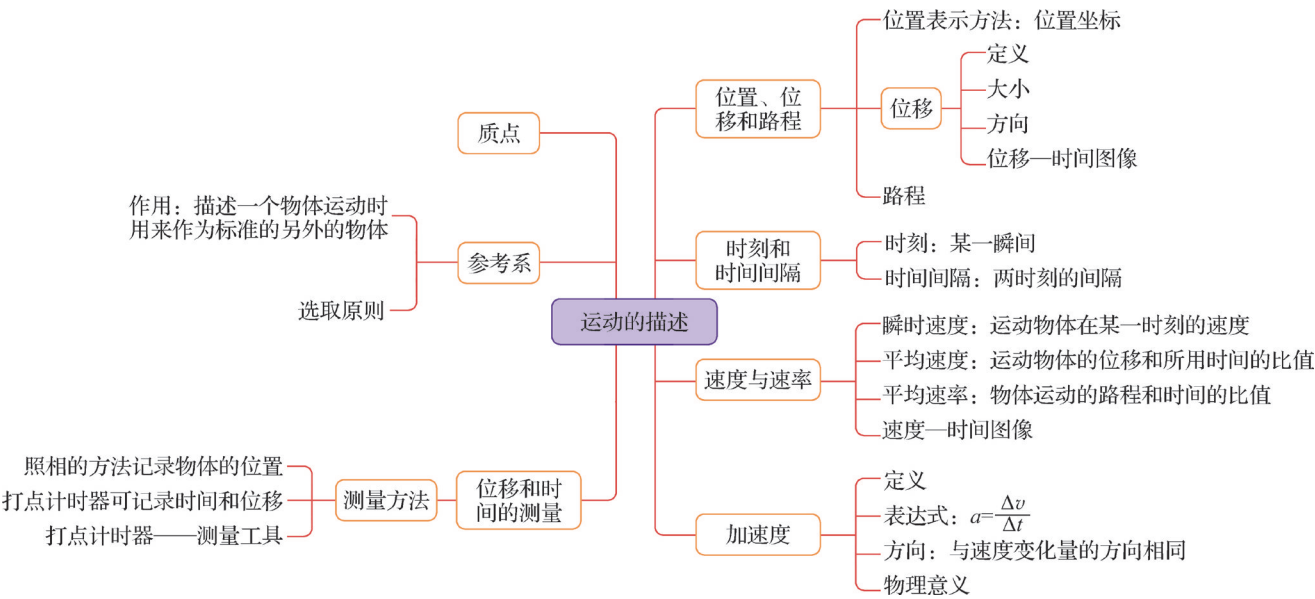


第一章 运动的描述



本章思维结构图



1. 描述运动的物理量

知识梳理

一、质点、参考系和坐标系

1. 质点: 用来代替物体的**有质量的点**. 它是一种**理想化模型**. 理想模型是为了便于研究而建立的一种高度抽象的理想客体, 实际并不存在.
2. 参考系: 为了研究物体的运动而选定用来作为参考的物体. 参考系除了研究对象本身可以**任意选取**. 通常以地面或相对于地面不动的物体为参考系来研究物体的运动. 实际选取时以研究的问题简便为原则.
3. 坐标系: 为了**定量地描述**物体的**位置及位置变化**, 需要在参考系上建立**适当的坐标系**. 如可用一条 x 轴描述简单的直线运动时物体的位置.

二、时刻与时间间隔

1. 时刻
表示某一**瞬间**, 在时间轴上用**点表示**.
2. 时间间隔
表示某一时间段, 指的是两时刻的**间隔**, 在时间轴上用**一段线段**来表示.

三、位移和路程

1. 路程
物体**运动轨迹的长度**, 路程**只有大小, 没有方向**, 其单位就是长度的单位. 标量
2. 位移
从**初位置指向末位置**的有向线段, 与路径无关, **既有大小, 又有方向**, 由初、末位置决定. **只要初、末位置相同, 位移就相同**. 矢量

答疑解惑

疑问 1 只有质量很小或体积很小的物体才能被看成质点吗?

解答: 能否被看成质点与物体自身的大小没有直接关系, 应从其大小相对于要研究的问题而言是否可以忽略的角度去判断.

我是大大的地球, 虽然我很大, 但绕太阳转动时, 我也能看成质点.



我是小小的电子, 我能看成质点, 你能吗?

四、位移—时间图像

1. $x-t$ 图像的物理意义: $x-t$ 图像反映了物体的位移随时间的变化关系, 图像上的某一点表示运动物体在某时刻所处的位置或相对于规定位置的位移.

2. 从 $x-t$ 图像中获得的信息

(1) 轴:横轴的物理意义为时间,纵轴的物理意义为位移.

(2) 线:无论 $x-t$ 图线是直线(除平行于 x 轴的直线除外)还是曲线,均代表物体做直线运动,图线并不是物体的运动轨迹.

(3) 点: a. 截距点:图线与横轴的交点坐标代表物体到达 $x=0$ 位置的时刻;图线与纵轴的交点坐标代表物体在 $t=0$ 时刻的位置. b. 交点: $x-t$ 图像中两条图线的交点表示同一时刻两个物体出现在同一位置,即两者相遇.

(4) 斜率:判断物体运动的快慢,运动的快慢由图线的斜率直观表示,斜率越大,物体运动得越快.

3. $x-t$ 图像的应用

(1) 利用 $x-t$ 图像求速度

从 $x-t$ 图像上可以确定位移和时间并计算物体的速度,由 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, 结合 $x-t$

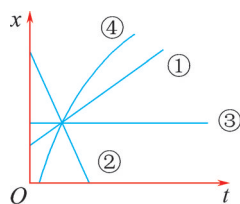
图像的切线斜率 $k = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, 可知 $x-t$ 图像在某点的切线斜率表示该点的瞬时速度.

若 $x-t$ 图线为一条直线,表示物体的速度不变,且图线斜率的绝对值表示速度的大小,如图所示,图线①②③中,②斜率的绝对值最大,所以速度最大.

若 $x-t$ 图线为曲线,则表示物体做变速直线运动,当比较该过程中任意两点的速度大小时,应比较这两点切线的斜率绝对值大小,例如图线④中速度越来越小.

(2) 利用 $x-t$ 图像判断速度的方向

斜率为正的直线表示物体沿正方向做匀速直线运动,如图线①;斜率为负的直线表示物体沿负方向做匀速直线运动,如图线②;平行于时间轴的直线表示物体静止,如图线③;对于图线④,线上各点的切线的斜率均为正,所以其表示物体沿正方向做变速直线运动.



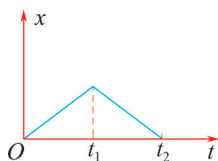
五、位移和时间的测量

位移和时间的记录方法:实验室中常用打点计时器来记录时间和位移.

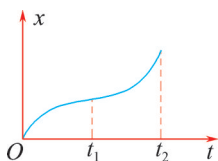
疑难突破

题型 图像类问题($x-t$ 图像)

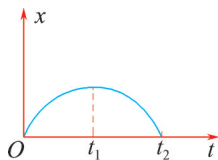
例题 (2025 四川绵阳月考)一小车沿直线运动,从 $t=0$ 时刻开始由静止加速至 $t=t_1$ 时刻,此后做减速运动,到 $t=t_2$ 时刻速度降为零.在下列小车位移 x 与时间 t 的关系曲线中,可能正确的是 ()



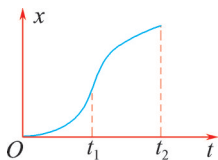
A



B



C



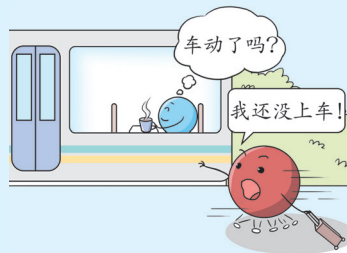
D

答案 D

答疑解惑

疑问 2 参考系不同,运动的描述相同吗?

解答: 选取不同的参考系,运动的描述可能相同,也可能不同.



疑问 3 $x-t$ 图像能描述曲线运动吗?

解答: $x-t$ 图像只能用来描述直线运动,不能描述曲线运动,原因是 x 轴只有正、负两个方向.

思路点拨

$x-t$ 图像的斜率表示速度,由题意可得,小车的速度由零先增大再减小直到最终变为零,对应的 $x-t$ 图像的斜率先变大后变小,且位移一直变大,选项 D 正确.

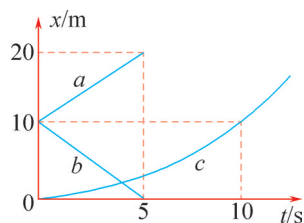
探索过程

小车先加速运动然后减速运动,是变速运动, $x-t$ 图像应为曲线,A 错误;速度方向不变,位移一直增大,C 错误;速度大小先变大后变小, $x-t$ 图像的斜率先变大后变小,B 错误,只有 D 符合题意.



1. (多选) a 、 b 、 c 三个物体在同一条直线上运动,它们的位移—时间图像如图所示,物体 c 的位移—时间图线是一条抛物线,坐标原点是抛物线的顶点,下列说法正确的是 ()

- A. a 、 b 两物体都做匀速直线运动,两个物体的速度相同
- B. a 、 b 两物体速度大小相等,方向相反
- C. b 、 c 运动方向相同
- D. 在 $0\sim 5$ s 内,当 $t=5$ s 时, a 、 b 两个物体相距最远



2. 位置变化快慢的描述——速度

知识梳理

一、速度和速率

1. 平均速度:物体运动的**位移和所用时间**的**比值**,叫作这段时间内的平均速度,即**粗略描述物体在某段时间或某段位移内的运动快慢**.

$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$,平均速度是**矢量**,其方向**跟位移的方向相同**.

2. 瞬时速度:运动物体在**某一时刻**或**瞬时速度能精确描述物体在某一经过某一位置的速度**,叫作瞬时速度. $\longrightarrow$ **时刻(或某一位置)的运动快慢**.

3. 平均速率:路程与时间的比值.

4. 瞬时速率:简称速率,等于瞬时速度的大小,是**标量**.

二、测量纸带的平均速度和瞬时速度

1. 测量平均速度

根据 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$,求出任意两点间的平均速度. Δx 是纸带上两点间的**距离**, Δt 是这两点间的**时间间隔**.

2. 粗略计算瞬时速度

某点 E 的瞬时速度可以粗略地由包含 E 点在内的两点间的平均速度来表示,例如分别用 C 、 G 两点间或 D 、 F 两点间的平均速度求 E 点的瞬时速度.



$$\text{即 } v_E = \bar{v}_{CG} = \frac{x_{CG}}{\Delta t_{CG}} \text{ 或 } v_E = \bar{v}_{DF} = \frac{x_{DF}}{\Delta t_{DF}}.$$

方法突破:**取离 E 点越接近的两点来求平均速度,这个平均速度越接近 E 点瞬时速度**.

3. **必须指明求出的平均速度对应哪段时间或哪段位移,不指明对应过程的平均速度是没有意义的.**

4. 平均速度的大小一般不等于初、末速度大小的平均值,不能用 $v = \frac{v_1 + v_2}{2}$ 直接计算,要根据定义式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算.

答疑解惑

疑问 1 由 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$,可得 v 与 Δx 成正比,与 Δt 成反比吗?

解答:①速度定义时采用了比值定义法,不能说 v 与 Δx 成正比. Δx 大,说明物体的位置变化量大,但 v 不一定大;当物体位置变化快时, v 才大. v 表示物体位置的变化率,速度越大,表示物体位置变化得越快.②式中 Δx 是位移不是路程, Δx 与 Δt 具有对应性.

疑问 2 用光电门测瞬时速度,遮光板的宽度是越宽越好,还是越窄越好?

解答:越窄越好,越窄物体通过光电门的时间越短,实验测量的物体的速度值越接近物体的瞬时速度.

三、速度—时间图像

1. $v-t$ 图像: 运动物体的速度与时间的关系.

2. 从 $v-t$ 图像中可获得的信息

(1) **轴**: 横轴表示时间, 纵轴表示速度. $v-t$ 图像反映的是速度与时间之间的关系.

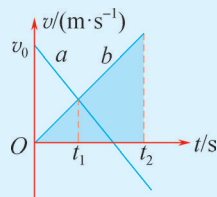
(2) **点**: ①截距点: 图线与 t 轴的交点坐标代表物体速度为 0 的时刻; 图线与 v 轴的交点坐标代表物体的初速度.

(3) **交点**: 表示某时刻两个物体的速度相同.

(4) **线**: 在 t 轴的上方, 表示物体向正方向运动; 在 t 轴的下方, 表示物体向负方向运动. 图线的变化趋势表示物体的速度随时间的变化情况.

(5) **斜率**: 表示速度变化的快慢, 斜率绝对值越大, 速度变化越快.

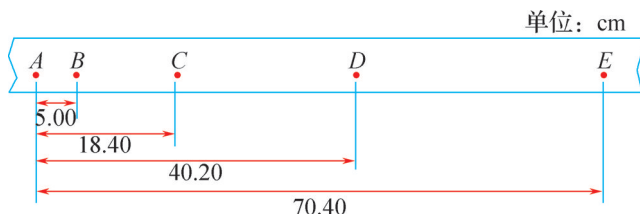
(6) **面积**: 图线和时间轴所围的面积, 表示物体运动的位移.



疑难突破

题型 利用打点计时器测量速度

例题 (2025 辽宁鞍山月考) 如图所示为一次记录小车向左运动情况的纸带, 图中 A、B、C、D、E 为相邻的计数点, 相邻计数点间的时间间隔 $T = 0.1 \text{ s}$.



(1) 根据纸带计算 AE 段的平均速度 $\bar{v}_{AE} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$, AC 段的平均速度 $\bar{v}_{AC} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$.

(2) 根据纸带计算各点的瞬时速度: $v_D = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$, $v_C = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$, $v_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m/s}$.

答案 (1) 1.76 0.92 (2) 2.60 1.76 0.92

探索过程

(1) AE 段的平均速度为

$$\bar{v}_{AE} = \frac{x_{AE}}{t_{AE}} = \frac{70.40 \times 10^{-2}}{4 \times 0.1} \text{ m/s} = 1.76 \text{ m/s},$$

$$\text{AC 段的平均速度为 } \bar{v}_{AC} = \frac{x_{AC}}{t_{AC}} = \frac{18.40 \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 0.92 \text{ m/s}.$$

(2) 根据纸带可得各点的瞬时速度分别为

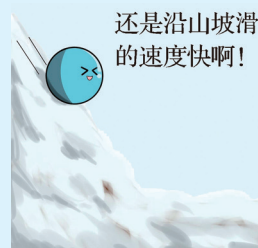
$$v_D = \frac{x_{CE}}{2T} = \frac{(70.40 - 18.40) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 2.60 \text{ m/s},$$

$$v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = \frac{(40.20 - 5.00) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 1.76 \text{ m/s},$$

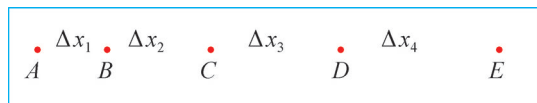
$$v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{18.40 \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{ m/s} = 0.92 \text{ m/s}.$$

思路点拨

求解平均速度必须明确是哪一段位移或哪一段时间内的平均速度.



2. (2025 海南海口期中) 如图所示为一条打点计时器正常工作时打出的纸带, 其中 A、B、C、D、E 为计时器连续打下的五个点, 且打点计时器每打一个点所用的时间为 T . 为求得计时器打点 C 时纸带的速度, 下列算式中最合理的是 ()



- A. $\frac{\Delta x_1}{T}$ B. $\frac{\Delta x_2 + \Delta x_3}{2T}$ C. $\frac{\Delta x_3 + \Delta x_4}{2T}$ D. $\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{3T}$

3. 速度变化快慢的描述——加速度

知识梳理

一、加速度

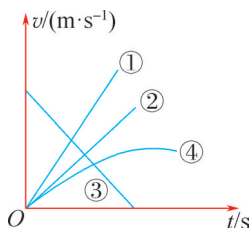
- 定义式: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$; 单位是 m/s^2 .
- 物理意义: 描述速度大小、方向变化快慢的物理量.
- 方向: 与速度变化量的方向相同. → 当速度大小不变而方向发生改变时, 物体也具有加速度.
- 物体做加速运动、减速运动的判定
 - 当 $a > 0$ 时, 物体做加速运动.
 - 当 $a = 0$ 时, 物体速度大小不变.
 - 当 $a < 0$ 时, 物体做减速运动.
- 应用 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 计算加速度的步骤
 - 规定正方向, 一般选取初速度 v_0 的方向为正方向.
 - 根据题意, 求出初速度 v_0 和末速度 v_t , 利用 $\Delta v = v_t - v_0$ 求出 Δv .
 - 找出速度改变 Δv 所用的时间 Δt .
 - 由 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 计算加速度, 并对 a 的方向进行说明.

二、加速度的方向

- 加速度、速度、速度变化量在大小上无任何关系; 在方向上, 加速度的方向和速度变化量的方向相同.
- 物体做直线运动时, 加速度的方向和初速度的方向相同, 物体做加速运动; 加速度的方向和初速度的方向相反, 物体做减速运动.

三、从 $v-t$ 图像看加速度

- 在 $v-t$ 图像中, $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 是图像的斜率, 其数值(绝对值)等于物体运动的加速度的大小. 如图中图线①②, $k_1 > k_2$, 即 $a_1 > a_2$.



- 斜率的正负表示加速度的方向, 如图中图线③, $k_3 < 0$, 即 $a_3 < 0$.
- $v-t$ 图像表示的都是直线运动.

注意: 如果速度变化不均匀, 说明物体的加速度在变化, 其 $v-t$ 图像为曲线, 如图中图线④.

答疑解惑

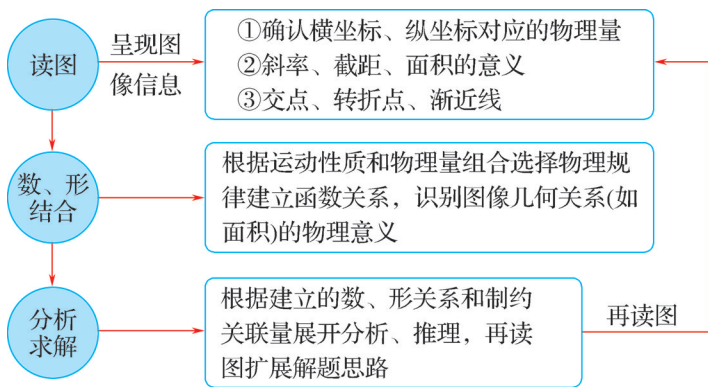
疑问1 如何理解加速度的定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$?

解答: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 仅为加速度的定义式, 切不可认为加速度与速度变化量成正比, 与时间成反比, 加速度与速度变化量及时间均无关.

疑问2 速度、速度变化量、加速度是什么关系?

解答: 速度 $\xrightarrow{\text{速度的“差”}}$ 速度变化量 $\xrightarrow{\text{单位时间内的速度变化量}}$ 加速度. 三个物理量的大小没有必然联系, 其中一个物理量较大时, 其余两个物理量不一定较大.

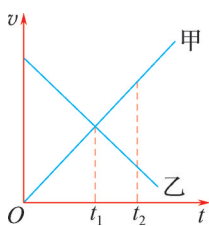
4. 处理图像问题的思路:



疑难突破

题型 根据 $v-t$ 图像分析加速度

例题 甲、乙两质点在同一直线上运动, 它们的 $v-t$ 图像如图所示, 由图像可知 ()



- A. 在 t_1 时刻, 甲、乙两物体相遇
 B. 在 t_2 时刻, 甲、乙的速度方向相同, 加速度方向相反
 C. 在 t_1 时刻, 甲、乙的速度大小相同, 方向相反
 D. 在 t_2 时刻, 甲、乙的速度不相同, 加速度方向相同

答案 B

探索过程

速度—时间图像与时间轴所围的“面积”表示位移, 可知在 t_1 时刻乙的位移大于甲的位移, 由于不知两质点初始位置, 所以无法判断是否相遇, 故 A 错误; 在 t_2 时刻, 速度均为正值, 方向相同, 而甲质点斜率为正, 乙质点斜率为负, 说明加速度方向相反, 故 B 正确, D 错误; 在 t_1 时刻, 两图像相交, 两质点速度均为正值, 说明速度大小相等、方向相同, 故 C 错误。

规律总结

$v-t$ 图像中, 交点表示某时刻两个物体的速度相同; 斜率表示速度变化的快慢, 斜率绝对值越大, 加速度越大; 图线和时间轴所围的面积, 表示物体运动的位移; 斜率为负, 表示加速度小于 0, 斜率为正, 表示加速度大于 0。

随手练

3. 跳伞运动员从高空悬停的直升机上跳下, 运动员沿竖直方向运动的 $v-t$ 图像如图所示, 下列说法中正确的是 ()

- A. 0~10 s 内运动员加速度大于 0
 B. 15 s 以后运动员处于静止状态
 C. 0~15 s 内运动员的加速度方向始终与速度方向相同
 D. 运动员在 10~15 s 内的加速度为 2 m/s^2

