

第一章 运动的描述 匀变速直线运动的研究

第1讲 运动的描述

课标要求

经历质点模型的建构过程，了解质点的含义；知道将物体抽象为质点的条件，能将特定实际情境中的物体抽象成质点；体会建构物理模型的思维方式，认识物理模型在探索自然规律中的作用；理解位移、速度和加速度。

必备知识·强基固本

一、质点和参考系

1. 质点：质点是用来代替物体的_____的点，是一种_____模型。物体的形状、大小对所研究问题的影响可忽略不计，是可视为质点的条件。

【答案】有质量；理想化

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。参考系可以任意选取。通常以__或相对于地面不动的物体为参考系。

【答案】地面

二、时刻和时间间隔

在表示时间的数轴上，时刻用点表示，时间间隔用线段表示。

三、位移和速度

1. 位移和路程

(1) 位移：描述物体（质点）的__的变化，用从_____指向_____的有向线段表示，是矢量。

(2) 路程：物体运动__的长度，是标量。

【答案】位置；初位置；末位置；轨迹

2. 速度

(1) 平均速度：运动物体在某段时间内的位移与发生这段位移所用__的比值，即 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ，是矢量。

(2) 瞬时速度：运动物体在_____（或某一位置）的速度，是矢量。

【答案】时间； $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ ；某一时刻

3. 速率和平均速率

(1) 速率：_____的大小，是标量。

(2) 平均速率：__与__的比值，不一定等于平均速度的大小。

【答案】瞬时速度；路程；时间

点拨

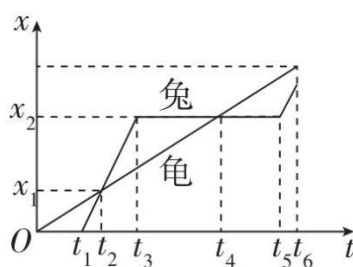
矢量和标量

(1) 矢量：既有大小又有方向，遵循平行四边形定则的物理量，例如：位移、速度等。

(2) 标量：只有大小没有方向，遵循代数运算法则的物理量，例如：时间、温度、路程等。

教材挖掘。（人教版必修第一册第一章“复习与提高”）

小李讲了龟兔沿直线赛道赛跑的故事，故事情节中兔子和乌龟运动的 $x-t$ 图像如图所示。你认为乌龟和兔子谁跑得更快？谁的平均速度大？如果乌龟和兔子再按原路分别全力跑回出发点，在整个折返跑过程中，谁的平均速度大？



提示：乌龟跑得快；乌龟先到达终点，用时较短，平均速度较大；一样大，都为零。

四、加速度

1. 定义：速度的变化量与发生这一变化所用时间之比，叫作加速度。

定义式： $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ，单位是 m/s^2 。

【答案】 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$

2. 物理意义：描述速度变化的快慢。

3. 方向：与_____相同。

【答案】速度变化的方向

点拨

位移与速度、加速度都是矢量，我们在研究相关问题时要注意正方向的选择。

自主评价

1. 依据下面小情境，判断下列说法对错。田径运动场跑道周长是 400 米，在某次运动会 400 米比赛中，一共有六名同学参加比赛，处在第一道的同学成绩是 1 分 04 秒，处在第三道的同学成绩是 59 秒且获得冠军。请判断：

- (1) 分析运动员起跑动作时，可把运动员看成质点。()
- (2) 情境中的“1分04秒”“59秒”实际上指的是时间间隔。()
- (3) 运动员从起点到终点的位移等于路程。()
- (4) 运动员跑一半时的瞬时速度方向就是运动员在该时刻或该位置的运动方向。()
- (5) 第三道的同学跑完全程的平均速度大小约为 6.8m/s 。()

【答案】(1) ×

(2) ✓

(3) ×

(4) ✓

(5) ×

2. (人教版必修第一册改编)自然界一切物体都处于永恒的运动中，要描述一个物体的运动，首先要选定参考系，下列关于参考系的选取错误的是()

- A. “一江春水向东流”是江水以河岸为参考系
- B. “地球的公转”是以太阳为参考系
- C. “钟表的时针在转动”是以分针为参考系
- D. “太阳东升西落”是以地球为参考系

【答案】C

3. 多选 (人教版必修第一册改编)下列说法中可能正确的是()

- A. 物体运动的加速度等于0，而速度却不等于0
- B. 两物体相比，一个物体的速度变化量比较大，而加速度却比较小
- C. 物体具有向东的加速度，而速度的方向却向西
- D. 物体的速度在减小，加速度则不可能增大

【答案】ABC

关键能力·核心突破

考点一 质点、参考系和位移

1. [2024·浙江1月选考卷·2,3分]质点杭州亚运会顺利举行，如图所示为运动会中的四个比赛场景。在下列研究中可将运动员视为质点的是()



甲：跳水 乙：体操 丙：百米比赛 丁：攀岩

- A. 研究甲图运动员的入水动作
- B. 研究乙图运动员的空中转体姿态
- C. 研究丙图运动员在百米比赛中的平均速度
- D. 研究丁图运动员通过某个攀岩支点的动作

【答案】C

【解析】研究运动员百米比赛的平均速度时，可以将运动员看作质点，C 正确；其他选项中研究运动员的肢体动作时，不能将运动员看作质点，A、B、D 错误。

2. 参考系“神舟十五号”飞船和空间站“天和”核心舱成功对接后，在轨运行如图所示，则（ ）



- A. 选地球为参考系，“天和”是静止的
- B. 选地球为参考系，“神舟十五号”是静止的
- C. 选“天和”为参考系，“神舟十五号”是静止的
- D. 选“神舟十五号”为参考系，“天和”是运动的

【答案】C

【解析】飞船和空间站成功对接后，在轨绕地球做圆周运动，选地球为参考系，二者都是运动的，A、B 错误；成功对接后，二者相对静止，C 正确，D 错误。

3. [2024·湖北黄冈模拟]位移与路程某物体在水平面上向正南方向运动了 20m，然后又向正北方向运动了 30m，对于这一过程，下列说法正确的是（ ）

- A. 物体的路程是 10m
- B. 物体的位移大小是 10m，方向向北
- C. 物体的位移大小是 10m，方向向南
- D. 物体的位移大小是 50m，方向由南向北

【答案】B

【解析】物体的路程是 $s = 20\text{m} + 30\text{m} = 50\text{m}$ ；以正北方向为正方向，物体的位移为 $x = -20\text{m} + 30\text{m} = 10\text{m}$ ，可知物体的位移大小是10m，方向向北。故选B。

核心提炼

1.对质点的两点说明

- (1) 质点不同于几何中的“点”，质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) 自转的物体，在研究与自转有关的物理现象时，一定不能看成质点。

2.对参考系的认识

- (1) 任意性：参考系的选取原则上是任意的，通常选地面或相对于地面不动的物体为参考系。
- (2) 同一性：比较不同物体的运动必须选同一参考系。

3.位移和路程的区别与联系

- (1) 区别：位移是矢量，路程是标量。
- (2) 联系：在单向直线运动中，位移的大小等于路程；其他情况下，位移的大小小于路程。

考点二 平均速度和瞬时速度
平均速度、平均速率、瞬时速度的比较

项目	平均速度	平均速率	瞬时速度
物理意义	描述物体在一段时间（或一段位移）内位置改变的快慢及方向	描述物体沿轨迹运动的平均快慢	描述物体在某一时刻（或某一位置）运动的快慢及方向
标矢性	矢量	标量	矢量
大小	对应一段位移或一段时间（1）平均速度	（1）平均速率	(1) $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ ，当 Δt 很小时， $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 叫作物体在 t 时刻的瞬时速度，其

与 方 向	$= \frac{\text{位移}}{\text{时间}}$ (2) 方向与位移 的方向相同	$= \frac{\text{路程}}{\text{时间}}$ 注意: 不一定 等于平均速度的大 小 (2) 无方向	大小叫作速率。通常可用其他 运动公式计算 (2) 方向就是物体运动的方向
-------------	--	--	--

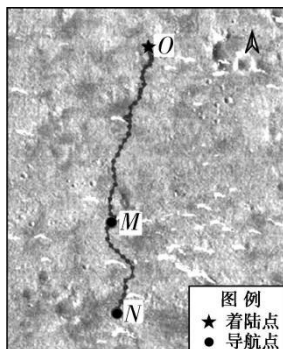
例 1 [2024 · 重庆模拟] 一游客想从辛亥革命博物馆附近的 a 处前往武汉革命博物馆附近的 b 处，他用手机导航，发现 a 、 b 间的直线距离为 2.0 km。若骑行自行车，则导航显示“20 分钟 3.5 公里”；若骑行电动车，则导航显示“14 分钟 3.5 公里”。根据导航信息，从 a 到 b 的过程中，下列说法错误的是 ()

- A. 该游客骑行自行车与骑行电动车的路程相等
- B. 该游客骑行自行车与骑行电动车的位移相等
- C. 该游客骑行自行车的平均速率约为 3 m/s
- D. 该游客骑行电动车的平均速度大小约为 3 m/s

【答案】D

【解析】由题意可知该游客骑行自行车与骑行电动车的路程都等于 3.5 公里，故 A 正确；因为两种情况下起点和终点位置均相同，所以该游客骑行自行车与骑行电动车的位移相等，故 B 正确；该游客骑行自行车的平均速率 $v = \frac{s}{t_1} \approx 3 \text{ m/s}$ ，故 C 正确；该游客骑行电动车的平均速度大小 $v' = \frac{x}{t_2} \approx 2.4 \text{ m/s}$ ，故 D 错误。

迁移应用 1. [2023 · 福建卷 · 1, 4 分] “祝融号”火星车沿如图所示路线行驶，在此过程中揭秘了火星乌托邦平原浅表分层结构，该研究成果被列为“2022 年度中国科学十大进展”之首。“祝融号”从着陆点 O 处出发，经过 61 天到达 M 处，行驶路程为 585 米；又经过 23 天，到达 N 处，行驶路程为 304 米。已知 O 、 M 间和 M 、 N 间的直线距离分别约为 463 米和 234 米，则火星车 ()



- A. 从O处行驶到N处的路程为 697 米
- B. 从O处行驶到N处的位移大小为 889 米
- C. 从O处行驶到M处的平均速率约为 20 米/天
- D. 从M处行驶到N处的平均速度大小约为 10 米/天

【答案】D

【解析】从O处行驶到N处的路程为 889 米，A 错误。题中未给出O、M间和M、N间位移的方向，不能算出从O处行驶到N处的位移大小，但可知位移大小一定小于等于 697 米，B 错误。由速率公式 $v = \frac{s}{t}$ 可得，从O处行驶到M处的平均速率约为 9.6 米/天，C 错误。由平均速度公式 $v = \frac{x}{t}$ 可得，从M处行驶到N处的平均速度大小约为 10 米/天，D 正确。

视野拓展

极限思维的应用

1.方法概述

由平均速度公式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知，当 Δt 非常小、趋向于极限时，这时的平均速度就可认为是某一时刻或某一位置的瞬时速度。极限思维法只能用于在选定区域内所研究的物理量连续、单调变化的情况。

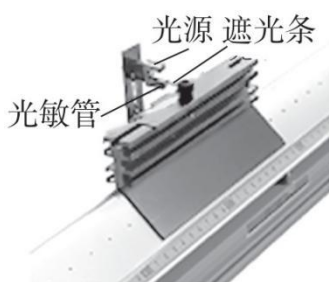
2.常见类型

用极限法求瞬时速度和瞬时加速度。

(1) 公式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 中，当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时， v 是瞬时速度。

(2) 公式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 中，当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时， a 是瞬时加速度。

例 2 [2024 · 北京西城期末] 如图所示，气垫导轨上由静止释放的滑块经过光电门时，其上的遮光条将光遮住，电子计时器可自动记录遮光时间 Δt 。测得遮光条的宽度为 Δx ，用 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 近似代表滑块通过光电门时的瞬时速度。为使 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 更接近瞬时速度，正确的措施是 ()



- A. 换用宽度更窄的遮光条 B. 提高测量遮光条宽度的精确度
C. 使滑块的释放点更靠近光电门 D. 提高电子计时器的精确度

【答案】A

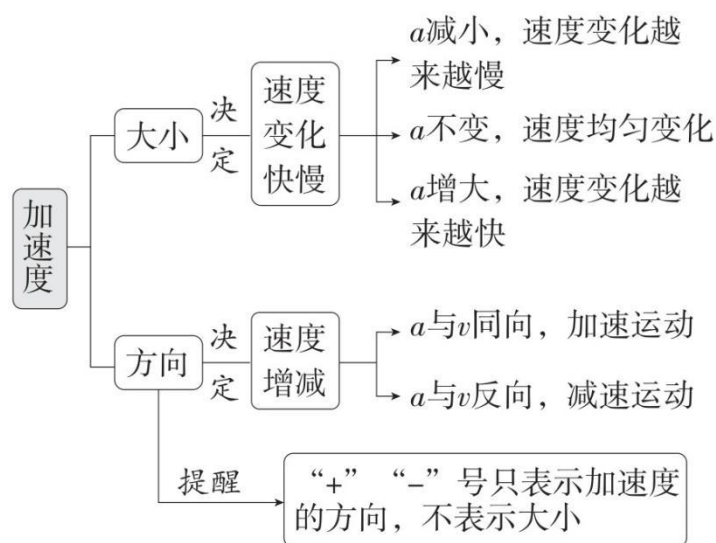
【解析】根据瞬时速度的定义可知，当 Δt 越短时，由公式 $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 计算出的速度越能表示对应位置的瞬时速度，换用宽度更窄的遮光条可以使 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 更接近瞬时速度；提高测量遮光条宽度的精确度和提高电子计时器的精确度虽然能提高测量精度，减小误差，但不能达到使 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 更接近瞬时速度的目的，而使滑块的释放点更靠近光电门，遮光条的遮光时间会变长，不能使 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 更接近瞬时速度，故 A 项正确。

考点三 加速度

1.三个物理量的对比

项目	速度	速度变化量	加速度
物理意义	描述物体运动快慢和方向的物理量	描述物体速度改变的物理量，是过程量	描述物体速度变化快慢和方向的物理量
定义式	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$\Delta v = v - v_0$	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{\Delta t}$
决定因素	v 的大小由 v_0 、 a 、 Δt 决定	Δv 由 v 与 v_0 进行矢量运算得到，由 $\Delta v = a\Delta t$ 知 Δv 由 a 与 Δt 决定	a 不是由 v 、 Δt 、 Δv 来决定的，而是由 $\frac{F}{m}$ 来决定
方向	平均速度与位移同向	由 $v - v_0$ 或 a 的方向决定	与 Δv 的方向一致，由 F 的方向决定，而与 v_0 、 v 的方向无关
关系	三者无必然联系， v 很大， Δv 可以很小，甚至为 0， a 可大可小		

2.加速度的大小和方向与速度变化的关系



考向 1 加速度的理解

例 3 多选 甲、乙两个物体沿同一直线向同一方向运动时，取物体的初速度方向为正方向，甲的加速度恒为 2m/s^2 ，乙的加速度恒为 -3m/s^2 ，则下列说法中正确的是（ ）

- A. 两物体都做加速直线运动，乙的速度变化快
- B. 每经过 1s ，甲的速度增加 2m/s
- C. 乙做减速直线运动，它的速度变化率大
- D. 甲的加速度比乙的加速度大

【答案】BC

【解析】加速度的正负代表与规定的正方向是相同，还是相反，甲的加速度方向与初速度方向相同，做加速直线运动，乙的加速度方向与初速度方向相反，做减速直线运动，加速度的大小表示物体速度变化的快慢，则乙的速度变化快，速度的变化率大，A、D 错误，C 正确；甲的加速度恒为 2m/s^2 ，每秒速度大小增加 2m/s ，B 正确。

迁移应用 2. 下列几种运动中，实际中不可能存在的是（ ）

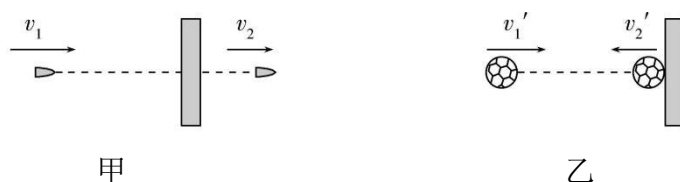
- A. 物体的速率不变，但加速度不为零
- B. 物体的速度越来越小，加速度越来越大
- C. 物体的加速度越来越小，速度越来越大
- D. 物体的加速度不变（不为零），速度也保持不变

【答案】D

【解析】物体的速率不变，但加速度不为零是可能的，例如匀速圆周运动，故 A 可能，不符合题意；若加速度与速度反向，物体做减速运动，则加速度越来越大，速度越来越小，故 B 可能，不符合题意；若加速度与速度同向，物体做加速运动，则加速度变小，速度越来越大，故 C 可能，不符合题意；若加速度不为零，则速度一定发生变化，故 D 不可能，符合题意。

考向 2 加速度的计算

例 4 如图甲、乙所示，弹丸和足球的初速度均为 10m/s ，方向水平向右。设它们与木板作用的时间都是 0.1s ，那么：



(1) 弹丸击穿木板后速度大小变为 7m/s ，方向不变，求弹丸击穿木板时的加速度大小及方向；

(2) 足球与木板作用后反向弹回的速度大小为 7m/s ，求足球与木板碰撞反弹时的加速度大小及方向。

【答案】(1) 30m/s^2 ；方向与初速度的方向相反

(2) 170m/s^2 ；方向与初速度的方向相反

【解析】

(1) 设弹丸初速度方向为正方向，则知弹丸的初速度为 $v_1 = 10\text{m/s}$ ，末速度为 $v_2 = 7\text{m/s}$ ，根据加速度的定义知，此过程中弹丸的加速度 $a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{7-10}{0.1}\text{m/s}^2 = -30\text{m/s}^2$ ，负号表示加速度的方向与初速度方向相反。

(2) 设足球初速度方向为正方向，则足球的初速度为 $v'_1 = 10\text{m/s}$ ，末速度为 $v'_2 = -7\text{m/s}$ ，根据加速度的定义知，此过程中足球的加速度 $a_2 = \frac{\Delta v'}{\Delta t} = \frac{-7-10}{0.1}\text{m/s}^2 = -170\text{m/s}^2$ ，负号表示加速度的方向与初速度的方向相反。

迁移应用 3. 原创 2024 年 8 月 4 日，在巴黎奥运会乒乓球男单决赛中，中国选手以 4:1 的比分击败瑞典选手摘得金牌。假设接触球拍前乒乓球的速度为 90km/h ，中国选手将乒乓球反方向击回后速度大小变为 126km/h ，设乒乓球与球拍的作用时间为 0.002s 。对于此次击球过程，下列说法正确的是 ()

- A. 乒乓球的速度变化大小为 10m/s
- B. 乒乓球的速度变化大小为 60m/s
- C. 乒乓球被击打时的加速度大小为 5000m/s²
- D. 乒乓球被击打时的加速度大小为 3000m/s²

【答案】B

【解析】以末速度方向为正方向，乒乓球被击打过程的速度变化量为 $\Delta v = v_2 - v_1 = \frac{126 - (-90)}{3.6} \text{ m/s} = 60 \text{ m/s}$ ，故 A 错误，B 正确；加速度 $a = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{60}{0.002} \text{ m/s}^2 = 30000 \text{ m/s}^2$ ，故 C、D 错误。

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业 1

第 2 讲 匀变速直线运动的规律

课标要求

通过实验，探究匀变速直线运动的特点，能用公式、图像等方法描述匀变速直线运动，理解匀变速直线运动的规律，能运用其解决实际问题，体会科学思维中的抽象方法和物理问题研究中的极限方法。

必备知识·强基固本

一、匀变速直线运动及其公式

1. 定义和分类

- (1) 匀变速直线运动：沿着一条直线，且_____不变的运动。
- (2) 分类 $\begin{cases} \text{匀加速直线运动：} a \text{ 与 } v \text{ 同向。} \\ \text{匀减速直线运动：} a \text{ 与 } v \text{ 反向。} \end{cases}$

【答案】加速度

2. 三个基本公式

- (1) 速度与时间的关系式：_____。
- (2) 位移与时间的关系式：_____。
- (3) 速度与位移的关系式：_____。

【答案】(1) $v = v_0 + at$

(2) $x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

(3) $v^2 - v_0^2 = 2ax$

3. 两个重要推论

(1) 物体在一段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度，还等于初、末时刻速度矢量和的一半，即 $\bar{v} = v_{\frac{t}{2}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。物体在某段位移中点的速度 $v_{\frac{x}{2}} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 任意两个连续相等的时间间隔 T 内的位移之差为一恒量，即 $\Delta x = x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = \cdots = x_n - x_{n-1} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。可以推广得到 $x_m - x_n = (m - n)aT^2$ 。

【答案】 (1) $\frac{v_0 + v}{2}$; $\sqrt{\frac{v_0^2 + v^2}{2}}$

(2) aT^2

点拨

同一段匀加速或匀减速直线运动中，位移中点的瞬时速度总大于中间时刻的瞬时速度。

二、初速度为零的匀加速直线运动的比例式

1. 初速度为 0 的匀加速直线运动，按时间等分（设相等的时间间隔为 T ），则：

(1) T 末、 $2T$ 末、 $3T$ 末、 $\cdots$ 、 nT 末的瞬时速度之比为：

$$v_1 : v_2 : v_3 : \cdots : v_n = \underline{\hspace{2cm}}。$$

(2) T 内、 $2T$ 内、 $3T$ 内、 $\cdots$ 、 nT 内的位移之比为：

$$x_1 : x_2 : x_3 : \cdots : x_n = \underline{\hspace{2cm}}。$$

(3) 第一个 T 内、第二个 T 内、第三个 T 内、 $\cdots$ 、第 n 个 T 内的位移之比为：

$$x_1' : x_2' : x_3' : \cdots : x_n' = \underline{\hspace{2cm}}。$$

【答案】 (1) $1:2:3:\cdots:n$

(2) $1^2:2^2:3^2:\cdots:n^2$

(3) $1:3:5:\cdots:(2n-1)$

2. 初速度为 0 的匀加速直线运动，按位移等分（设相等的位移为 x ），则：

(1) 位移为 x 、 $2x$ 、 $3x$ 、 $\cdots$ 、 nx 时的瞬时速度之比为：

$$v_1 : v_2 : v_3 : \cdots : v_n = \underline{\hspace{2cm}}。$$

(2) 通过前 x 、前 $2x$ 、前 $3x$ 、 $\cdots$ 、前 nx 的位移所用时间之比为：

$$t_1 : t_2 : t_3 : \cdots : t_n = \underline{\hspace{2cm}}。$$

(3) 通过连续相同的位移所用时间之比为:

$$t_1':t_2':t_3':\cdots:t_n'=\underline{\hspace{2cm}}。$$

【答案】(1) $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$

(2) $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\cdots:\sqrt{n}$

(3) $1:(\sqrt{2}-1):(\sqrt{3}-\sqrt{2}):\cdots:(\sqrt{n}-\sqrt{n-1})$

自主评价

1. 依据下面小情境, 判断下列说法对错。

(人教版必修第一册改编) 一辆汽车以 36km/h 的速度在平直公路上匀速行驶。从某时刻起, 它以 0.6m/s^2 的加速度加速, 10s 末因故突然紧急刹车, 随后汽车停了下来。刹车时做匀减速运动的加速度大小是 6m/s^2 。



(1) 汽车做匀加速直线运动时, 其加速度是均匀变化的。()

(2) 汽车做匀加速直线运动时, 其在任意两段相等时间内的速度变化量相等。()

(3) 汽车做匀减速直线运动时, 其位移是均匀增加的。()

(4) 汽车在做匀变速直线运动中, 中间时刻的速度一定小于该段时间内位移中点的速度。()

(5) 汽车因故突然紧急刹车, 直至停止的过程中, 第 1 个 0.5 秒内、第 2 个 0.5 秒内、…、第 5 个 0.5 秒内的位移之比为 $9:7:5:3:1$ 。()

【答案】(1) $\times$

(2) $\checkmark$

(3) $\times$

(4) $\checkmark$

(5) $\times$

2. 多选 (人教版必修第一册改编) 物体做匀减速直线运动直到停止, 已知第 1s 末的速度是 $v_1 = 10\text{m/s}$, 第 3s 末的速度是 4m/s , 则下列结论正确的是 ()

A. 物体的加速度大小是 2m/s^2

B. 物体的加速度大小是 3m/s^2

C. 物体零时刻的速度是 13m/s

D. 物体第 5s 末的速度大小是 2m/s

【答案】BC

3. （人教版必修第一册改编）纯电动汽车不排放污染空气的有害气体，具有较好的发展前景。某辆电动汽车以 $v_1 = 10\text{m/s}$ 的速度做匀速直线运动，制动后能在 $s_1 = 20\text{m}$ 内停下来，如果该汽车以 $v_2 = 20\text{m/s}$ 的速度行驶，且制动时加速度大小不变，则它的制动距离应该是（ ）

A. 20m B. 40m C. 80m D. 160m

【答案】C

关键能力·核心突破

考点一 匀变速直线运动的基本规律及应用

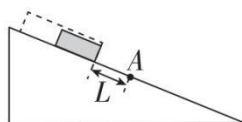
1.常用公式的选取方法

涉及的物理量	未涉及的物理量	适宜选用的公式
$v_0、v、a、t$	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	$x = \frac{v+v_0}{2}t$

2.两类特殊的匀减速直线运动的对比

项目	刹车类问题	双向可逆类问题
运动情况	匀减速直线运动	先做匀减速直线运动，后做反向匀加速直线运动
处理方法	可看作反向匀加速直线运动	可分过程列式，也可全过程列式
时间问题	要注意确定实际运动时间	不必考虑时间超量问题
实例	汽车刹车、飞机着陆等	竖直上抛、沿光滑斜面向上运动等

例 1 [2024·山东卷·3，3 分]如图所示，固定的光滑斜面上有一木板，其下端与斜面上A点距离为 L 。木板由静止释放，若木板长度为 L ，通过A点的时间间隔为 Δt_1 ；若木板长度为 $2L$ ，通过A点的时间间隔为 Δt_2 。 $\Delta t_2:\Delta t_1$ 为（ ）



- A. $(\sqrt{3} - 1):(\sqrt{2} - 1)$ B. $(\sqrt{3} - \sqrt{2}):(\sqrt{2} - 1)$
 C. $(\sqrt{3} + 1):(\sqrt{2} + 1)$ D. $(\sqrt{3} + \sqrt{2}):(\sqrt{2} + 1)$

思路点拨

题意分析	关键点拨
光滑斜面上有一木板，其下端与斜面上A点距离为L	可知木板下滑距离L到达A点，用位移与时间的关系式可求所需时间 t_0
若木板长度为L，通过A点的时间间隔为 Δt_1 ； 若木板长度为 $2L$ ，通过A点的时间间隔为 Δt_2	可知木板长度为L时木板从静止开始下滑的距离为 $2L$ ，用位移与时间的关系式可求所需时间 t_1 ，减去 t_0 ，即得木板长度为L时通过A点的时间间隔 Δt_1 ；同理可得 Δt_2

【答案】A

【解析】木板在斜面上运动时，木板的加速度不变，设加速度大小为 a ，木板从静止释放到下端到达A点的过程，根据 $x = \frac{1}{2}at^2$ 可知， $L = \frac{1}{2}at_0^2$ ， $2L = \frac{1}{2}at_1^2$ ， $3L = \frac{1}{2}at_2^2$ ，又 $\Delta t_1 = t_1 - t_0$ ， $\Delta t_2 = t_2 - t_0$ ，联立解得 $\Delta t_2:\Delta t_1 = (\sqrt{3} - 1):(\sqrt{2} - 1)$ ，故选A。

迁移应用 1. 汽车以 20m/s 的速度在平直公路上行驶，急刹车时的加速度大小为 5m/s^2 （刹车时认为车做匀变速运动），则自驾驶员急踩刹车开始， 2s 内与 5s 内汽车的位移大小之比为（ ）

- A. 4:5 B. 5:4 C. 4:3 D. 3:4

【答案】D

【解析】 2s 内汽车的位移 $x_1 = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = (20 \times 2 - \frac{1}{2} \times 5 \times 4)\text{m} = 30\text{m}$ ，汽车速度减为0的时间 $t_0 = \frac{\Delta v}{a} = \frac{0-20}{-5}\text{s} = 4\text{s}$ ，刹车 5s 内的位移等于刹车 4s 内的位移， $x_2 = \frac{0-v_0^2}{2a} = \frac{0-400}{2 \times (-5)}\text{m} = 40\text{m}$ ，所以 2s 内与 5s 内汽车的位移大小之比为 $3:4$ ，故D正确。

迁移应用 2. **多选** 一物体以 5m/s 的初速度在光滑斜面上向上做匀减速运动，其加速度大小为 2m/s^2 ，设斜面足够长，经过 t 时间物体位移的大小为 4m ，则时间 t 可能为 ()

- A. 2s B. 3s C. 4s D. $\frac{5+\sqrt{41}}{2}\text{s}$

【答案】 CD

【解析】 规定初速度方向为正方向，当物体的位移为 4m 时，根据 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ，得 $4\text{m} = 5t - \frac{1}{2} \times 2t^2$ ，解得 $t_1 = 1\text{s}$ ， $t_2 = 4\text{s}$ ；当物体的位移为 -4m 时，根据 $x = v_0t + \frac{1}{2}at^2$ ，得 $-4\text{m} = 5t - \frac{1}{2} \times 2t^2$ ，解得 $t_3 = \frac{5+\sqrt{41}}{2}\text{s}$ ，故选 C、D。

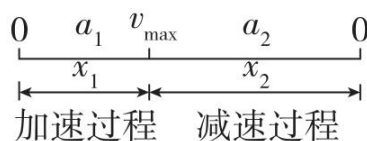
视野拓展

“ $0 \rightarrow v \rightarrow 0$ ” 模型

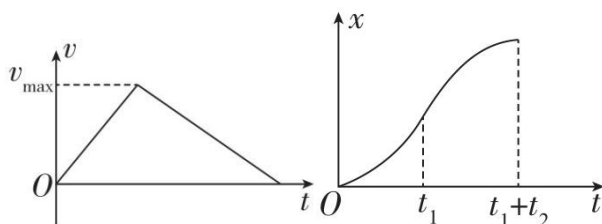
1. 模型特征

- ① 物体的初速度、末速度均为零。
- ② 先以大小为 a_1 的加速度做匀加速直线运动，速度达到最大值 $v_{\max}$ ，接着以大小为 a_2 的加速度做匀减速直线运动，最终速度减为零。
- ③ 每阶段的运动均适用匀变速直线运动规律。

2. 模型图例



- (1) 每段匀变速直线运动的 $v-t$ 图线均为斜率不为零的直线。
- (2) 每段匀变速直线运动的 $x-t$ 图线均为抛物线。



3. 解题规律

- (1) 两段运动的平均速度相同， $\bar{v}_1 = \bar{v}_2 = \frac{0+v_{\max}}{2}$ 。
- (2) 三个比例式
 - ① 由速度与时间的关系式 $v_{\max} = a_1t_1$ 、 $v_{\max} = a_2t_2$ ，推导可得 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{t_2}{t_1}$ 。

②由速度与位移的关系式 $v_{\max}^2 = 2a_1x_1$ 、 $v_{\max}^2 = 2a_2x_2$ ，推导可得 $\frac{a_1}{a_2} = \frac{x_2}{x_1}$ 。

③由平均速度公式得 $x_1 = \frac{v_{\max}t_1}{2}$ 、 $x_2 = \frac{v_{\max}t_2}{2}$ ，推导可得 $\frac{x_1}{x_2} = \frac{t_1}{t_2}$ 。

例 2 [2024·山东滨州模拟] **多选** 在一次救灾中，一辆救灾汽车由静止开始做匀变速直线运动，刚运动了 8s，由于前方突然有巨石滚下，堵在路中央，所以驾驶员紧急刹车，汽车匀减速运动经 4s 停在巨石前。则关于汽车的运动情况，下列说法错误的是（ ）

- A. 加速、减速中的加速度大小之比 $a_1:a_2 = 2:1$
- B. 加速、减速中的平均速度大小之比 $\bar{v}_1:\bar{v}_2 = 1:1$
- C. 加速、减速中的位移之比 $x_1:x_2 = 4:1$
- D. 加速、减速中的加速度大小之比 $a_1:a_2 = 1:2$

【答案】AC

【解析】设汽车加速结束时的速度为 v ，则加速、减速中的加速度大小之比 $a_1:a_2 = \frac{v}{t_1}:\frac{v}{t_2} = 1:2$ ，A 错误，D 正确；加速、减速中的平均速度大小之比 $\bar{v}_1:\bar{v}_2 = \frac{v}{2}:\frac{v}{2} = 1:1$ ，B 正确；加速、减速中的位移之比 $x_1:x_2 = (\bar{v}_1t_1):(\bar{v}_2t_2) = 2:1$ ，C 错误。

考点二 匀变速直线运动重要推论和比例式的应用
解决匀变速直线运动问题的常用方法

常用方法	适用情况	解决办法
逆向思维法	末速度为零的匀减速直线运动	看成反向的初速度为零的匀加速直线运动
比例法	常用于初速度为零的匀加速直线运动且运动具有等时性或等距离性	由连续相等时间（或距离）的比例关系求解
逐差法	适用于“纸带”类问题	由 $\Delta x = aT^2$ 求加速度
中间时刻速度法	常用于“等分”的运动，把运动按时间（或距离）等分之后求解	根据中间时刻的速度为该段位移的平均速度来求解问题
图像法	常用于加速度变化的变速运动	由图像的斜率、面积等条件判断

考向 1 匀变速直线运动几个重要推论的应用

例3 [2023·山东卷·6, 3分]如图所示, 电动公交车做匀减速直线运动进站, 连续经过 R 、 S 、 T 三点, 已知 ST 间的距离是 RS 的两倍, RS 段的平均速度是 10m/s , ST 段的平均速度是 5m/s , 则公交车经过 T 点时的瞬时速度为 ()



- A. 3m/s B. 2m/s C. 1m/s D. 0.5m/s

【答案】C

【解析】解法一设电动公交车通过 R 、 S 、 T 三点的速度分别为 v_R 、 v_S 、 v_T , 通过 RS 段和 ST 段的平均速度分别为 $\bar{v}_{RS}$ 、 $\bar{v}_{ST}$, 依题意, 由匀变速直线运动规律有

$$\bar{v}_{RS} = \frac{v_R + v_S}{2} = 10\text{m/s} \quad ①$$

$$\bar{v}_{ST} = \frac{v_S + v_T}{2} = 5\text{m/s} \quad ②$$

$$x_{RS} = \bar{v}_{RS} \cdot t_{RS} \quad ③$$

$$x_{ST} = \bar{v}_{ST} \cdot t_{ST} \quad ④$$

$$x_{ST} = 2x_{RS} \quad ⑤$$

$$\text{由①②③④⑤联立可得 } t_{ST} = 4t_{RS} \quad ⑥$$

设匀减速直线运动的加速度大小为 a , 则

$$v_R = v_T + 5at_{RS} \quad ⑦$$

$$v_S = v_T + 4at_{RS} \quad ⑧$$

$$\text{联立①⑦⑧式, 整理可得 } 9at_{RS} = 20 - 2v_T \quad ⑨$$

$$\text{联立②⑧式, 整理可得 } 4at_{RS} = 10 - 2v_T \quad ⑩$$

$$\text{⑨⑩两式相除得 } \frac{9at_{RS}}{4at_{RS}} = \frac{20-2v_T}{10-2v_T}, \text{ 即 } \frac{10-v_T}{5-v_T} = \frac{9}{4}, \text{ 解得 } v_T = 1\text{m/s}, \text{ C 正确。}$$

解法二设电动公交车通过 R 、 S 、 T 三点的速度分别为 v_R 、 v_S 、 v_T , 通过 RS 段和 ST 段的平均速度分别为 $\bar{v}_{RS}$ 、 $\bar{v}_{ST}$, 依题意, 设匀减速直线运动的加速度大小

$$\text{为 } a, \text{ 由匀变速直线运动规律有 } \bar{v}_{RS} = \frac{v_R + v_S}{2} = 10\text{m/s} \quad ①$$

$$\bar{v}_{ST} = \frac{v_S + v_T}{2} = 5\text{m/s} \quad ②$$

$$v_R^2 - v_S^2 = 2ax_{RS} \quad ③$$

$$v_S^2 - v_T^2 = 2ax_{ST} \quad ④$$

$$x_{ST} = 2x_{RS} \quad ⑤$$

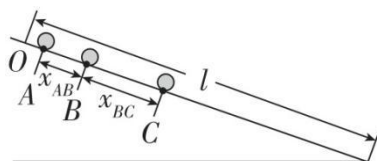
$$\text{联立③④⑤式, 得 } \frac{v_R^2 - v_S^2}{v_S^2 - v_T^2} = \frac{x_{RS}}{x_{ST}} = \frac{1}{2} \quad ⑥$$

联立①②⑥式，得 $v_R = v_T + 10\text{m/s}$

$$v_S = 10\text{m/s} - v_T, \frac{v_R - v_S}{v_S - v_T} = \frac{1}{4}$$

解得 $v_T = 1\text{m/s}$ ，C 正确。

迁移应用 3. [2024·安徽合肥模拟]从固定斜面上的 O 点每隔 0.1s 由静止释放一个同样的小球，释放后小球做匀加速直线运动。某一时刻，拍下小球在斜面滚动的照片，如图所示，测得小球相邻位置间的距离 $x_{AB} = 4\text{cm}$ ， $x_{BC} = 8\text{cm}$ 。已知 O 点距离斜面底端的长度为 $l = 35\text{cm}$ ，由以上数据可以得出 ()



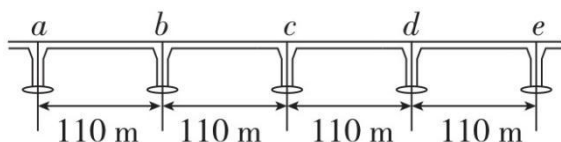
- A. 小球的加速度大小为 12m/s^2
- B. 小球在 B 点的速度大小为 1.2m/s
- C. 该照片是 A 位置的小球释放 0.3s 后拍摄的
- D. 斜面上最多有 5 个小球在滚动

【答案】D

【解析】小球的加速度大小为 $a = \frac{\Delta x}{T^2} = \frac{4 \times 10^{-2}}{0.1^2} \text{m/s}^2 = 4\text{m/s}^2$ ，A 错误；小球在 B 点的速度大小为 $v_B = \frac{x_{AB} + x_{BC}}{2T} = 0.6\text{m/s}$ ，B 错误；小球到达 B 点运动的时间 $t_B = \frac{v_B}{a} = \frac{0.6}{4} \text{s} = 0.15\text{s}$ ，该照片是 A 位置的小球释放 $0.15\text{s} - 0.1\text{s} = 0.05\text{s}$ 后拍摄的，C 错误；小球在斜面上运动的总时间为 $t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.35}{4}} \text{s} \approx 0.42\text{s}$ ，斜面上最多有 5 个小球在滚动，D 正确。

考向 2 初速度为零的匀加速直线运动的几个比例式的应用

例 4 [2024·广东广州模拟]多选 如图为港珠澳大桥上四段 110m 的等跨钢箱连续梁桥，若汽车从 a 点由静止开始做匀加速直线运动，通过 ab 段的时间为 t ，则 ()



- A. 通过 be 段的时间为 $2t$
- B. ae 段的平均速度等于 b 点的瞬时速度

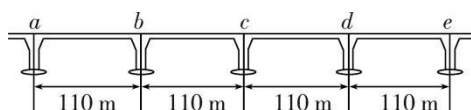
C. 该汽车的加速度为 $\frac{110}{t^2}$

D. 通过 de 段的时间为 $(2 - \sqrt{3})t$

【答案】BD

【解析】由于 ab 段和 be 段位移之比为 $1:3$ ，根据初速度为零的匀加速直线运动的比例关系可知，通过这两段位移的时间相等，所以通过 be 段的时间为 t ，故A错误；由于 b 点对应 ae 的中间时刻，所以 ae 段的平均速度等于 b 点的瞬时速度，故B正确；汽车在 ab 段有 $l_{ab} = \frac{1}{2}at^2$ ，所以 $a = \frac{220}{t^2}$ ，故C错误；根据初速度为零的匀加速直线运动的比例关系可得 $\frac{t_{ab}}{t_{de}} = \frac{1}{2-\sqrt{3}}$ ，所以 $t_{de} = (2 - \sqrt{3})t_{ab} = (2 - \sqrt{3})t$ ，故D正确。

变式. 多选 如图所示为港珠澳大桥上四段 110m 的等跨钢箱连续梁桥，若汽车从 a 点由静止开始做匀加速直线运动，通过 ab 段的时间为 t 。则（ ）



A. 通过 bc 段的时间也为 t

B. 通过 ae 段的时间为 $2t$

C. 汽车通过 b 、 c 、 d 、 e 时的速度之比为 $1:2:3:4$

D. 汽车通过 b 、 c 、 d 、 e 时的速度之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:2$

【答案】BD

【解析】根据初速度为零的匀加速直线运动的特点可知，通过 x 、 $2x$ 、 $3x$ 、 $\dots$ 位移所用时间之比为 $t_1:t_2:t_3:\dots = 1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots$ ，所以汽车通过 bc 段的时间为 $(\sqrt{2} - 1)t$ ，汽车通过 ae 段的时间为 $2t$ ，故A错误，B正确； x 末、 $2x$ 末、 $3x$ 末、 $\dots$ 的瞬时速度之比为 $v_1:v_2:v_3:\dots = 1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:\dots$ ，所以汽车通过 b 、 c 、 d 、 e 时的速度之比为 $1:\sqrt{2}:\sqrt{3}:2$ ，故C错误，D正确。

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业2

第3讲 自由落体运动和竖直上抛运动 多过程问题

课标要求

通过实验，认识自由落体运动规律。结合物理学史的相关内容，认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用。

必备知识·强基固本

一、自由落体运动

1. 定义：物体只在__作用下从__开始下落的运动。

【答案】重力； 静止

2. 运动性质：初速度 $v_0 = 0$ 、加速度为重力加速度 g 的_____运动。

【答案】匀加速直线

3. 基本规律

(1) 速度与时间的关系式： $v = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 位移与时间的关系式： $h = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 速度与位移的关系式： $v^2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

【答案】(1) gt

(2) $\frac{1}{2}gt^2$

(3) $2gh$

二、竖直上抛运动

1. 运动特点：加速度为 g ，上升阶段做_____运动，下降阶段做_____运动。

【答案】匀减速直线； 自由落体

2. 基本规律

(1) 速度与时间的关系式： $v = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 位移与时间的关系式： $h = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 速度与位移的关系式： $v^2 - v_0^2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4) 上升的最大高度： $H = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(5) 上升到最高点所用时间： $t = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

【答案】(1) $v_0 - gt$

(2) $v_0t - \frac{1}{2}gt^2$

(3) $-2gh$

(4) $\frac{v_0^2}{2g}$

(5) $\frac{v_0}{g}$

自主评价

1. 依据下面小情境，判断下列说法对错。

(人教版必修第一册改编) 动手做一做下列实验并观察实验现象：

实验一：在教室内拿两张同样大小的纸，将其中一张揉成一个团，让纸团和另一张纸在同样的高度同时落下；

实验二：拿一块与纸团差不多大小的橡皮与纸团从同一高度同时落下；

实验三：竖直向上抛出一个纸团。

- (1) 物体在真空中一定做自由落体运动。()
- (2) 由静止释放的物体只在重力作用下一定做自由落体运动。()
- (3) 质量越大的物体自由落体加速度越大。()
- (4) 物体由某高度从静止下落一定做自由落体运动。()
- (5) 竖直上抛最高点速度为零而加速度不为零。()

【答案】(1) ×

(2) ✓

(3) ×

(4) ×

(5) ✓

2. (人教版必修第一册改编) 课堂中，老师在做“用直尺测同学的反应时间”实验时，若测出某同学捏住直尺时，直尺下落的高度为 20cm，那么这位同学的反应时间是(g 取 10m/s^2) ()

- A. $\sqrt{\frac{1}{5}}\text{s}$ B. 0.2s C. 0.8s D. 2s

【答案】B

3. (人教版必修第一册改编) 悬崖跳水中，运动员从离水面 H 高处自由下落至水面所用时间为 t ，则当下落 $\frac{1}{2}t$ 时，运动员离水面的高度为 (不计空气阻力) ()

- A. $\frac{1}{2}H$ B. $\frac{1}{4}H$ C. $\frac{3}{4}H$ D. $\frac{7}{8}H$

【答案】C

关键能力·核心突破

考点一 自由落体运动和竖直上抛运动

1. 一切匀加速直线运动的公式均适用于自由落体运动，特别是初速度为零的匀加速直线运动的比例关系式，常在自由落体运动中应用。

2. 竖直上抛的重要特性



(1) 对称性：如图所示，物体以初速度 v_0 竖直上抛， A 、 B 为途中的任意两点， C 为最高点。

①时间对称性：物体上升过程中从 $A \rightarrow C$ 所用时间 t_{AC} 和下降过程中从 $C \rightarrow A$ 所用时间 t_{CA} 相等，同理有 $t_{AB} = t_{BA}$ 。

②速度对称性：物体上升过程经过 A 点的速度与下降过程经过 A 点的速度大小相等，方向相反。

③能量对称性：物体从 $A \rightarrow B$ 和从 $B \rightarrow A$ 重力势能变化量的大小相等，均等于 mgh_{AB} 。

(2) 多解性

①在竖直上抛运动中，当物体经过抛出点上方某一位置时，可能处于上升阶段，也可能处于下降阶段，因此这类问题可能造成时间多解或者速度多解，也可能造成路程多解。

②当只知道物体与抛出点的距离关系时，物体可能在抛出点上方，也可能在抛出点下方。

考向 1 自由落体运动

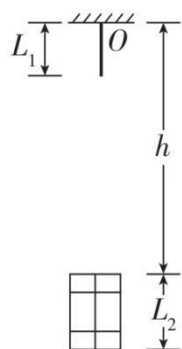
例 1 [2024 · 广西卷 · 3, 4 分] 让质量为 1kg 的石块 P_1 从足够高处自由下落， P_1 在下落的第 1s 末速度大小为 v_1 ，再将 P_1 和质量为 2kg 的石块绑为一个整体 P_2 ，使 P_2 从原高度自由下落， P_2 在下落的第 1s 末速度大小为 v_2 ， g 取 10m/s^2 ，则 ()

A. $v_1 = 5\text{m/s}$ B. $v_1 = 10\text{m/s}$ C. $v_2 = 15\text{m/s}$ D. $v_2 = 30\text{m/s}$

【答案】B

【解析】重物自由下落做自由落体运动，与质量无关，则下落 1s 后速度大小 $v_1 = v_2 = gt = 10 \times 1\text{m/s} = 10\text{m/s}$ ，故选 B。

迁移应用 1. [2024 · 辽宁沈阳模拟] 如图所示，有一根长 $L_1 = 0.5\text{m}$ 的木棍悬挂在某房顶上的 O 点，



它自由下落时经过一高为 $L_2 = 1.5\text{m}$ 的窗口，通过窗口所用的时间为 $t = 0.2\text{s}$ ，不计空气阻力，取重力加速度大小 $g = 10\text{m/s}^2$ ，则窗口上边缘离悬点 O 的距离 h 为（ ）

- A. 4.55m B. 3.45m C. 2.95m D. 5.05m

【答案】A

【解析】设木棍下端和窗口上边缘对齐时，下落的时间为 t_1 ，木棍上端和窗口下边缘对齐时，下落的时间为 t_2 ，根据运动学规律有 $h - L_1 = \frac{1}{2}gt_1^2$ ， $h + L_2 = \frac{1}{2}gt_2^2$ ，又 $t_2 - t_1 = t$ ，联立解得 $h = 4.55\text{m}$ ，A项正确。

考向2 竖直上抛运动

例2 气球下挂一重物，以 $v_0 = 10\text{m/s}$ 的速度匀速上升，当到达离地高度 $h = 175\text{m}$ 处时，悬挂重物的绳子突然断裂，那么重物经多长时间落到地面？落地时的速度多大？（空气阻力不计，取 $g = 10\text{m/s}^2$ ）

【答案】7s； 60m/s

【解析】解法一（分段法）：分成上升阶段和下落阶段两个过程处理。

绳子断裂后重物继续上升的时间和上升的高度分别为 $t_1 = \frac{v_0}{g} = 1\text{s}$ ， $h_1 = \frac{v_0^2}{2g} =$

5m

故重物距离地面的最大高度为 $H = h_1 + h = 180\text{m}$

重物从最高处自由下落，落地时间和落地速度大小分别为 $t_2 = \sqrt{\frac{2H}{g}} = 6\text{s}$ ， $v =$

$gt_2 = 60\text{m/s}$

所以从绳子突然断裂到重物落地共需时间为 $t = t_1 + t_2 = 7\text{s}$ 。

解法二（全程法）：取全过程作为一个整体考虑，从绳子断裂开始计时，经时间 t 后重物落到地面，规定初速度方向为正方向，则重物在时间 t 内的位移 $h' = -175\text{m}$ ，由位移公式有 $h' = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$

解得 $t = 7\text{s}$ ($t = -5\text{s}$ 舍去)

所以重物落地速度为

$$v = v_0 - gt = 10\text{m/s} - 10 \times 7\text{m/s} = -60\text{m/s}$$

其中负号表示方向向下，与初速度方向相反，则落地速度大小为 60m/s 。

总结归纳

竖直上抛运动的研究方法

分段法	上升阶段： $v_0 > 0$ ， $a = -g$ 的匀减速直线运动 下降阶段：自由落体运动
全程法	初速度 v_0 向上，加速度为 $-g$ 的匀变速直线运动， $v = v_0 - gt$ ， $h = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ （以竖直向上为正方向） 若 $v > 0$ ，物体上升；若 $v < 0$ ，物体下落 若 $h > 0$ ，物体在抛出点上方；若 $h < 0$ ，物体在抛出点下方

迁移应用 2. **多选** 从高为 20m 的位置以 20m/s 的初速度竖直上抛一物体， g 取 10m/s^2 ，不计空气阻力，当物体到抛出点距离为 15m 时，所经历的时间可能是 ()

- A. 1s B. 2s C. 3s D. $(2 + \sqrt{7})\text{s}$

【答案】ACD

【解析】取竖直向上为正方向，当物体运动到抛出点上方离抛出点 15m 时，位移为 $x = 15\text{m}$ ，由位移公式得 $x = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ ，解得 $t_1 = 1\text{s}$ ， $t_2 = 3\text{s}$ ；当物体运动到抛出点下方离抛出点 15m 时，位移为 $x' = -15\text{m}$ ，由 $x' = v_0t - \frac{1}{2}gt^2$ ，解得 $t = (2 + \sqrt{7})\text{s}$ 或 $t = (2 - \sqrt{7})\text{s}$ （负值舍去），A、C、D 正确，B 错误。

考点二 匀变速直线运动的多过程问题 规范审题、答题

1. 问题特点

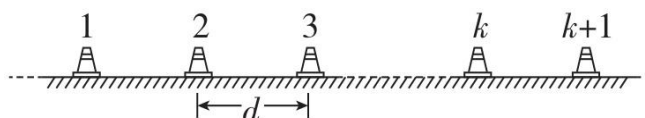
一个物体的运动包含几个阶段，各阶段的运动性质不同，满足不同的运动规律，衔接处的速度是连接各阶段运动的纽带。

2. 基本思路

- (1) 依据加速度不同，将物体运动分为几个阶段；
- (2) 分析判断各阶段的运动性质，画出运动示意图；

- (3) 列出各运动阶段的运动方程；
- (4) 找出衔接处的速度与各阶段间的位移、时间和加速度间的关系；
- (5) 联立求解，算出结果，并对结果进行讨论。

例 3 [2024 · 广西卷 · 13, 10 分] 如图，轮滑训练场沿直线等间距地摆放着若干个定位锥筒，锥筒间距 $d = 0.9\text{m}$ ，某同学穿着轮滑鞋向右匀减速滑行。现测出他从 1 号锥筒运动到 2 号锥筒用时 $t_1 = 0.4\text{s}$ ，从 2 号锥筒运动到 3 号锥筒用时 $t_2 = 0.5\text{s}$ 。求该同学



- (1) 滑行的加速度大小；
- (2) 最远能经过几号锥筒。

【答案】

(1) **规范答题解：**根据匀变速运动某段时间内的平均速度等于中间时刻的瞬时速度（指明选用规律）

可知在 1、2 间中间时刻的速度为（指明哪个过程）

$$v_1 = \frac{d}{t_1} = 2.25\text{m/s} \text{①}$$

2、3 间中间时刻的速度为（指明哪个过程）

$$v_2 = \frac{d}{t_2} = 1.8\text{m/s} \text{②}$$

根据加速度定义式可求加速度大小为（指明选用规律）

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - v_2}{\frac{t_1}{2} + \frac{t_2}{2}} \text{③}$$

$$= 1\text{m/s}^2 \text{④}$$

(2) **规范答题**设到达 1 号锥筒时的速度为 v_0

根据匀变速直线运动位移与时间的关系式得（指明选用规律）

$$v_0 t_1 - \frac{1}{2} a t_1^2 = d \text{⑤}$$

从 1 号锥筒开始到停止的过程可看成反方向的初速度为 0 的匀加速直线运动

$$v_0^2 = 2ax \text{⑥} \text{（必要的文字说明）}$$

联立⑤⑥两式代入数据解得（写分式，联立各式，不写连等）

$$x = 3.00125\text{m} \approx 3.33d \text{⑦}$$

故可知最远能经过 4 号锥筒。（明确回答题中问题）

【解析】

例 3 规范审题

关键信息		信息解读
题 干	锥筒间距 $d = 0.9\text{m}$	相邻两锥筒间位移相同
	向右匀减速滑行	加速度 a 相同
	从 1 号锥筒运动到 2 号锥筒用时 $t_1 = 0.4\text{s}$	可求 1、2 间中间时刻的速度
	从 2 号锥筒运动到 3 号锥筒用时 $t_2 = 0.5\text{s}$	可求 2、3 间中间时刻的速度
问 题	知道锥筒间距和时间，怎样求中间时刻的速度	用重要推论 $v_{\frac{t}{2}} = \bar{v}$
	知道两个中间时刻的速度 v_1 和 v_2 ，怎样求加速度	用加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
	要求该同学最远能经过几号锥筒，需要知道什么	需要求到达 1 号锥筒时的速度 v_0
	末速度为 0 的匀减速直线运动可以看成什么运动	反方向初速度为 0 的匀加速直线运动

【评分细则】共 10 分，①②③④各式 1 分，⑤⑥⑦各式 2 分。

迁移应用 3. [2024·湖北武汉二中月考]无人机在生产生活中有广泛应用。我国林业部门将无人机运用于森林防火工作中，如图所示，某架无人机执行火情察看任务，悬停在目标正上方且距目标高度为 $H_1 = 205\text{m}$ 处， $t = 0$ 时刻，它以加速度 $a_1 = 6\text{m/s}^2$ 竖直向下匀加速运动距离 $h_1 = 75\text{m}$ 后，立即向下做匀减速直线运动直至速度为零，重新悬停在距目标高度为 $H_2 = 70\text{m}$ 的空中，然后进行拍照。重力加速度大小取 10m/s^2 ，求：



(1) 无人机从 $t = 0$ 时刻到重新悬停在距目标高度为 $H_2 = 70\text{m}$ 处的总时间 t ；

(2) 若无人机在距目标高度为 $H_2 = 70\text{m}$ 处悬停时动力系统发生故障，自由下落 2s 后恢复动力，要使其不落地，恢复动力后的最小加速度大小。

【答案】 (1) 9s

(2) 4m/s^2

【解析】

(1) 设无人机下降过程中最大速度为 v ，向下加速时间为 t_1 ，减速时间为 t_2 ，则由匀变速直线运动规律有 $h_1 = \frac{1}{2}at_1^2$ ， $v = at_1$ ， $H_1 - H_2 - h_1 = \frac{v}{2}t_2$ 联立解得 $t = t_1 + t_2 = 9\text{s}$

(2) 无人机自由下落 2s 时的速度为 $v_0 = gt' = 20\text{m/s}$ ， 2s 内向下运动的位移为 $x_1 = \frac{1}{2}gt'^2 = 20\text{m}$ ，设其向下减速的加速度大小为 a_2 时，恰好在到达地面前瞬间速度为零，此时 a_2 为最小加速度大小，则有 $H_2 - x_1 = \frac{v_0^2}{2a_2}$ ，代入数据解得 $a_2 = 4\text{m/s}^2$

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业3

专题突破1 运动图像 追及与相遇问题

关键能力·核心突破

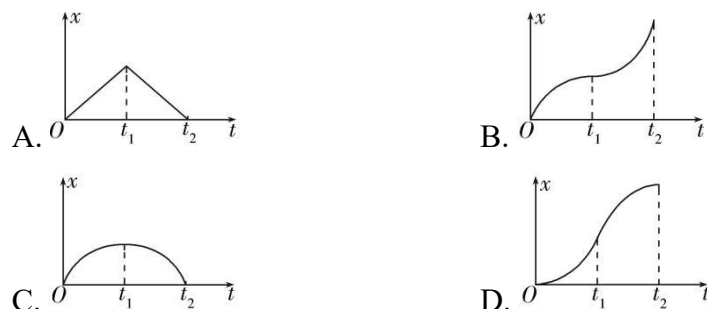
题型一 运动图像的理解及应用

$x-t$ 图像和 $v-t$ 图像的比较

比较项目		$x-t$ 图像	$v-t$ 图像
运动描述			
点	交点	表示两物体相遇的位置和时刻	表示两物体在该时刻速度相同
	转折点	表示该时刻速度发生改变	表示该时刻加速度发生改变
斜率		绝对值表示速度大小，正负表示速度方向	绝对值表示加速度大小，正负表示加速度方向
截距	纵截距	表示 $t=0$ 时刻的位置	表示 $t=0$ 时刻的速度
	横截距	表示物体位置为零的时刻	表示物体速度为零的时刻
面积		无实际意义	表示对应时间内的位移

考向 1 $x-t$ 图像

例 1 [2023 · 全国甲卷 · 16, 6 分] 一小车沿直线运动, 从 $t=0$ 开始由静止匀加速至 $t=t_1$ 时刻, 此后做匀减速运动, 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 ()

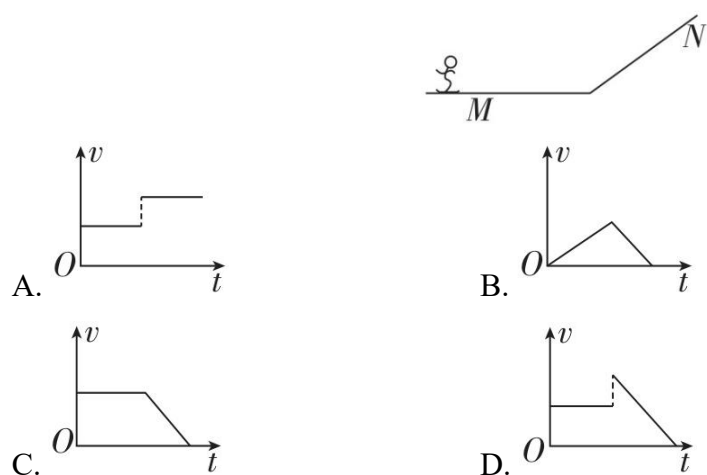


【答案】D

【解析】位移-时间图线切线的斜率表示速度, $0 \sim t_1$ 时间内, 小车做匀加速直线运动, 速度增大, $x-t$ 图线斜率增大; $t_1 \sim t_2$ 时间内, 小车做匀减速直线运动, 速度减小, $x-t$ 图线斜率减小, D 正确。

考向 2 $v-t$ 图像

例 2 [2024 · 重庆卷 · 1, 4 分] 如图所示, 某滑雪爱好者经过 M 点后在水平雪道滑行, 然后滑上平滑连接的倾斜雪道, 当其达到 N 点时速度为 0, 若将其在水平雪道上的运动视为匀速直线运动, 在倾斜雪道上的运动视为匀减速直线运动。则从 M 点到 N 点的运动过程中, 其速度大小 v 随时间 t 的变化图像可能是 ()

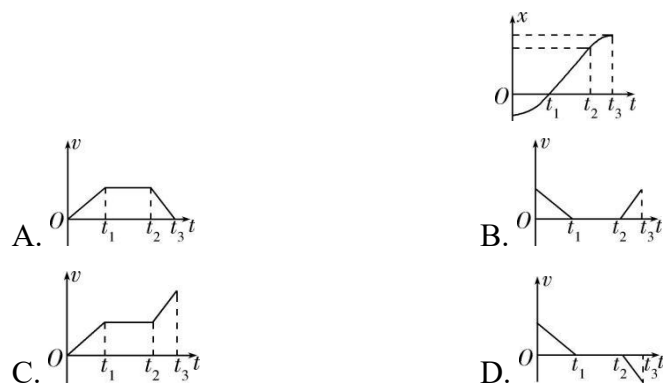


【答案】C

【解析】滑雪爱好者在水平雪道上做匀速直线运动, 滑上平滑连接 (没有能量损失, 速度大小不变) 的倾斜雪道, 在倾斜雪道上做匀减速直线运动, C 正确。

考向 3 图像转换类问题

例 3 [2021 · 辽宁卷 · 3, 4 分] 某驾校学员在教练的指导下沿直线路段练习驾驶技术, 汽车的位置 x 与时间 t 的关系如图所示, 则汽车行驶速度 v 与时间 t 的关系图像可能正确的是 ()

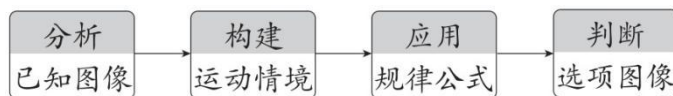


【答案】A

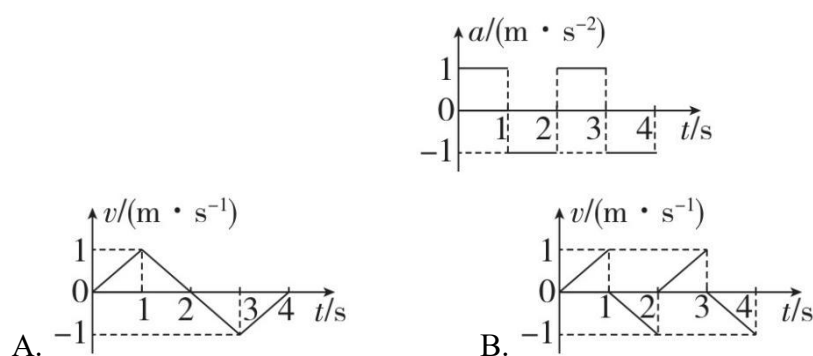
【解析】 $x-t$ 图线的斜率表示速度, $x-t$ 图像中, 图线的斜率始终为正值, 故汽车的运动方向始终为正方向。0 ~ t_1 时间内, 图线斜率不断变大, 即汽车速度不断增大; $t_1 \sim t_2$ 时间内图线斜率不变, 即汽车速度不变; $t_2 \sim t_3$ 时间内图线斜率不断减小, 即汽车速度减小。

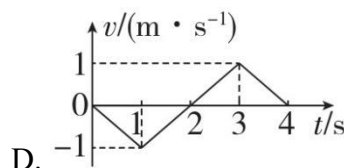
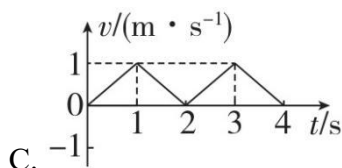
总结归纳

解决图像转换类问题的一般流程



迁移应用 1. 一物体由静止开始沿直线运动, 其加速度随时间变化的规律如图所示。取物体开始运动的方向为正方向, 下列关于物体运动的 $v-t$ 图像正确的是 ()





【答案】C

【解析】根据加速度随时间变化的图像可得，0～1s内物体做匀加速直线运动，速度沿正方向，D错误；第1s末的速度 $v = 1\text{m/s}$ ，1～2s内加速度变为负值，而速度沿正方向，因此物体做匀减速直线运动，到第2s末，速度减小为0，B错误；2～3s内，加速度沿正方向，初速度为0，物体沿正方向做匀加速直线运动，即从第2s末开始重复前面的运动，C正确，A错误。

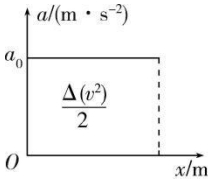
视野拓展

视野拓展

直线运动中的非常规图像问题

1. 匀变速直线运动中的几种常见的非常规图像

图像类别	图示及解读
$a-t$ 图像	由$v = v_0 + at$可知图像与时间轴所围面积表示速度变化量Δv
$\frac{x}{t}-t$ 图像	由$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$可得$\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2}at$，图像的斜率为$\frac{1}{2}a$，纵截距为$v_0$
v^2-x 图像	由$v^2 - v_0^2 = 2ax$可知$v^2 = v_0^2 + 2ax$，图像斜率为$2a$，纵截距为v_0^2
$a-x$ 图像	由$v^2 - v_0^2 = 2ax$可知$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2} \cdot \frac{1}{x}$，图像与$x$轴所围面积表示速度二

	次方的变化量$\Delta(v^2)$的一半 
--	--

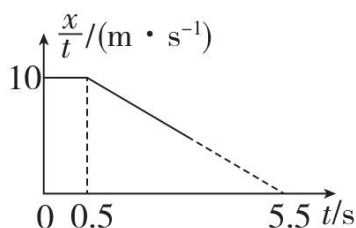
2.解题技巧

(1) 用函数思想分析图像：图像反映了两个变量（物理量）之间的函数关系，因此要由运动学公式推导出两个物理量间的函数关系，分析图像的意义。

(2) 要注意应用解析法和排除法，两者结合，提高图像类选择题的解题准确率和速度。

例 4 多选 司机驾驶汽车在平直公路上匀速行驶，突然遇到紧急情况刹车直到停止运动，从司机发现情况到停止运动这段时间内，汽车的 $\frac{x}{t}-t$ 图像如图所示。

下列说法正确的是（ ）



- A. 汽车刹车过程的初速度为 5.5m/s
- B. 汽车刹车过程的加速度大小为 2m/s^2
- C. 从司机发现情况开始到汽车停止所用时间为 3.0s
- D. 从开始刹车到停止，汽车的位移大小为 12.5m

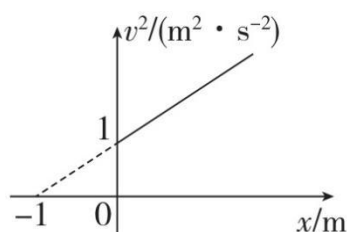
【答案】CD

【解析】通过图像可知，第一阶段在司机反应时间 0.5s 内，汽车做匀速直线运动；第二阶段司机刹车，汽车做匀减速直线运动到停止。根据匀变速直线运动位移与时间关系式 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ ，可得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$ ，由此可知， $\frac{x}{t}-t$ 图像的斜率表示加速度的一半，则 $a = 2k = 2 \times \frac{0-10}{5} \text{m/s}^2 = -4\text{m/s}^2$ （负号表示方向），由图像可知，初速度为 $v_0 = 10\text{m/s}$ ，故 A、B 错误。反应时间为 $t_1 = 0.5\text{s}$ ，刹车到停止的时间为 $t_2 = \frac{0-v_0}{a} = \frac{-10}{-4} \text{s} = 2.5\text{s}$ ，则从司机发现情况开始到

汽车停止所用时间为 $t_{\text{总}} = t_1 + t_2 = 0.5\text{s} + 2.5\text{s} = 3.0\text{s}$ ，故 C 正确。从开始刹车

到停止，汽车的位移大小为 $x_2 = \frac{v_0}{2}t_2 = \frac{10}{2} \times 2.5\text{m} = 12.5\text{m}$ ，故 D 正确。

例 5 一质点在 $t = 0$ 时刻由坐标原点开始做加速直线运动，其速度的二次方与位移的变化关系如图所示，则下列说法正确的是（ ）



- A. 质点做变加速直线运动
- B. 质点的加速度大小为 1m/s^2
- C. 质点的初速度大小为 1m/s
- D. $t = 1\text{s}$ 时，质点的速度大小为 2m/s

【答案】C

【解析】因 $v^2 - x$ 图像是倾斜直线，根据 $v^2 = v_0^2 + 2ax$ ，可知加速度 a 恒定不变，即质点做匀加速直线运动，A 项错误；由题图可知 $2a = 1\text{m/s}^2$ ， $v_0^2 = 1\text{m}^2/\text{s}^2$ ，解得 $a = 0.5\text{m/s}^2$ ， $v_0 = 1\text{m/s}$ ，B 项错误，C 项正确； $t = 1\text{s}$ 时，质点的速度大小为 $v = v_0 + at = 1\text{m/s} + 0.5 \times 1\text{m/s} = 1.5\text{m/s}$ ，D 项错误。

题型二 追及、相遇问题

直线运动中的追及和相遇问题，实质是研究两物体能否在相同的时刻到达相同的空间位置的问题。

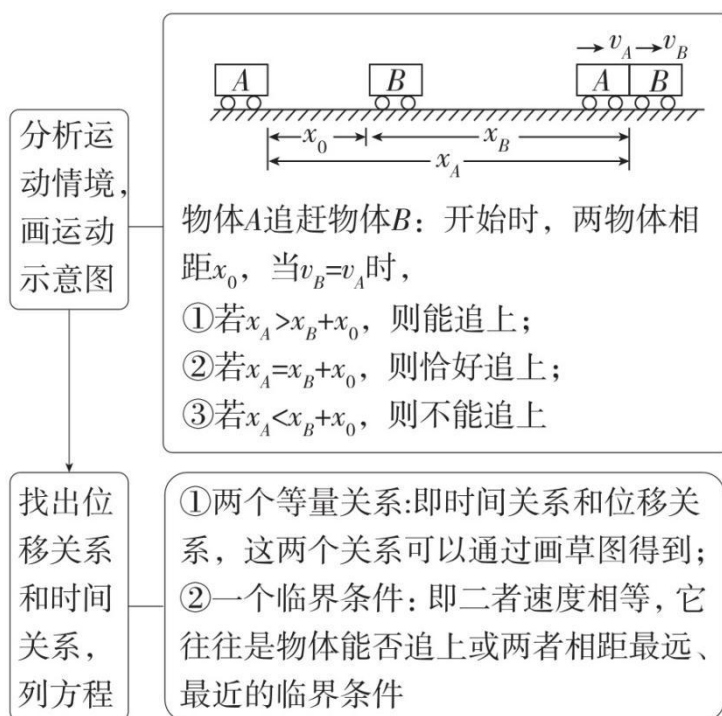
1. 分析追及、相遇问题的思路

注意抓住一个条件、用好两个关系。

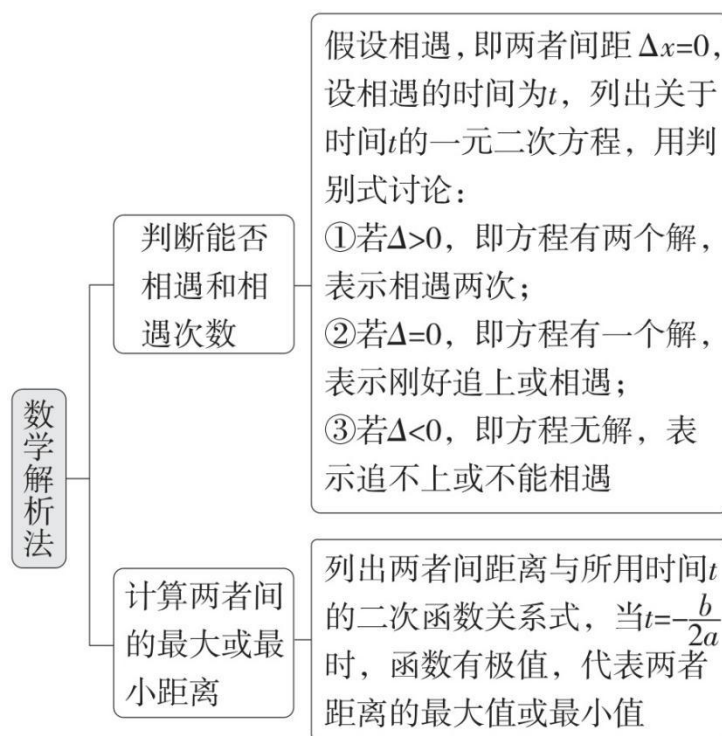
一个条件	速度相等	这是两物体是否追上（或相撞）、距离最大或距离最小的临界点，是解题的切入点
两个关系	时间关系、位移关系	画运动示意图找出两物体位移之间的关系是解题的突破口

2. 分析追及、相遇问题的方法

（1）情境分析法



(2) 数学解析法



(3) 图像法

将两个物体运动的速度-时间关系或位移-时间关系画在同一图像中, 然后利用图像分析求解相关问题。若为 $x-t$ 图像, 两图线的交点表示相遇; 若为 $v-t$ 图像, 应抓住速度相等时的“面积”关系找两物体的位移关系。

例 6 一辆汽车在十字路口等候绿灯，当绿灯亮时汽车以 $a = 3\text{m/s}^2$ 的加速度开始行驶，恰在这一时刻一辆自行车以 $v_{\text{自}} = 6\text{m/s}$ 的速度匀速驶来，从旁边超过汽车。

(1) 汽车从路口开动后，在追上自行车之前经过多长时间两车相距最远？此时距离是多少？

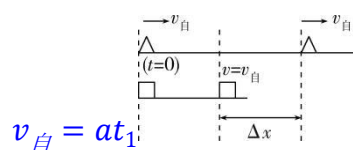
(2) 什么时候汽车能追上自行车？此时汽车的速度是多少？

【答案】 (1) 2s 6m

(2) 4s 12m/s

【解析】

(1) 解法一 物理分析法 如图甲所示，汽车与自行车的速度相等时相距最远，设此时经过的时间为 t_1 ，汽车和自行车间的距离为 Δx ，则有

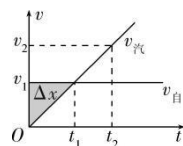


甲

$$\text{所以 } t_1 = \frac{v_{\text{自}}}{a} = 2\text{s} \quad \Delta x = v_{\text{自}}t_1 - \frac{1}{2}at_1^2 = 6\text{m}$$

解法二 数学分析法 设汽车在追上自行车之前经过的时间为 t_1 ，汽车和自行车相距为 Δx ，则 $\Delta x = v_{\text{自}}t_1 - \frac{1}{2}at_1^2$ 代入已知数据，由二次函数求极值的条件知 $t_1 = 2\text{s}$ 时， Δx 有最大值，为 6m 所以 $t_1 = 2\text{s}$ 时，汽车和自行车相距最远，此时距离为 $\Delta x = 6\text{m}$

解法三 图像分析法 自行车和汽车的 $v-t$ 图像如图乙所示。由图乙可以看出，在相遇前， t_1 时刻汽车和自行车速度相等，相距最远，此时的距离为阴影部分的三角形的面积，所以有



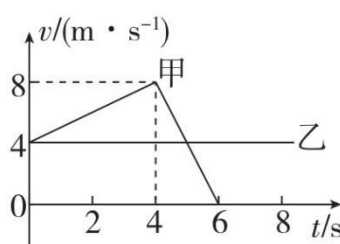
乙

$$t_1 = \frac{v_{\text{自}}}{a} = \frac{6}{3}\text{s} = 2\text{s} \quad \Delta x = \frac{v_{\text{自}}t_1}{2} = \frac{6 \times 2}{2}\text{m} = 6\text{m}$$

(2) 解法一 物理分析法 当汽车和自行车位移相等时, 汽车追上自行车, 设此时经过的时间为 t_2 , 则有 $v_{\text{自}}t_2 = \frac{1}{2}at_2^2$ 解得 $t_2 = \frac{2v_{\text{自}}}{a} = \frac{2 \times 6}{3}\text{s} = 4\text{s}$ 此时汽车的速度 $v_2 = at_2 = 12\text{m/s}$

解法二 图像分析法 由图乙画出的 $v-t$ 图像可以看出, 在 t_1 时刻之后, 由图线 $v_{\text{自}}$ 、 $v_{\text{汽}}$ 和 $t = t_2$ 构成的三角形的面积与阴影部分的三角形面积相等时, 汽车与自行车的位移相等, 即汽车与自行车相遇, 所以 $t_2 = 2t_1 = 4\text{s}$, $v_2 = at_2 = 3 \times 4\text{m/s} = 12\text{m/s}$ 。

迁移应用 2. [2024 · 山东济宁模拟] 多选 甲、乙两车在平直公路上同向行驶, 它们的 $v-t$ 图像如图所示。已知两车在 $t = 2\text{s}$ 时并排行驶, 根据图像提供的信息可知 ()

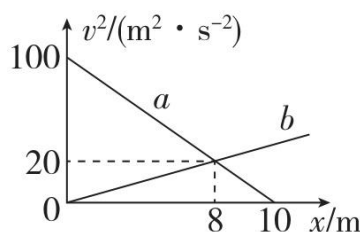


- A. 在 $t = 0$ 时, 甲车在乙车前 2m
- B. 两车另一次并排行驶的时刻是 $t = 7.5\text{s}$
- C. 甲车在 $0 \sim 4\text{s}$ 内与 $4 \sim 6\text{s}$ 内的加速度大小之比为 $1:2$
- D. 甲、乙两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离为 22m

【答案】BD

【解析】两车在 $t = 2\text{s}$ 时并排行驶, $v-t$ 图像中图线与横轴所围的面积表示位移, $0 \sim 2\text{s}$ 内甲车位移大于乙车位移, 则在 $t = 0$ 时, 甲车在乙车后方, 故 A 错误; $2 \sim 7.5\text{s}$ 内, 甲、乙图线与横轴所围的面积分别为 $s_{\text{甲}} = \frac{1}{2} \times 2 \times (6 + 8)\text{m} + \frac{1}{2} \times 8 \times 2\text{m} = 22\text{m}$, $s_{\text{乙}} = 4 \times (7.5 - 2)\text{m} = 22\text{m}$, 大小相等, 所以 $t = 7.5\text{s}$ 时两车再次相遇, 故 B 正确; 甲车在 $0 \sim 4\text{s}$ 内的加速度大小为 $a_1 = \frac{8-4}{4}\text{m/s}^2 = 1\text{m/s}^2$, 在 $4 \sim 6\text{s}$ 内的加速度大小为 $a_2 = \frac{8-0}{6-4}\text{m/s}^2 = 4\text{m/s}^2$, 加速度大小之比为 $1:4$, 故 C 错误; 甲、乙两次并排行驶的位置之间沿公路方向的距离为 $x = 4 \times (7.5 - 2)\text{m} = 22\text{m}$, 故 D 正确。

迁移应用 3. [2024·山东日照期末]多选 a 、 b 两个物体同时从同一地点出发做单向直线运动，它们的 $v^2 - x$ 图像如图所示。关于两物体的运动，下列说法正确的是（ ）



- A. a 、 b 两物体的加速度大小之比为 4:1
- B. 两物体相遇时与出发点的距离为 8m
- C. b 一定能追上 a ，在追上 a 之前， a 、 b 间最大距离为 8m
- D. 从出发时开始计时，4s 时 b 追上 a

【答案】ACD

【解析】由推导公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ ，可得 $v^2 = 2ax + v_0^2$ ，故 a 的加速度大小为 5m/s^2 、方向与运动方向相反， b 的加速度大小为 1.25m/s^2 、方向与运动方向相同，所以 a 、 b 两物体的加速度大小之比为 4:1，故 A 正确；因两物体做的是单向直线运动，在 a 停下前两物体未相遇，所以相遇时与出发点的距离应为 a 停下时移动的距离，即 10m，故 B 错误；当两物体的速度相等时，两者间距离最大，则 $10 - 5t = 1.25t$ ，解得 $t = 1.6\text{s}$ ，因为 a 在 2s 时停下， b 继续做匀加速直线运动，所以 b 一定能追上 a ，在追上 a 之前， a 、 b 间最大距离为 $\Delta x_m = v_a t - \frac{1}{2}a_a t^2 - \frac{1}{2}a_b t^2 = 10 \times 1.6\text{m} - \frac{1}{2} \times 5 \times 1.6^2\text{m} - \frac{1}{2} \times 1.25 \times 1.6^2\text{m} = 8\text{m}$ ，故 C 正确；因两者做单向直线运动，所以 a 运动 2s 后停止，运动的距离为 $x = 10\text{m}$ ，从出发时开始计时， b 追上 a 需要的时间满足 $x = \frac{1}{2}a_b t_1^2$ ，解得 $t_1 = 4\text{s}$ ，故 D 正确。

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业 4

实验 1 探究小车速度随时间变化的规律

必备知识·强基固本

一、实验目的

1. 会正确使用打点计时器，学会利用纸带上的点迹求物体的速度和加速度。
2. 掌握判断物体是否做匀变速直线运动的方法。

二、实验器材

电火花计时器或电磁打点计时器、交流电源、导线、一端附有滑轮的长木板、小车、纸带、细绳、槽码、_____、复写纸、坐标纸。

【答案】刻度尺

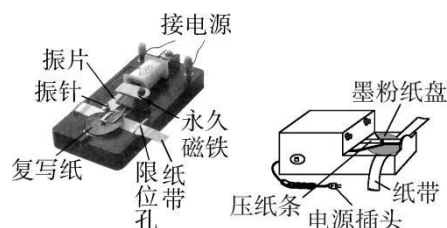
三、实验原理

1. 实验原理图



2. 打点计时器

(1) 电磁打点计时器的结构和电火花计时器的结构（如图）。



(2) 工作条件

电磁打点计时器：低压__电源。

电火花计时器：_____电源。

(3) 当所用交流电源的频率 $f = 50\text{Hz}$ 时，每隔 0.02s 打一次点。若交流电的频率变化，对应打点时间间隔也会发生变化。

【答案】交流；220V 的交流

3. 匀变速直线运动的判断

(1) 若物体在连续相等时间 T 内的位移之差 Δx 为一恒量，即 $\Delta x = \underline{\hspace{2cm}}$ ，则物体做匀变速直线运动。

(2) 利用“平均速度法”确定多个点的瞬时速度，作出物体运动的 $v - t$ 图像，若图像是一条倾斜的直线，则物体做匀变速直线运动。

【答案】 aT^2

4. 由纸带计算某点的瞬时速度

根据匀变速直线运动某段时间内的_____等于该段时间中间时刻的瞬时速度，即 $v_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2T}$ 来计算。

【答案】平均速度

四、实验步骤

1. 仪器安装

(1) 按照实验原理图，把打点计时器固定在长木板无滑轮的一端，连接好电路。

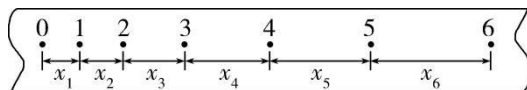
(2) 把一细绳系在小车上，细绳绕过滑轮，另一端挂上合适的槽码，纸带穿过打点计时器，并将一端固定在小车的后面。

2. 测量与记录

(1) 把小车停在靠近打点计时器处，先_____，后_____，让小车拖着纸带运动，打点计时器在纸带上打下一系列的点，随后立即关闭电源。

(2) 增减所挂槽码个数，或在小车上放置重物，重复两次实验。

(3) 舍掉纸带开头一些比较密集的点，从后边便于测量的点开始确定计数点，为了计算方便和减小误差，通常用连续打点五次的时间作为时间间隔，即 $T = 5 \times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$ ，如图所示，正确使用刻度尺测量并计算每相邻两计数点之间的距离。

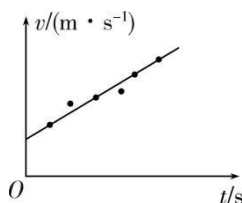


(4) 利用一段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度求得计数点1、2、3、4、5的瞬时速度。

【答案】接通电源； 放开小车

五、实验数据处理

1. 由实验数据作出 $v-t$ 图像



根据记录的 v 、 t 数据，在平面直角坐标系中仔细描点，作一条直线，使同一次实验得到的各点尽量落到这条直线上，落不到直线上的点，应均匀分布在直线的两侧，偏离直线太远的点应舍去，如图所示，这条直线就是本次实验的 $v-t$ 图像，它是一条倾斜的直线。因此小车做匀加速直线运动， $v-t$ 图像的斜率表示加速度。

2. 公式法（逐差法）

若 $x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = x_4 - x_3 = \dots = \text{常数}$ ，则小车做匀变速直线运动。

4 段：加速度 $a = \frac{(x_3+x_4)-(x_1+x_2)}{4T^2}$ ；6 段：加速度 $a = \frac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}$ 。若

为奇数段，一般最短的一段不用，转换为偶数段求解。

六、误差分析

1.偶然误差

(1) 纸带上计数点间距测量有偶然误差，故要多测几组数据，以尽量减小误差。

(2) 用作图法作图时描点、画线不准确会引起误差，所以在描点时最好用坐标纸，在纵、横轴上选取合适的单位，用细铅笔认真描点。

2.系统误差

(1) 纸带运动时摩擦不均匀、打点不稳定会引起误差，所以安装时纸带、细绳要与长木板平行，同时选择符合要求（电压及频率）的交流电源。

(2) 木板的粗糙程度并非完全相同，这样测量得到的加速度只能是所测量段的平均加速度。可在木板上铺一层白纸或换用气垫导轨。

七、注意事项

1.平行：纸带与细绳要和长木板平行。

2.两先两后：实验中应先接通电源，后让小车运动；实验完毕应先断开电源，后取下纸带。

3.防止碰撞：在到达长木板末端前应让小车停止运动，防止槽码落地和小车与滑轮相撞。

4.纸带选取：选择一条点迹清晰的纸带，舍弃点密集部分，适当选取计数点。

5.减小误差：小车的加速度应适当大些，可以减小长度测量的相对误差，加速度大小以能在约 50cm 的纸带上清楚地取出 6~7 个计数点为宜，且小车从靠近打点计时器位置释放。

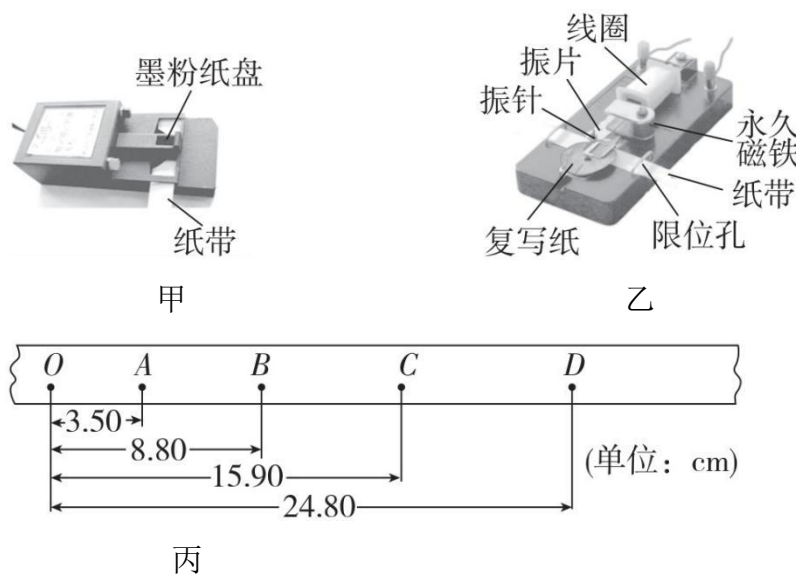
6.区分计时点和计数点：计时点是指打点计时器在纸带上打下的点。计数点是指测量和计算时在纸带上所选取的点，要注意“每 5 个点取一个计数点”与“每隔 4 个点取一个计数点”的取点方法是一样的，时间间隔均为 0.1s。

7.准确作图：在坐标纸上，横、纵轴选取合适的单位（避免所描点过密或过疏而导致误差过大），仔细描点连线，不能连成折线，应作一条直线，让尽可能多的点落到这条直线上，落不到直线上的各点应均匀分布在直线的两侧。

关键能力·核心突破

探究点一 教材原型实验

例 1 [2024·山东青岛模拟]打点计时器是高中物理实验中常用的实验器材，请你完成下列有关问题。



- (1) 如图甲、乙是两种打点计时器的图片，其中甲是_____计时器。
- (2) 乙打点计时器使用的电源为_____（选填“低压交流”或“低压直流”）电源。
- (3) 在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中必要的措施是_____。
 - A.细线必须与长木板平行
 - B.先接通电源，再释放小车
 - C.小车的质量远大于钩码的质量
 - D.平衡小车与长木板间的摩擦力
- (4) 某次实验过程中，小车拖动纸带运动，用打点计时器打出一条纸带，如图丙所示，从某一清晰点开始，描出O、A、B、C、D五个计数点（相邻两个计数点间有四个点未画出），用刻度尺量出各点与O点间距离，已知纸带的右端与小车相连接，所用电源的频率为 50Hz，则判断小车做___（选填“加速”或“减速”）直线运动，打下B点时小车运动的速度大小为___m/s，小车的加速度大小为___m/s²。
- (5) 若打点计时器额定电压为 220V，而实际使用的电源电压为 225V，则(4)中得出的速度与小车速度的真实值相比_____（选填“偏大”“偏小”或“没有影响”）。

【答案】（1）电火花

（2）低压交流

（3）AB

（4）减速；0.62；1.8

（5）没有影响

【解析】

（3）在“探究小车速度随时间变化的规律”实验中，只需要保证小车受到的合力恒定不变，不需要平衡小车与长木板间的摩擦力，也不需要使小车的质量远大于钩码的质量；为了保证小车运动过程受到细线的拉力恒定不变，细线必须与长木板平行，故 A 正确，C、D 错误。为了充分利用纸带，应先接通电源，再释放小车，故 B 正确。

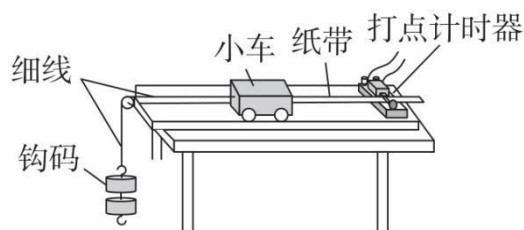
（4）由于纸带的右端与小车相连接，可知相同时间内小车通过的位移逐渐减小，则小车做减速直线运动；相邻两个计数点间有四个点未画出，则相邻计数点的时间间隔为 $T = 5 \times 0.02\text{s} = 0.1\text{s}$ ，打下 B 点时小车运动的速度大小为 $v_B =$

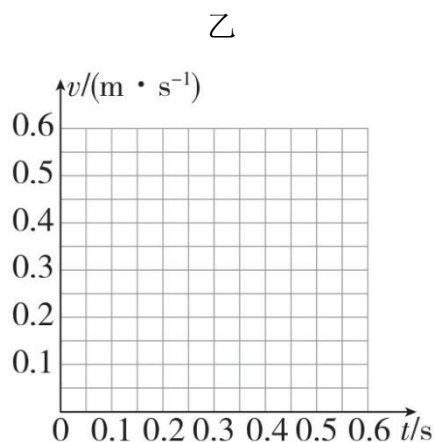
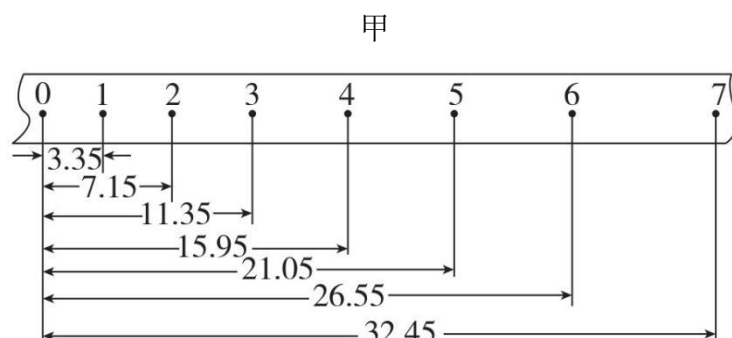
$$\frac{x_{AC}}{2T} = \frac{(15.90 - 3.50) \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} \text{m/s} = 0.62 \text{m/s}，根据逐差法可得小车的加速度大小为 a =$$

$$\frac{x_{BD} - x_{OB}}{4T^2} = \frac{(24.80 - 8.80 - 8.80) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} \text{m/s}^2 = 1.8 \text{m/s}^2。$$

（5）电压对打点计时器的打点时间间隔没有影响，则（4）中得出的速度与小车速度的真实值相比没有影响。

迁移应用。[2024·重庆长寿模拟]小华同学在做“研究匀变速直线运动”的实验中，将打点计时器固定在某处，在细线拉力的作用下小车拖着穿过打点计时器的纸带在水平木板上运动，如图甲所示，由打点计时器得到表示小车运动过程的一条清晰纸带的一段，如图乙所示。在打点计时器打出的纸带上确定出八个计数点，相邻两个计数点之间还有四个点未画出，并用刻度尺测出了各计数点到 0 计数点的距离，图中所标数据的单位是 cm。





丙

(1) 小华利用家庭电源来做实验，因此应该选择_____计时器，工作电压为_____。

(2) 根据纸带提供的信息，小华同学已经计算出了打下 1、2、3、4、5 这五个计数点时小车的速度大小，请你帮助他计算出打下计数点 6 时小车的速度大小为_____（结果保留 3 位有效数字）。

计数点	1	2	3	4	5	6
t/s	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
$v/(m \cdot s^{-1})$	0.358	0.400	0.440	0.485	0.530	

(3) 以速度大小 v 为纵坐标、时间 t 为横坐标在坐标纸上建立直角坐标系，根据表格中的 v 、 t 数据，在图丙坐标系中描点并作出小车运动的 $v-t$ 图像。

(4) 根据 $v-t$ 图像可知，小车的加速度大小为___ m/s^2 （结果保留 2 位有效数字），计时起点的瞬时速度大小为___ m/s （结果保留 3 位有效数字）。

(5) 如果当时电路中的交流电压的频率为 51Hz，而做实验的同学并不知道，那么加速度的测量值与实际值相比___（选填“偏大”“偏小”或“不变”）。

【答案】 (1) 电火花；220V

(2) 0.570m/s

(3) 见解析

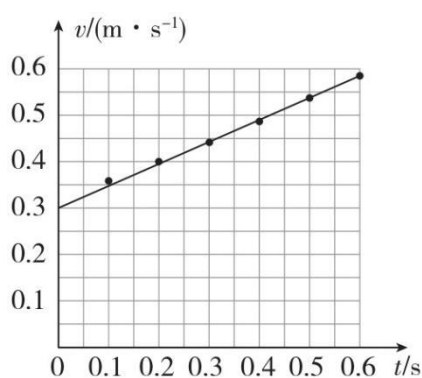
(4) 0.45; 0.300

(5) 偏小

【解析】

(2) 根据表格中的数据可知，相邻计数点之间的时间间隔 $T = 0.1\text{s}$ ，匀变速直线运动中某段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度，则打下计数点 6 时小车的速度大小为 $v_6 = \frac{(32.45-21.05)\times 10^{-2}}{2\times 0.1}\text{m/s} = 0.570\text{m/s}$ 。

(3) 根据表格中的 v 、 t 数据，在坐标系中描点并作出小车运动的 $v-t$ 图像，



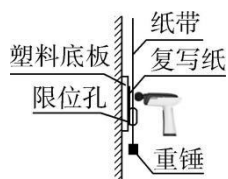
如图所示。

(4) $v-t$ 图像的斜率表示加速度，即 $a = \frac{0.570-0.300}{0.6}\text{m/s}^2 = 0.45\text{m/s}^2$ ；上述 $v-t$ 图像纵轴的截距表示计时起点的速度，根据图像可知 $v_0 = 0.300\text{m/s}$ 。

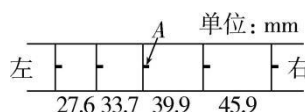
(5) 图像法求加速度的本质与逐差法相同，均是为了减小偶然误差，根据逐差法可知 $a = \frac{x_{47}-x_{14}}{9T^2}$ ，如果当时电路中的交流电压的频率为 51Hz，而做实验的同学并不知道，处理数据时，相邻计数点之间的时间间隔偏大，可知加速度的测量值小于实际值。

探究点二 创新拓展实验

例 2 “筋膜枪”是利用内部电机带动“枪头”高频冲击肌肉，缓解肌肉酸痛的装备。某同学为了测量“枪头”的冲击频率，如图甲将带限位孔的塑料底板固定在墙面上，“枪头”放在限位孔上方，靠近并正对纸带。启动筋膜枪，松开纸带，让纸带在重锤带动下穿过限位孔，“枪头”在纸带上打下系列点迹。更换纸带，重复操作，得到多条纸带，选取点迹清晰的纸带并舍去密集点迹，完成下列实验内容。



甲



乙

(1) 该同学发现点迹有拖尾现象，他在测量各点间距时，以拖尾点迹左侧边缘为测量点，如图乙。纸带的（选填“左”或“右”）端连接重锤；取重力加速度为 9.8m/s^2 ，可算得“枪头”的冲击频率为 Hz ，A点对应的速度为 m/s 。

（计算结果均保留 2 位有效数字）

(2) 该次实验产生误差的原因有：

- A. 纸带与限位孔间有摩擦力
- B. 测量各点间的距离不精确
- C. “枪头”打点瞬间阻碍纸带的运动

其中最主要的原因是_____（选填“A”“B”或“C”），该原因导致冲击频率的测量值_____实际值（选填“大于”或“小于”）。

【答案】 (1) 左；40；1.5

(2) C；大于

【解析】

(1) 重锤自由下落，速度越来越大，纸带点迹间的距离越来越大，故纸带的左端连接重锤；由逐差法有 $g = \frac{x_3 + x_4 - x_1 - x_2}{4T^2}$ ，又 $f = \frac{1}{T}$ ，则频率 $f =$

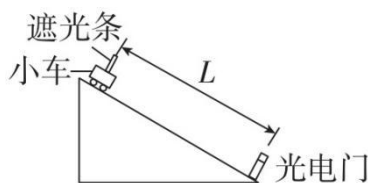
$$\sqrt{\frac{4g}{x_3 + x_4 - x_1 - x_2}} = 40\text{Hz}, \text{ A点对应的速度 } v_A = \frac{x_2 + x_3}{2T} = \frac{0.0337 + 0.0399}{2} \times 40\text{m/s} \approx$$

1.5m/s。

(2) 该次实验产生误差的最主要的原因是“枪头”打点瞬间阻碍纸带的运动，故选 C。“枪头”打点瞬间阻碍纸带的运动，使得重锤下落的加速度小于自由落体加速度，故计算频率时，代入的加速度过大，导致测量结果偏大，故测量值大于实际值。

例 3 [2024 · 广东东莞模拟] 为了测定斜面上小车下滑的加速度，某实验小组利用 DIS（数字化信息系统）技术进行实验，如图所示。当装有宽度为 $d = 2\text{cm}$ 的遮光条的小车经过光电门时，系统就会自动记录挡光时间，并由相应软件计

算遮光条经过光电门的平均速度来表示瞬时速度。某次实验中，小车从遮光条距离光电门中心 L 处由静止释放，遮光条经过光电门的挡光时间为 $T = 0.04\text{s}$ 。



- (1) 计算经过光电门时小车的速度为__m/s。
- (2) 试写出计算小车下滑的加速度 a 的表达式：_____（用 d 、 T 和 L 表示）。
- (3) 若 $L = 0.5\text{m}$ ，则小车下滑的加速度大小为__m/s²。
- (4) 测量计算出来的加速度比真实的加速度__（选填“偏大”“偏小”或“相等”）。

【答案】 (1) 0.5

(2) $a = \frac{d^2}{2LT^2}$

(3) 0.25

(4) 偏小

【解析】

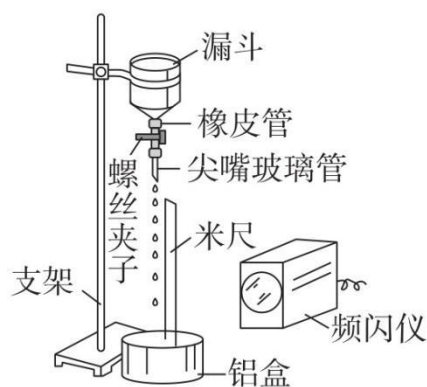
(1) 遮光条经过光电门时的平均速度为 $v = \frac{d}{T}$ ，解得 $v = 0.5\text{m/s}$ ；

(2) 依据匀变速直线运动的速度与位移的关系，有 $v^2 = 2aL$ ，又 $v = \frac{d}{T}$ ，解得 $a = \frac{d^2}{2LT^2}$ ；

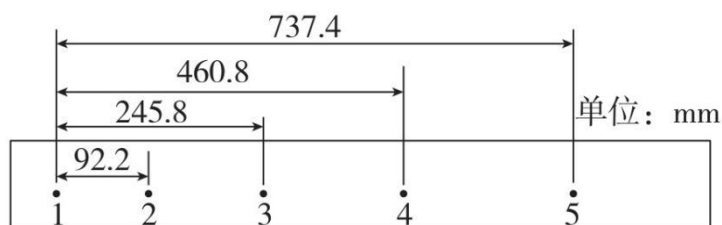
(3) 由(2)中的表达式，代入数据解得 $a = 0.25\text{m/s}^2$ ；

(4) 由于光电门测速度只是测量平均速度，在匀变速直线运动中，平均速度与中间时刻的瞬时速度相等，却又小于中间位置的瞬时速度，而在测量位移 L 时，测的是光电门中间位置与遮光条之间的距离，大于中间时刻所在位置与遮光条之间的距离，所以测量计算出来的加速度比真实的加速度偏小。

例 4 [2024·陕西榆林一模]测定当地的重力加速度的装置如图甲所示，该实验要在暗室中进行，实验器材包括：频闪仪、尖嘴玻璃管、螺丝夹子、接水铝盒、带荧光刻度的米尺、支架、漏斗、橡皮管等。



甲



乙

实验步骤如下：

- (1) 在漏斗内盛满水，旋松螺丝夹子，使水滴以一定的频率一滴滴落下。
- (2) 用频闪仪发出的白闪光将水滴照亮，由大到小逐渐调节频闪仪的频率，直到频闪仪的闪光频率为 12.5Hz 时，第一次看到一串仿佛固定不动的水滴，此时水滴滴落的频率为 $\underline{\hspace{1cm}}\text{Hz}$ 。
- (3) 用竖直放置的米尺测得各水滴所对应的刻度。
- (4) 采集数据进行处理。若读出其中几个连续的水滴的距离关系如图乙所示，则当地的重力加速度大小 $g = \underline{\hspace{1cm}}\text{m/s}^2$ 。（结果保留 2 位有效数字）
- (5) 该实验中引起系统误差的原因可能是 $\underline{\hspace{4cm}}$ 。（写出一条即可）

【答案】 (2) 12.5

(4) 9.6

(5) 存在空气阻力（或水滴滴落的频率改变）

【解析】

(4) 频闪仪的闪光频率为 12.5Hz ，则闪光周期 $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{12.5}\text{s} = 0.08\text{s}$ ，由逐差法可知 $\Delta h = h_{35} - h_{13} = g(2T)^2$ ，解得 $g \approx 9.6\text{m/s}^2$ 。

(5) 该实验中引起系统误差的原因可能是存在空气阻力，水滴不是做自由落体运动，或水滴滴落的频率改变。

温馨提示 请完成《分层突破训练》课时作业 5