega t$	正弦形式, 从中性面开始 余弦形式, 从垂直中性面开始
峰值	交变电流最大的瞬时值	$E_m=nBS\omega \quad I_m=\frac{E_m}{R+r}$	确定用电器的耐压值、电容器的击穿电压
有效值	跟交变电流的热效应等效的恒定电流值	$E=\frac{E_m}{\sqrt{2}}$ $U=\frac{U_m}{\sqrt{2}}$	(1)计算与电流热效应相关的量(如功率、热量) (2)交流电表的测量值 (3)电器设备的额定电压、额定电流 (4)保险丝的熔断电流
平均值	$i-t$ 图像中图线与时间轴所围面积与时间的比值	$\overline{E} = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ $\overline{I} = \frac{\overline{E}}{R+r}$	计算通过电路某截面的电荷量

考点 3: 交变电流的有效值

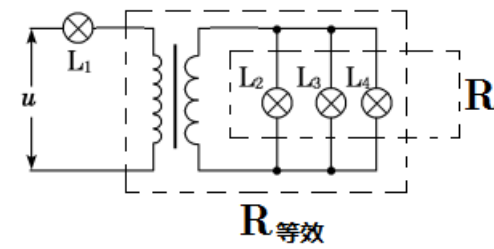
求解有效值的两个关键点

1. 计算有效值的根据是电流的热效应, 抓住“三同”: “相同时间”内“相同电阻”上产生“相同热量”列式求解。

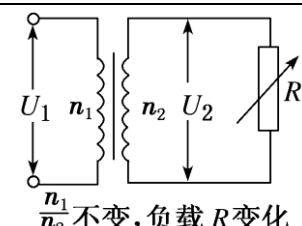
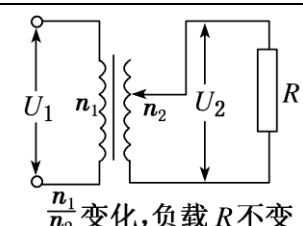
2. 利用公式 $Q=I^2 R t$ 和 $Q=\frac{U^2}{R} t$ 可分别求得电流有效值和电压有效值。

专题 12 变压器及远距离输电

考点 1：理想变压器原理与基本关系

理想变压器		没有能量损失(铜损、铁损)，没有磁通量损失(磁通量全部集中在铁芯中)
基本关系	功率关系	原线圈的输入功率等于副线圈的输出功率， $P_{\text{入}}=P_{\text{出}}$
	电压关系	原、副线圈的电压比等于匝数比， $U_1:U_2=n_1:n_2$ ，与负载的多少无关
	电流关系	只有一个副线圈时， $I_1:I_2=n_2:n_1$ ；有多个副线圈时，由 $P_{\text{入}}=P_{\text{出}}$ 即 $I_1U_1=I_2U_2+I_3U_3+\cdots+I_nU_n$ 得 $I_1n_1=I_2n_2+I_3n_3+\cdots+I_nn_n$
	频率关系	$f_1=f_2$ (变压器不改变交流电的频率) (公众号：屋里学家 独家整理)
处理技巧	等效电阻	$R_{\text{等效}}=\frac{n_1^2}{n_2^2}R$

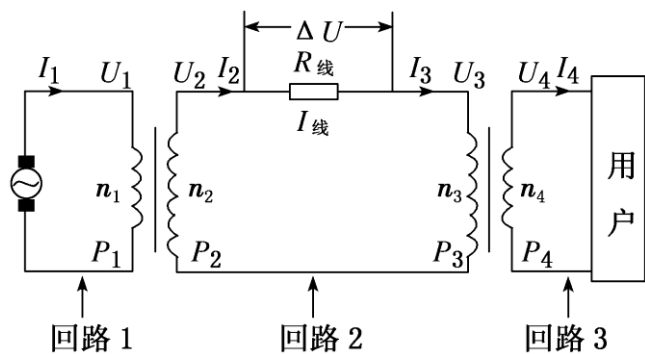
考点 2：理想变压器的动态分析

匝数比不变的情况	负载电阻不变的情况
 $\frac{n_1}{n_2}$ 不变, 负载 R 变化	 $\frac{n_1}{n_2}$ 变化, 负载 R 不变
(1) U_1 不变, 根据 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$, 输入电压 U_1 决定输出电压 U_2 , 可以得出不论负载电阻 R 如何变化, U_2 不变。 (2)当负载电阻发生变化时, I_2 变化, 根据输出电流 I_2 决定输入电流 I_1 , 可以判断 I_1 的变化。 (3) I_2 变化引起 P_2 变化, 根据 $P_1=P_2$, 可以判断 P_1 的变化。	(1) U_1 不变, $\frac{n_1}{n_2}$ 发生变化, U_2 变化。 (2) R 不变, U_2 变化, I_2 发生变化。 (3)根据 $P_2=\frac{U_2^2}{R}$ 和 $P_1=P_2$, 可以判断 P_2 变化时, P_1 发生变化, U_1 不变时, I_1 发生变化。

考点 3：远距离输电

远距离输电问题中的“三 二 一”

1. 理清三个回路



2. 抓住两个联系

(1)理想的升压变压器联系着回路 1 和回路 2，由变压器原理可得：线圈 1(匝数为 n_1)和线圈 2(匝数为 n_2)中各个量间

的关系是 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{n_1}{n_2}$, $\frac{I_1}{I_2}=\frac{n_2}{n_1}$, $P_1=P_2$ 。

(2)理想的降压变压器联系着回路 2 和回路 3，由变压器原理可得：线圈 3(匝数为 n_3)和线圈 4(匝数为 n_4)中各个量间

的关系是 $\frac{U_3}{U_4}=\frac{n_3}{n_4}$, $\frac{I_3}{I_4}=\frac{n_4}{n_3}$, $P_3=P_4$ 。

3. 掌握一个守恒

能量守恒关系式 $P_1=P_{\text{损}}+P_4$ 。

4.电压损失和功率损失的计算

(1) 电压损失：输电线路路上 $I_2=I_{\text{线}}=I_3$ ，总电阻 $R_{\text{线}}$ 导致的电压损失 $\Delta U=U_2-U_3=I_{\text{线}}R_{\text{线}}$ 。

(2) 功率损失：

$$\textcircled{1} P_{\text{损}}=P_1-P_4$$

$$\textcircled{2} P_{\text{损}}=I_{\text{线}} \cdot \Delta U=I_{\text{线}}^2 R_{\text{线}}=\left(\frac{P_2}{U_2}\right)^2 R_{\text{线}}$$

注意：(1)当输送功率一定时，输电电压增大到原来的 n 倍，输电线上损耗的功率减小到原来的 $\frac{1}{n^2}$ 。

(2)不要把输电线上的输电电压 U_2 和输电线上损失的电压 ΔU 相混淆。

专题 13 探究变压器电压与匝数关系、传感器的利用

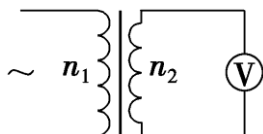
考点 1: 探究变压器原副线圈电压与匝数关系

(一) 实验目的

探究变压器原线圈电压一定时, 副线圈电压与线圈匝数的定量关系。

(二) 实验原理

1. 实验电路图



2. 实验方法: 采用控制变量法。

(1) n_1 一定, 研究 n_2 和 U_2 的关系。

(2) n_2 一定, 研究 n_1 和 U_2 的关系。

(三) 实验器材

学生电源(低压交流, 小于 12 V)1 个、可拆变压器 1 个、多用电表(交流电压挡)1 个、导线若干。

(四) 实验步骤

1. 保持原线圈的匝数 n_1 和电压 U_1 不变, 改变副线圈的匝数 n_2 , 研究 n_2 对副线圈电压 U_2 的影响。

2. 保持副线圈的匝数 n_2 和原线圈两端的电压 U_1 不变, 研究原线圈的匝数对副线圈电压的影响。

(五) 误差分析

1. 由于漏磁, 通过原、副线圈的每一匝的磁通量不严格相等造成误差。

2. 原、副线圈有电阻, 原、副线圈中的焦耳热损耗(铜损), 造成误差。

3. 铁芯中有磁损耗, 产生涡流, 造成误差。

(六) 注意事项

1. 要事先推测副线圈两端电压的可能值。

2. 为了人身安全, 只能使用低压交流电压, 所用电压不要超过 12 V, 即使这样, 通电时不要用手接触裸露的导线、接线柱。

3. 为了多用电表的安全, 使用交流电压挡测电压时, 先用最大量程挡测试, 大致确定电压后再选择适当的挡位进行测量。

4. 连接电路后要由同组的几位同学分别独立检查, 然后请老师确认, 之后才能接通电源。

考点 2: 利用传感器制作简单的自动控制装置

1. 实验目的

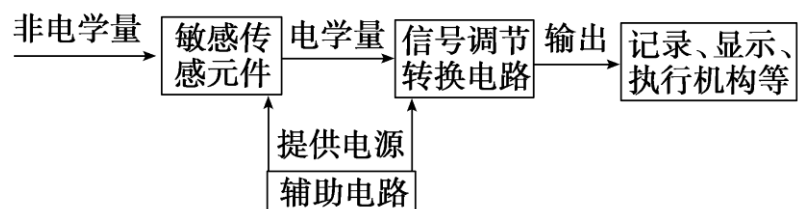
(1) 了解传感器的工作过程, 探究敏感元件的特性。

(2) 学会传感器的简单使用。

2. 实验原理

(1) 传感器能够将感受到的物理量(力、热、光、声等)转换成便于测量的量(一般是电学量)。

(2) 其工作过程如下图所示。



3. 实验器材

热敏电阻、光敏电阻、多用电表、铁架台、烧杯、冷水、热水、小灯泡、学生电源、继电器、滑动变阻器、开关、导线等。

4. 误差分析

误差主要来源于温度计和欧姆表的读数。

5. 注意事项

(1)在做热敏实验时，加开水后要等一会儿再测其阻值，以使电阻温度与水的温度相同，并同时读出水温。

(2)光敏实验中，如果效果不明显，可将光敏电阻部分电路放入带盖的纸盒中，并通过盖上小孔改变照射到光敏电阻上的光的多少。

(3)欧姆表每次换挡后都要重新进行电阻调零。

2025 版高二物理考点总结（选修三）

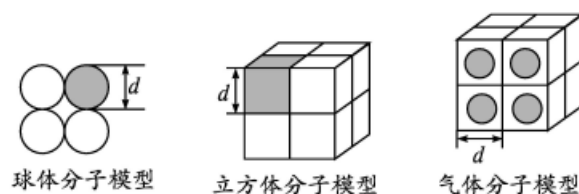
目录

专题 01 分子动理论、固体与液体.....	2
考点 1: 分子的大小.....	2
考点 2: 扩散现象、布朗运动和热运动.....	2
考点 3: 分子力和分子势能.....	3
考点 4: 固体和液体.....	3
考点 5: 用油膜法估测分子大小.....	4
专题 02 气体实验定律和图像.....	5
考点 1: 气体实验定律的基本规律及推论.....	5
考点 2: 理想气体的常见图像.....	5
考点 3: 探究温度不变情况下一定质量气体的压强和体积的关系.....	6
专题 03 有关理想气体的气缸类问题、管类问题、变质量类问题.....	7
考点 1: 气缸类问题.....	7
考点 2: 管类问题.....	7
考点 3: 变质量问题.....	7
专题 04 热力学定律的综合应用.....	8
考点 1: 热力学第一定律.....	8
考点 2: 热力学第二定律.....	8
考点 3: 热力学第一定律与气体图像的综合应用.....	9
考点 4: 热力学第一定律与气体实验定律的综合应用.....	9
专题 05 光电效应、波尔理论.....	10
考点 1: 光电效应.....	10
考点 2: 光电效应的四类图像.....	11
考点 3: 波尔理论.....	11
专题 06 原子核物理.....	13
考点 1: 原子核的衰变和半衰期.....	13
考点 2: 核反应方程与核能的计算.....	14

专题 01 分子动理论、固体与液体

考点 1: 分子的大小

1. 两种分子模型



物质有固态、液态和气态三种情况,不同物态下应将分子看成不同的模型。

(1) 固体、液体分子一个一个紧密排列,可将分子看成球形或立方体形,如图所示,分子间距等于小球的直径或立方体的棱长,所以 $d = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$ (球体模型) 或 $d = \sqrt[3]{V}$ (立方体模型)。

(2) 气体分子不是一个一个紧密排列的,它们之间的距离很大,所以气体分子的大小不等于分子所占有的平均空间,如图所示,此时每个分子占有的空间视为棱长为 d 的立方体,所以 $d = \sqrt[3]{V}$ 。

提醒:对于气体,利用 $d = \sqrt[3]{V}$ 得到的不是分子直径,而是气体分子间的平均距离。

2. 微观量与宏观量间的关系

微观量:分子体积 V_0 、分子直径 d 、分子质量 m_0 。

宏观量:物体的体积 V 、摩尔体积 V_m 、物体的质量 m 、摩尔质量 M 、物体的密度 ρ 。

(1) 分子的质量: $m_0 = \frac{M}{N_A} = \frac{\rho V_m}{N_A}$ 。

(2) 分子的体积: $V_0 = \frac{V_m}{N_A} = \frac{M}{\rho N_A}$ (适用于固体和液体)。

(3) 物体所含的分子数: $N = \frac{V}{V_m} \cdot N_A = \frac{m}{\rho V_m} \cdot N_A$ 或 $N = \frac{m}{M} \cdot N_A = \frac{\rho V}{M} \cdot N_A$ 。

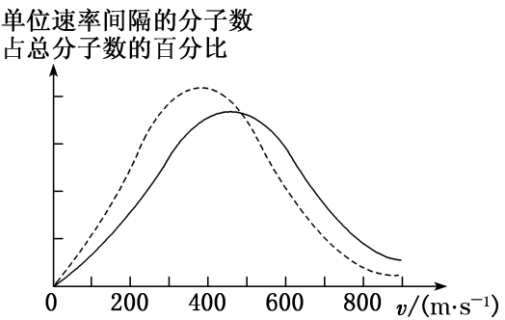
考点 2: 扩散现象、布朗运动和热运动

1. 扩散现象、布朗运动与热运动的比较

现象	扩散现象	布朗运动	热运动
活动主体	分子	固体微小颗粒	分子
区别	是分子的运动,发生在任何两种物质之间	是比分子大得多的颗粒的运动,只能在液体、气体中发生	是分子的运动,不能通过光学显微镜直接观察到
共同点	(1)都是无规则运动;(2)都随温度的升高而更加激烈		
联系	扩散现象、布朗运动都反映了分子做无规则的热运动		

2. 气体分子的速率分布

气体分子的速率呈“中间多、两头少”分布。



考点 3：分子力和分子势能

分子力变化	分子势能变化
①分子斥力、引力同时存在； ②当 $r > r_0$ 时，r 增大，斥力引力都减小，斥力减小更快，分子力变现为引力； ③当 $r < r_0$ 时，r 减小，斥力引力都增加，斥力增加更快，分子力变现为斥力； ④当 $r = r_0$ 时，斥力等于引力，分子力为零。	①当 $r = r_0$ 时，分子势能最小； ②当 $r > r_0$ 时，r 逐渐减小，分子势能逐渐减小； ③当 $r < r_0$ 时，r 逐渐减小，分子势能逐渐增加。

考点 4：固体和液体

1. 晶体与非晶体的对比

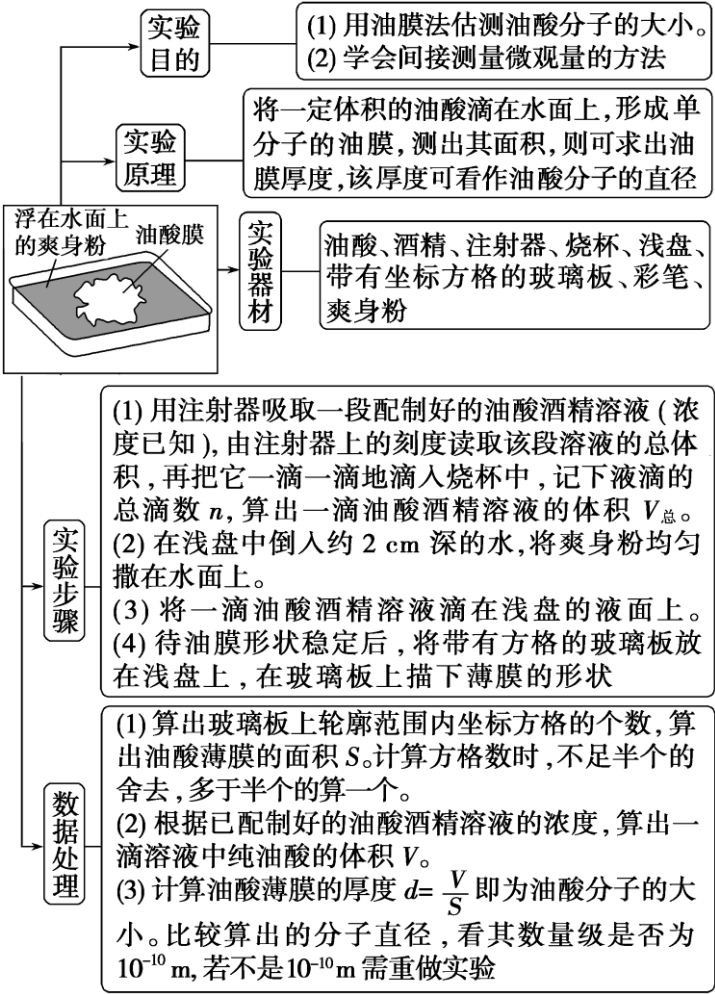
比较 \ 分类	晶体		非晶体
	单晶体	多晶体	
外形	规则	不规则	不规则
熔点	确定	确定	不确定
物理性质	各向异性	各向同性	各向同性
原子排列	规则	多晶体的每个晶体间排列不规则	不规则
典型物质	石英、云母、食盐、硫酸铜		玻璃、蜂蜡、松香

2. 液体表面张力的理解

形成原因	表面层中分子间的距离比液体内部分子间的距离大, 分子间的相互作用力表现为引力
------	--

表面特性	表面层分子间的引力使液面产生了表面张力,使液体表面好像一层绷紧的弹性薄膜
表面张力的方向	和液面相切,垂直于液面上的各条分界线
表面张力的效果	表面张力使液体表面具有收缩趋势,使液体表面积趋于最小,而在体积相同的条件下,球形的表面积最小
典型现象	球形液滴、肥皂泡、涟漪、毛细现象、浸润和不浸润

考点 5：用油膜法估测分子大小



专题 02 气体实验定律和图像

考点 1: 气体实验定律的基本规律及推论

1. 理想气体状态方程与气体实验定律的关系

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \begin{cases} \text{温度不变: } p_1 V_1 = p_2 V_2 & \text{玻意耳定律} \\ \text{体积不变: } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} & \text{查理定律} \\ \text{压强不变: } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} & \text{盖—吕萨克定律} \end{cases}$$

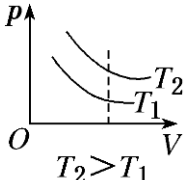
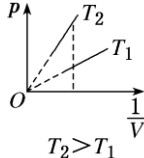
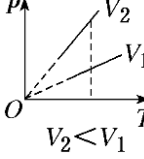
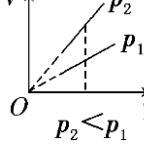
2. 两个重要的推论

(1) 查理定律的推论: $\Delta p = \frac{p_1}{T_1} \Delta T$

(2) 盖—吕萨克定律的推论: $\Delta V = \frac{V_1}{T_1} \Delta T$

考点 2: 理想气体的常见图像

1. 一定质量的气体不同图像的比较

类别	特点(其中 C 为常量)	举例
$p-V$	$pV = CT$, 即 pV 之积越大的等温线温度越高, 线离原点越远	
$p-\frac{1}{V}$	$p = CT\frac{1}{V}$, 斜率 $k = CT$, 即斜率越大, 温度越高	
$p-T$	$p = \frac{C}{V}T$, 斜率 $k = \frac{C}{V}$, 即斜率越大, 体积越小	
$V-T$	$V = \frac{C}{p}T$, 斜率 $k = \frac{C}{p}$, 即斜率越大, 压强越小	

[注意] 上表中各个常量“ C ”意义有所不同。可以根据 $pV = nRT$ 确定各个常量“ C ”的意义。

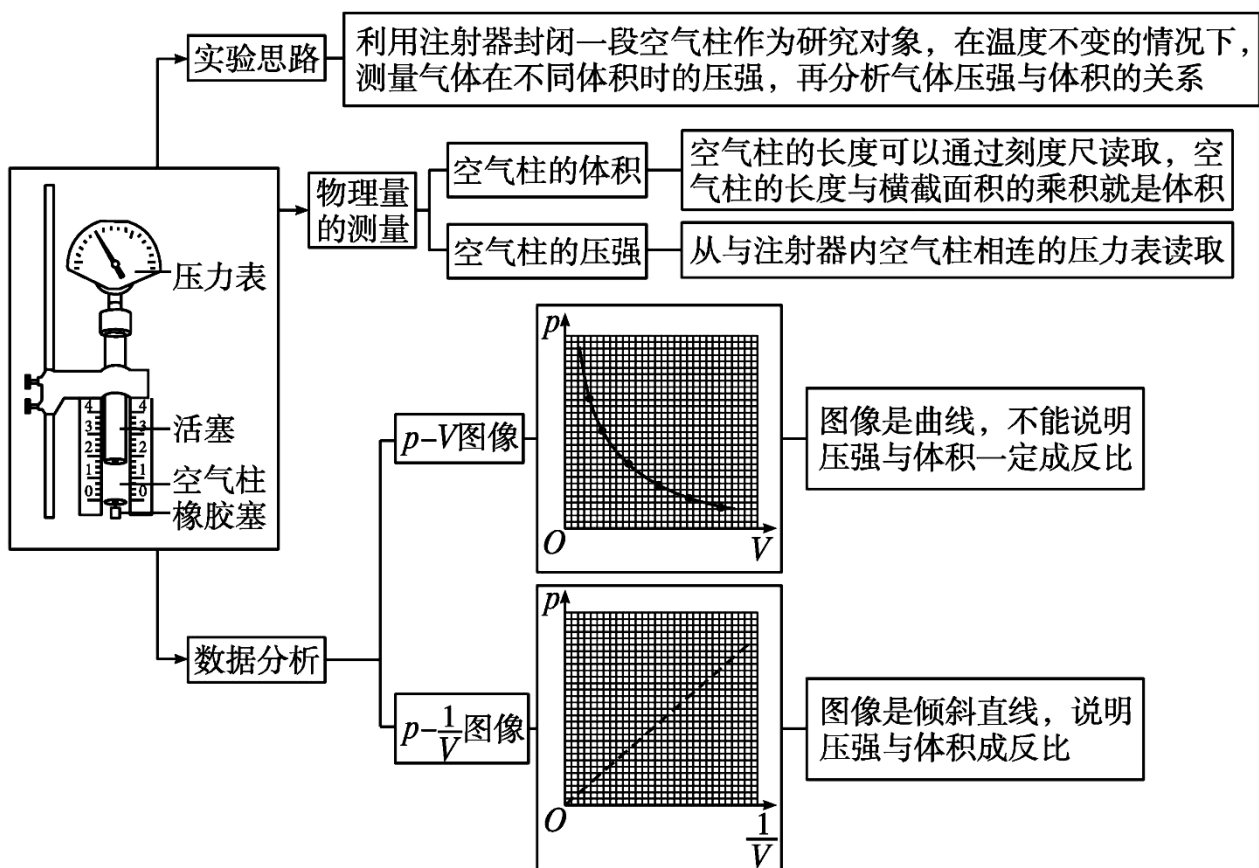
2. 气体状态变化图像的分析方法

(1) 明确点、线的物理意义: 求解气体状态变化的图像问题, 应当明确图像上的点表示一定质量的理想气体的一个平衡状态, 它对应着三个状态参量; 图像上的某一条直线段或曲线段表示一定质量的理想气体状态变化的一个过程。

(2) 明确图像斜率的物理意义: 在 $V-T$ 图像($p-T$ 图像)中, 比较两个状态的压强(或体积)大小, 可以比较这两个状态到原点连线的斜率的大小, 其规律是: 斜率越大, 压强(或体积)越小; 斜率越小, 压强(或体积)越大。

(3) 明确图像面积物理意义: 在 $p-V$ 图像中, $p-V$ 图线与 V 轴所围面积表示气体对外界或外界对气体所做的功。

考点 3：探究温度不变情况下一定质量气体的压强和体积的关系



注意事项：

- (1) 为了保持封闭气体的质量不变，实验中采取的主要措施是注射器活塞上涂润滑油。
- (2) 为了保持封闭气体的温度不变，实验中采取的主要措施是移动活塞要缓慢和不能用手握住注射器封闭气体部分。

专题 03 有关理想气体的气缸类问题、管类问题、变质量类问题

考点 1: 气缸类问题

解决此类问题的一般思路:

- (1) 弄清题意, 确定研究对象。一般研究对象分两类: 一类是热学研究对象(一定质量的理想气体); 另一类是力学研究对象(汽缸、活塞或某系统)。
- (2) 分析清楚题目所述的物理过程, 对热学研究对象分析清楚初、末状态及状态变化过程, 依据气体实验定律或理想气体状态方程列出方程; 对力学研究对象要正确地进行受力分析, 依据力学规律列出方程。
- (3) 注意挖掘题目中的隐含条件, 如几何关系、体积关系等, 列出辅助方程。
- (4) 多个方程联立求解。对求解的结果注意分析它们的合理性。

考点 2: 管类问题

解答此类问题, 关键是液柱封闭气体压强的计算, 求液柱封闭的气体压强时, 一般以液柱为研究对象分析受力、列平衡方程, 要注意:

- (1) 液体因重力产生的压强大小为 $p = \rho gh$ (其中 h 为至液面的竖直高度);
- (2) 不要漏掉大气压强, 同时又要尽可能平衡掉某些大气的压力;
- (3) 有时可直接应用连通器原理——连通器内静止的液体, 同种液体在同一水平面上各处压强相等;
- (4) 当液体为水银时, 可灵活应用压强单位“cmHg”等, 使计算过程简捷。

考点 3: 变质量问题

分析气体的变质量问题时, 可以通过巧妙地选择合适的研究对象“化变为定”, 即把“变质量”问题转化为“定质量”的气体问题, 然后利用气体实验定律或理想气体状态方程求解。

1. 充气问题: 在充气时, 将充进容器内的气体和容器内的原有气体为研究对象时, 这些气体的质量是不变的。这样, 可将“变质量”的问题转化成“定质量”问题。
2. 抽气问题: 在对容器抽气的过程中, 对每一次抽气而言, 气体质量发生变化, 解决该类变质量问题的方法与充气问题类似: 假设把每次抽出的气体包含在气体变化的始末状态中, 即用等效法把“变质量”问题转化为“定质量”的问题。
3. 灌气问题: 将一个大容器里的气体分装到多个小容器中的问题也是变质量问题, 分析这类问题时, 可以把大容器中的气体和多个小容器中的气体作为一个整体来进行研究, 即可将“变质量”问题转化为“定质量”问题。
4. 漏气问题: 容器漏气过程中气体的质量不断发生变化, 属于变质量问题, 如果选容器内剩余气体和漏掉的气体为研究对象, 便可使“变质量”转化成“定质量”问题。
5. 也可以利用 $pV = nRT$ 来处理有关变质量问题。

专题 04 热力学定律的综合应用

考点 1：热力学第一定律

1. 对热力学第一定律的理解

- (1)做功和热传递在改变系统内能上是等效的。
- (2)做功过程是系统与外界之间的其他形式能量与内能的相互转化。
- (3)热传递过程是系统与外界之间内能的转移。

2. 热力学第一定律的三种特殊情况

- (1)若过程是绝热的，则 $Q=0$ ， $W=\Delta U$ ，外界对物体做的功等于物体内能的增加。
- (2)若过程中不做功，则 $W=0$ ， $Q=\Delta U$ ，物体吸收的热量等于物体内能的增加。
- (3)若过程的始、末状态物体的内能不变，则 $W+Q=0$ ，即物体吸收的热量全部用来对外做功，或外界对物体做的功等于物体放出的热量。

3. 公式 $\Delta U=W+Q$ 中符号法则的理解

物理量	W	Q	ΔU
+	外界对物体做功	物体吸收热量	内能增加
-	物体对外界做功	物体放出热量	内能减少

考点 2：热力学第二定律

1. 热力学第二定律的含义

- (1)“自发地”指明了热传递等热力学宏观现象的方向性，不需要借助外界提供能量的帮助。
- (2)“不产生其他影响”的含义是发生的热力学宏观过程只在本系统内完成，对周围环境不产生热力学方面的影响，如吸热、放热、做功等。在产生其他影响的条件下内能可以全部转化为机械能，如气体的等温膨胀过程。

2. 热力学第二定律的实质

热力学第二定律的每一种表述，都揭示了大量分子参与的宏观过程的方向性，进而使人们认识到自然界中进行的涉及热现象的宏观过程都具有方向性。

3. 热力学第一、第二定律的比较

	热力学第一定律	热力学第二定律
定律揭示的问题	从能量守恒的角度揭示了功、热量和内能改变量三者的定量关系	自然界中出现的宏观过程是有方向性的
机械能和内能的转化	当摩擦力做功时，机械能可以全部转化为内能	内能不可能在不引起其他变化的情况下完全变成机械能
热量的传递	热量可以从高温物体自发传向低温物体	说明热量不能自发地从低温物体传向高温物体
两定律的关系	在热力学中，两者既相互独立，又互为补充，共同构成了热力学的理论基础	

4. 两类永动机的比较

	第一类永动机	第二类永动机
设计要求	不需要任何动力或燃料，却能不断地对外做功的机器	从单一热源吸收热量，使之完全变成功，而不产生其他影响的机器
不可能制成的原因	违背能量守恒定律	不违背能量守恒定律，违背热力学第二定律

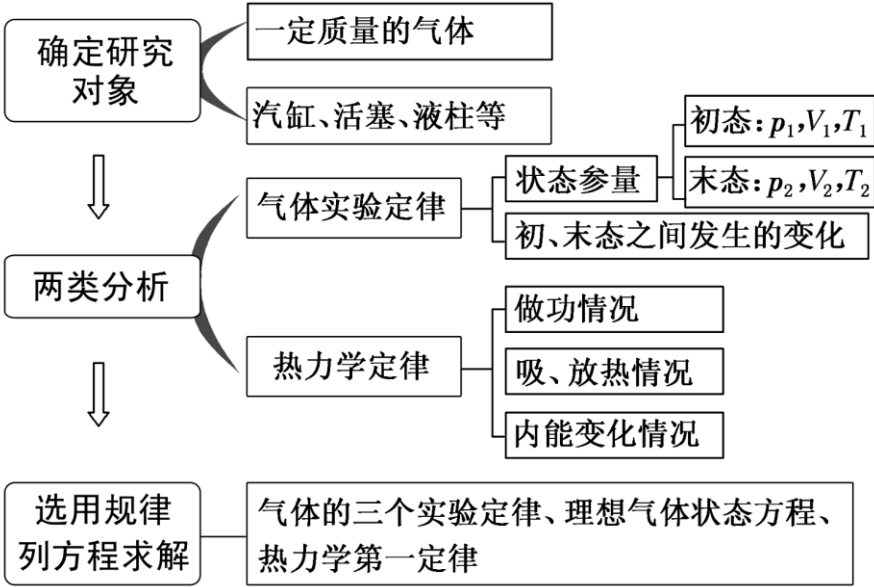
考点 3：热力学第一定律与气体图像的综合应用

处理热力学第一定律与气体图像的综合问题的思路：

- (1) 根据气体图像的特点判断气体的温度、体积的变化情况，从而判断气体与外界的吸、放热关系及做功关系。
- (2) 在 $p-V$ 图像中，图线与 V 轴围成的面积表示气体对外界或外界对气体做的功。
- (3) 结合热力学第一定律判断有关问题。

考点 4：热力学第一定律与气体实验定律的综合应用

求解热力学定律与气体实验定律的综合问题的思路：



专题 05 光电效应、波尔理论

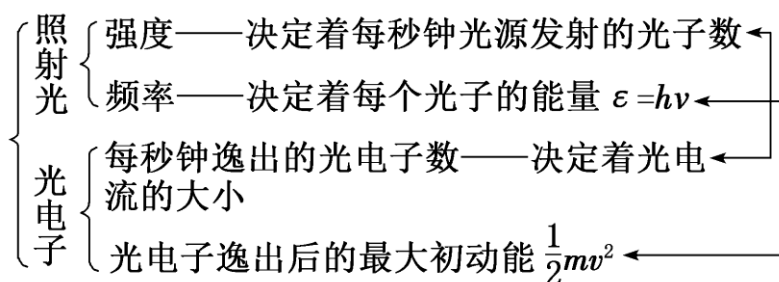
考点 1: 光电效应

1. 与光电效应有关的五组概念对比

- (1) 光子与光电子：光子指光在空间传播时的每一份能量，光子不带电；光电子是金属表面受到光照射时发射出来的电子，其本质是电子。光子是因，光电子是果。
- (2) 光电子的动能与光电子的最大初动能：只有金属表面的电子直接向外飞出时，只需克服原子核的引力做功的情况，才具有最大初动能。
- (3) 光电流和饱和光电流：金属板飞出的光电子到达阳极，回路中便产生光电流，随着所加正向电压的增大，光电流趋于一个饱和值，这个饱和值是饱和光电流，在一定的光照条件下，饱和光电流与所加电压大小无关。
- (4) 入射光强度与光子能量：入射光强度指单位时间内照射到金属表面单位面积上的总能量，而光子能量 $E = h\nu$ 。
- (5) 光的强度与饱和光电流：频率相同的光照射金属产生光电效应，入射光越强，饱和光电流越大，但不是简单的正比关系。

2. 光电效应的研究思路

(1) 两条线索：



(2) 两条对应关系：

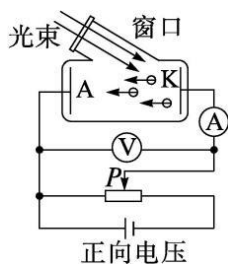
入射光强度大 → 光子数目多 → 发射光电子多 → 光电流大；

光子频率高 → 光子能量大 → 光电子的最大初动能大。

3. 三个定量关系式

- (1) 爱因斯坦光电效应方程： $E_k = h\nu - W_0$ 。
- (2) 最大初动能与遏止电压的关系： $E_k = eU_c$ 。
- (3) 逸出功与截止频率的关系： $W_0 = h\nu_c$ 。

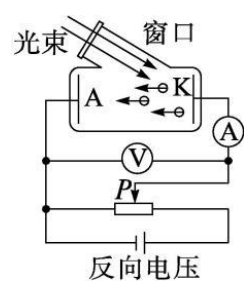
4. 光电管上加正向与反向电压情况分析



(1) 光电管加正向电压时的情况

- ① P 右移时，参与导电的光电子数增加；
- ② P 移到某一位置时，所有逸出的光电子恰好都参与了导电，光电流恰好达到最大值；

③P 再右移时,光电流不再增大。



(2)光电管加反向电压时的情况

- ①P 右移时,参与导电的光电子数减少;
- ②P 移到某一位置时,所有逸出的光电子恰好都不参与导电,光电流恰好为 0,此时光电管两端加的电压为遏止电压;
- ③P 再右移时,光电流始终为 0。

考点 2：光电效应的四类图像

图像名称	图线形状	读取信息
最大初动能 E_k 与入射光频率 ν 的关系图线		①截止频率(极限频率): 横轴截距 ②逸出功: 纵轴截距的绝对值 $W_0= -E =E$ ③普朗克常量: 图线的斜率 $k=h$
遏止电压 U_c 与入射光频率 ν 的关系图线		①截止频率 ν_c: 横轴截距 ②遏止电压 U_c: 随入射光频率的增大而增大 ③普朗克常量 h: 等于图线的斜率与电子电荷量的乘积, 即 $h=ke$
颜色相同、强度不同的光, 光电流与电压的关系		①遏止电压 U_c: 横轴截距 ②饱和光电流 I_m: 电流的最大值 ③最大初动能: $E_{km}=eU_c$
颜色不同时, 光电流与电压的关系		①遏止电压 U_{c1}、U_{c2} ②饱和光电流 ③最大初动能 $E_{k1}=eU_{c1}$, $E_{k2}=eU_{c2}$

考点 3：波尔理论

2. 玻尔理论

(1)三个基本假设

- ①能级假设: 氢原子能级 $E_n=\frac{E_1}{n^2}(n=1,2,3, \dots)$, n 为量子数.
- ②跃迁假设: $h\nu=E_m-E_n(m>n)$.

③轨道量子化假设：氢原子的电子轨道半径 $r_n = n^2 r_1 (n=1,2,3, \dots)$ ， n 为量子数。

(2)氢原子能级跃迁

①从低能级(n) $\xrightarrow{\text{跃迁}}$ 高能级(m)：动能减少，势能增加，原子能量增加，吸收能量， $h\nu = E_m - E_n$ 。

②从高能级(m) $\xrightarrow{\text{跃迁}}$ 低能级(n)：动能增加，势能减少，原子能量减少，放出能量， $h\nu = E_m - E_n$ 。

(3)三点注意

①原子跃迁时，所吸收或释放的光子能量只能等于两能级之间的能量差。

②原子电离时，所吸收的能量可以大于或等于某一能级能量的绝对值，剩余能量为自由电子的动能。

③一群原子的核外电子向基态跃迁时发射光子的种类： $N = C_n^2 = \frac{n(n-1)}{2}$ 。

④一个原子的核外电子向基态跃迁时发射最多光子的种类： $N = n-1$ 。

专题 06 原子核物理

考点 1：原子核的衰变和半衰期

1.三种射线的比较

种类	α 射线	β 射线	γ 射线
组成	高速氦核流	高速电子流	光子流(高频电磁波)
电荷量	$2e$	$-e$	0
质量	$4m_p$, $m_p=1.67\times 10^{-27}\text{ kg}$	$\frac{m_p}{1836}$	静止质量为零
速度	$0.1c$	$0.99c$	c
在电场、 磁场中	偏转	与 α 射线偏转方向相反	不偏转
贯穿本领	最弱,用纸能挡住	较强,能穿透几毫米的铝板	最强,能穿透几厘米的铅板
对空气的 电离作用	很强	较弱	很弱

2. α 衰变、 β 衰变的比较

衰变类型	α 衰变	β 衰变
衰变方程	${}_Z^AX\rightarrow{}_Z^{A-4}Y+{}_2^4\text{He}$	${}_Z^AX\rightarrow{}_Z^{A-1}Y+{}_1^0\text{e}$
衰变实质	2 个质子和 2 个中子结合成一个整体射出	1 个中子转化为 1 个质子和 1 个电子
	$2{}_1^1\text{H}+2{}_0^1\text{n}\rightarrow{}_2^4\text{He}$	${}_0^1\text{n}\rightarrow{}_1^1\text{H}+{}_1^0\text{e}$
衰变规律	电荷数守恒、质量数守恒、动量守恒	

3.衰变次数的计算方法

若 ${}_Z^AX\rightarrow{}_Z^{A'}Y+n{}_2^4\text{He}+m{}_1^0\text{e}$

则 $A=A'+4n,Z=Z'+2n-m$

解以上两式即可求出 m 和 n 。

4.半衰期的理解

(1)半衰期是大量原子核衰变时的统计规律,对个别或少量原子核,无半衰期可言。

(2)根据半衰期的概念,可总结出公式 $N_{\text{余}}=N_{\text{原}}\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$, $m_{\text{余}}=m_{\text{原}}\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{\tau}}$ 。式中 $N_{\text{原}}$ 、 $m_{\text{原}}$ 表示衰变前的放射性元素的原子数和质量, $N_{\text{余}}$ 、 $m_{\text{余}}$ 表示衰变后尚未发生衰变的放射性元素的原子数和质量, t 表示衰变时间, τ 表示半衰期。

考点 2：核反应方程与核能的计算

1.核反应的四种类别

类型		可控性	核反应方程典例	
衰变	α 衰变	自发	${}^{238}_{92}\text{U}\rightarrow{}^{234}_{90}\text{Th}+{}^4_2\text{He}$	
	β 衰变	自发	${}^{234}_{90}\text{Th}\rightarrow{}^{234}_{91}\text{Pa}+{}^0_{-1}\text{e}$	
人工转变		人工控制	${}^{14}_7\text{N}+{}^4_2\text{He}\rightarrow{}^{17}_8\text{O}+{}^1_1\text{H}$ (卢瑟福发现质子)	
			${}^4_2\text{He}+{}^9_4\text{Be}\rightarrow{}^{12}_6\text{C}+{}^1_0\text{n}$ (查德威克发现中子)	
			${}^{27}_{13}\text{Al}+{}^4_2\text{He}\rightarrow{}^{30}_{15}\text{P}+{}^1_0\text{n}$	(约里奥-居里夫妇发现放射性同位素)
			${}^{30}_{15}\text{P}\rightarrow{}^{30}_{14}\text{Si}+{}^0_1\text{e}$	
重核		比较容易进行人工控制	${}^{235}_{92}\text{U}+{}^1_0\text{n}\rightarrow{}^{144}_{56}\text{Ba}+{}^{89}_{36}\text{Kr}+3{}^1_0\text{n}$	
裂变			${}^{235}_{92}\text{U}+{}^1_0\text{n}\rightarrow{}^{136}_{54}\text{Xe}+{}^{90}_{38}\text{Sr}+10{}^1_0\text{n}$	
轻核聚变		很难控制	${}^2_1\text{H}+{}^3_1\text{H}\rightarrow{}^4_2\text{He}+{}^1_0\text{n}$	

2.核反应方程的书写

- (1)熟记常见粒子的符号是正确书写核反应方程的基础。如质子(${}^1_1\text{H}$)、中子(${}^1_0\text{n}$)、 α 粒子(${}^4_2\text{He}$)、 β 粒子(${}^0_{-1}\text{e}$)、正电子(${}^0_{+1}\text{e}$)、氘核(${}^2_1\text{H}$)、氚核(${}^3_1\text{H}$)等。
- (2)掌握核反应方程遵循的规律是正确书写核反应方程或判断某个核反应方程是否正确的依据。由于核反应不可逆,因此书写核反应方程式时只能用“ $\rightarrow$ ”表示反应方向。
- (3)核反应过程中质量数守恒,电荷数守恒。

3.核能的计算方法

- (1)根据 $\Delta E=\Delta mc^2$ 计算,计算时 Δm 的单位是“kg”, c 的单位是“m/s”, ΔE 的单位是“J”。
- (2)根据 $\Delta E=\Delta m\times 931.5\text{ MeV/u}$ 计算。因 1 原子质量单位(1 u)相当于 931.5 MeV,所以计算时 Δm 的单位是“u”, ΔE 的单位是“MeV”。
- (3)根据核子比结合能来计算核能
- 原子核的结合能=核子比结合能 $\times$ 核子数。

4.对质能方程的理解

- (1)一定的能量和一定的质量相联系,物体的总能量和它的质量成正比,即 $E=mc^2$ 。
- 方程的含义:物体具有的能量与它的质量之间存在简单的正比关系,物体的能量增大,质量也增大;物体的能量减少,质量也减少。
- (2)核子在结合成原子核时出现质量亏损 Δm ,其能量也要相应减少,即 $\Delta E=\Delta mc^2$ 。
- (3)原子核分解成核子时要吸收一定的能量,相应的质量增加 Δm ,吸收的能量为 $\Delta E=\Delta mc^2$ 。