



教辅图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年创始人专注教育行业

全品

选考复习方案

主编：肖德好

江苏
专版

听课手册
物理



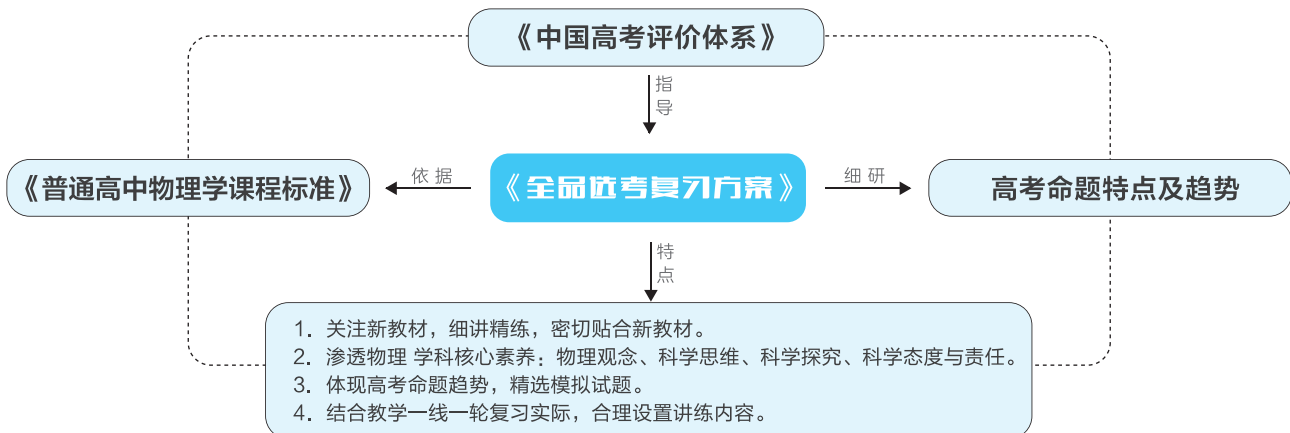
AI时代就该用AI学习
遇到问题快扫我

沈阳出版发行集团

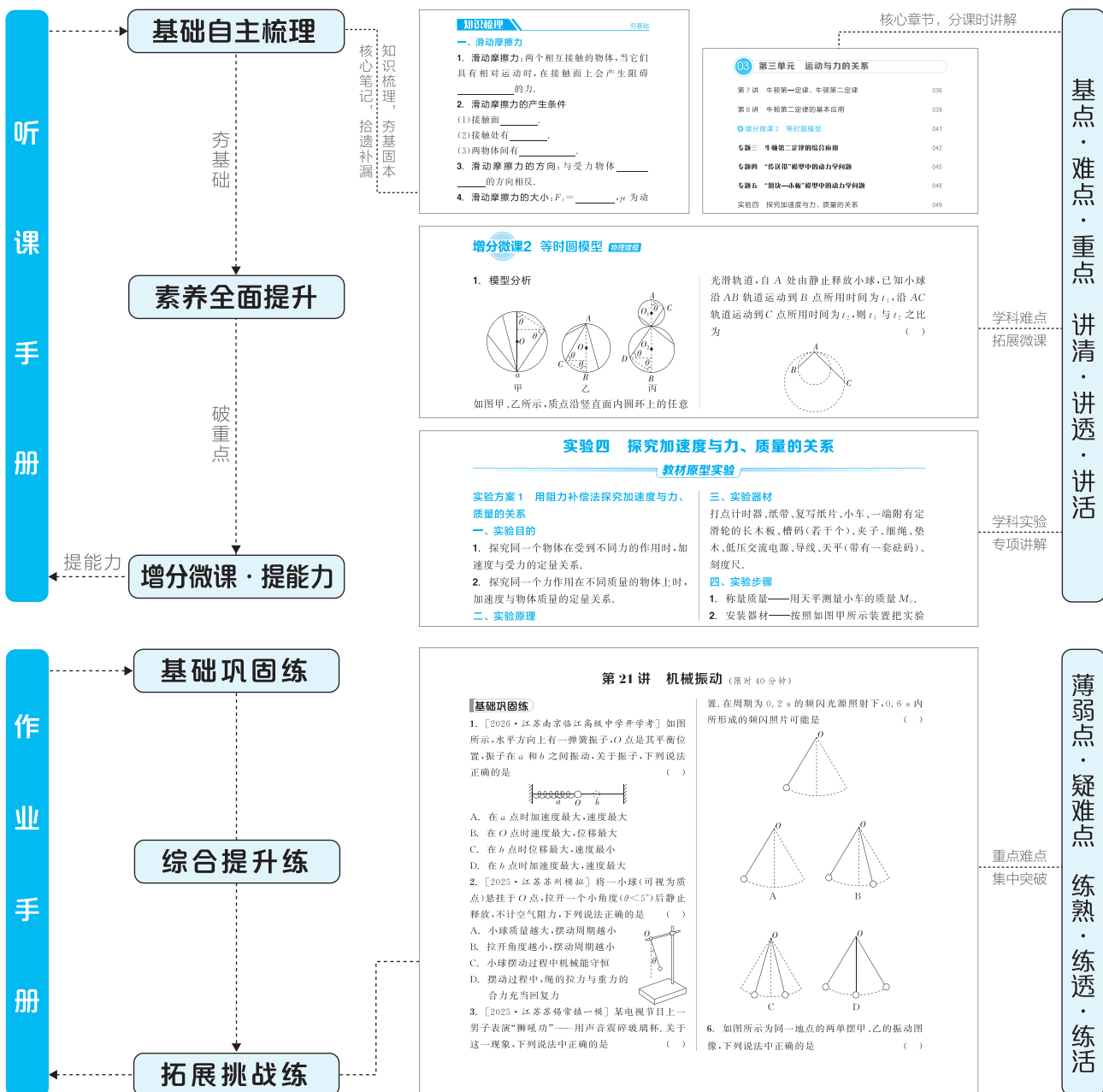
 沈阳出版社

全品选考复习方案

物理
江苏专版



图书结构与特点



CONTENTS

目录

01 第一单元 运动的描述 匀变速直线运动

第 1 讲 运动的描述	001
第 2 讲 匀变速直线运动的规律与应用	004
第 3 讲 自由落体运动与竖直上抛运动 多过程问题	006
专题一 运动图像问题 追及与相遇问题	009
实验一 探究小车速度随时间变化的规律	012

02 第二单元 相互作用——力

第 4 讲 重力 弹力 摩擦力	017
第 5 讲 力的合成与分解	020
第 6 讲 牛顿第三定律 共点力的平衡	022
★ 增分微课 1 “死结”和“活结” “动杆”和“定杆”模型	025
专题二 动态平衡问题、平衡中的临界和极值问题	027
实验二 探究弹簧弹力与形变量的关系	029
实验三 探究两个互成角度的力的合成规律	032

03 第三单元 运动与力的关系

第 7 讲 牛顿第一定律、牛顿第二定律	036
第 8 讲 牛顿第二定律的基本应用	039
★ 增分微课 2 等时圆模型	041
专题三 牛顿第二定律的综合应用	042
专题四 “传送带”模型中的动力学问题	045
专题五 “滑块—木板”模型中的动力学问题	048
实验四 探究加速度与力、质量的关系	049

物理建模

1. 等时圆模型	041
2. 圆锥摆类问题	067
3. 双星问题	081
4. 传送带模型综合问题	098
5. 应用动量定理处理柱状问题	107
6. “子弹打木块”模型	112
7. “滑块—弹簧”模型	115
8. 等效思想在电场中的应用	158
9. 磁场中的“动态圆”模型	196
10. 变质量气体模型	252

解答规范

1. 圆周运动的动力学问题	065
2. 用动力学和能量观点解决多运动组合问题	100
3. 力学三大观点的综合应用	117
4. 电场中能量、动量的综合问题	159
5. 动量守恒定律在电磁感应中的应用	220

04 第四单元 曲线运动

第 9 讲 曲线运动 运动的合成与分解	054
第 10 讲 抛体运动	057
实验五 探究平抛运动的特点	060
第 11 讲 圆周运动	064
★ 增分微课 3 圆锥摆类问题	067
专题六 圆周运动的临界问题	068
实验六 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系	071

05 第五单元 万有引力与宇宙航行

第 12 讲 万有引力定律及应用	074
第 13 讲 人造卫星 宇宙速度	077
专题七 卫星变轨问题 双星问题及相对论	080

06 第六单元 机械能

第 14 讲 功、功率	082
★ 增分微课 4 变力做功的分析与计算	085
第 15 讲 动能定理及其应用	087
专题八 应用动能定理解决多过程问题	089
第 16 讲 机械能守恒定律及其应用	091
★ 增分微课 5 含弹簧系统的机械能守恒问题	094
第 17 讲 功能关系 能量守恒定律	096
专题九 动力学和能量观点的综合应用	098
实验七 验证机械能守恒定律	101

07 第七单元 动量

第 18 讲 动量定理及应用	105
第 19 讲 动量守恒定律及应用	108
第 20 讲 碰撞 反冲现象	109
专题十 “子弹打木块”模型和“滑块—木板”模型	112
专题十一 “滑块—斜(曲)面”模型和“滑块—弹簧”模型	114
专题十二 力学三大观点的综合应用	116
实验八 验证动量守恒定律	118

08 第八单元 机械振动与机械波

第 21 讲 机械振动	123
实验九 用单摆测量重力加速度	127
第 22 讲 机械波	130

09 第九单元 静电场

第 23 讲 静电场中力的性质	135
★ 增分微课 6 非点电荷电场强度的叠加与计算	139
第 24 讲 静电场中能的性质	142
专题十三 静电场中的图像问题	146
第 25 讲 电容器 带电粒子在电场中的直线运动	
实验:观察电容器的充、放电现象	149
第 26 讲 带电粒子在电场中的偏转	153
专题十四 带电粒子在交变电场中的运动	156
专题十五 带电粒子在电场中运动的综合问题	157

10 第十单元 恒定电流

第 27 讲 电路及其应用	161
第 28 讲 闭合电路欧姆定律	165
专题十六 电学实验基础	169
专题十七 测量电阻的其他几种方法	173
实验十 测量金属丝的电阻率	177
实验十一 用多用电表测量电学中的物理量	180
实验十二 测量电源的电动势和内阻	184

11 第十一单元 磁场

第 29 讲 磁场及其对电流的作用	189
第 30 讲 磁场对运动电荷(带电体)的作用	193
专题十八 磁场中的“动态图”模型	196
专题十九 洛伦兹力与现代科技	198
专题二十 带电粒子在组合场中的运动	202
专题二十一 带电粒子在叠加场和立体空间中的运动	204

12 第十二单元 电磁感应

第 31 讲 电磁感应现象 楞次定律	
实验:探究影响感应电流方向的因素	207
第 32 讲 法拉第电磁感应定律、自感和涡流	211
专题二十二 电磁感应中的电路和图像问题	214
专题二十三 电磁感应中的动力学和能量问题	217
专题二十四 动量观点在电磁感应中的应用	219

13 第十三单元 交变电流 电磁振荡与电磁波 传感器

第 33 讲 交变电流的产生及描述	221
第 34 讲 变压器 远距离输电	224
★增分微课 7 用等效法处理变压器问题	227
第 35 讲 电磁振荡与电磁波 传感器	229
实验十三 利用传感器制作简单的自动控制装置	229

14 第十四单元 光学

第 36 讲 光的折射和全反射	234
第 37 讲 光的波动性	237
第 38 讲 光学实验	240

15 第十五单元 热学

第 39 讲 分子动理论 内能	244
第 40 讲 固体、液体和气体	248
专题二十五 气体实验定律的综合应用	252
第 41 讲 热力学定律与能量守恒定律	254
第 42 讲 热学实验	257

16 第十六单元 近代物理

第 43 讲 原子结构和波粒二象性	261
第 44 讲 原子核	267

作业手册 [单独成册 P339~P512]

参考答案(听课手册) [单独成册 P276~P338]

参考答案(作业手册) [单独成册 P514~P592]



第一单元 运动的描述 匀变速直线运动

课程标准	核心考点
1. 了解近代实验科学产生的背景,认识实验对物理学发展的推动作用 2. 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为质点.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 3. 理解位移、速度和加速度.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 4. 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	参考系、质点
	位移、速度和加速度
	匀变速直线运动及其公式、图像
	实验:测量做直线运动物体的瞬时速度

第1讲 运动的描述

考点一 质点 参考系

知识梳理

夯基础

1. 质点

(1)质点是用来代替物体的_____的点,质点是一种理想化模型.

(2)把物体看作质点的条件:①物体的大小、形状等因素对所研究的问题的影响可以_____.②当物体上各部分的运动状态都_____时,任何一点的运动情况都能代表物体的运动.

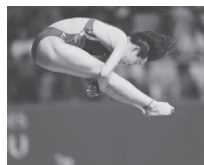
2. 参考系

在描述物体运动时,用来作为参考的物体,通常以_____为参考系.

题组演练

明思路

例1 [2024·浙江1月选考] 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
- [反思感悟] _____

例 2 花果山位于江苏省连云港市南云台山中麓,是国家重点风景名胜区、国家 5A 级旅游景区,游客乘坐索道缆车从九龙桥可以到玉女峰,如图所示,对于面向缆车运动方向的某游客来说,以下说法正确的是 ()

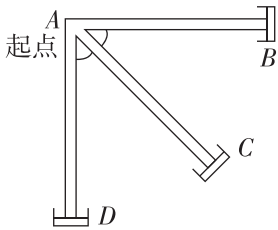


- A. 以对面的山为参考系,自己静止不动
- B. 以自己为参考系,看到对面的山迎面而来
- C. 以自己为参考系,看到同一缆车里的人向前运动
- D. 以所乘坐的缆车为参考系,看到两边的绿树在向前运动

[反思感悟] _____

考点二 位移和路程

知识梳理			夯基础
	位移	路程	
定义	位移表示物体的位置变化,可用由初位置指向_____的有向线段表示	路程是物体的_____的长度	
标矢性	位移是_____,方向由初位置指向_____	路程是_____,没有方向	
运算规则	矢量的平行四边形定则	标量的代数运算	
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_____路程		



- A. 研究教师在触摸折返线时可以看成质点
- B. B 到 C 和 C 到 D 的路程相同
- C. 该教师通过的总位移为 60 m
- D. 15 s 指的是该教师回到起点的时刻

[反思感悟] _____

题组演练 明思路

例 3 某校举行教职工趣味运动会,其中一项比赛项目——“十米三向折返跑”,活动场地如图所示, $AB=AC=AD=10\text{ m}$,参赛教师听到口令后从起点 A 跑向 B 点,用手触摸折返线后再返回 A 点,然后依次跑向 C 点、D 点,最终返回 A 点.现测得某参赛教师完成活动的时间为 15 s,则 ()

- 变式 1** [2025·江苏常州教科院附属高级中学月考] 某人沿着半径为 R 的水平圆周跑道跑了 1.75 圈时,他的 ()
- A. 路程和位移的大小均为 $3.5\pi R$
 - B. 路程和位移的大小均为 $\sqrt{2}R$
 - C. 路程为 $3.5\pi R$ 、位移的大小为 $\sqrt{2}R$
 - D. 路程为 $1.75\pi R$ 、位移的大小为 $\sqrt{2}R$

考点三 速度、速率

知识梳理

夯基础

1. 平均速度与瞬时速度

	平均速度	瞬时速度
定义	物体在某一段时间内完成的_____与所用时间之比	物体在_____或经过_____时的速度
定义式	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (x 为位移)	$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ (Δt 趋于零)
标矢性	矢量, 平均速度方向与物体_____方向相同	矢量, 瞬时速度方向与物体运动方向相同, 沿其运动轨迹_____方向
实际应用	物理实验中通过光电门测速, 把遮光条通过光电门的平均速度视为瞬时速度	

2. 平均速率与瞬时速率

- (1) 瞬时速率: _____ 的大小, 简称速率.
 (2) 平均速率: 物体运动的 _____ 与通过这段路程所用时间的比值.

题组演练

明思路

例 4 [2026·江苏致远中学月考] 某赛车手在一次野外训练中, 先利用地图计算出出发地和目的地的直线距离为 9 km, 从出发地到目的地用时 5 min, 赛车上的里程表显示的里程数增加了 15 km, 当他经过某路标时, 车内速度计指示的示数为 150 km/h, 下列说法正确的是 ()

A. 在整个过程中赛车手的瞬时速度一直是 108 km/h

- B. 在整个过程中赛车手的平均速度是 180 km/h
 C. 在整个过程中赛车手的平均速率是 108 km/h
 D. 经过该路标时的瞬时速率是 150 km/h

[反思感悟]

技法点拨

- $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 是平均速度的定义式, 适用于所有的运动, 求平均速度要找准“位移”和发生这段位移所需的“时间”; 而 $\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$ 只适用于匀变速直线运动.
- 由平均速度 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可知, 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, 平均速度就可以认为是某一时刻或某一位置的瞬时速度. 测出物体在微小时间 Δt 内发生的微小位移 Δx , 就可求出瞬时速度, 这样瞬时速度的测量便可转化为微小时间 Δt 和微小位移 Δx 的测量.

变式 2 [2025·江苏海门中学期末] 一物体从 A 点沿正东方向以 10 m/s 的速度运动 4 s 到达 B 点, 然后又以 5 m/s 的速度向北匀速运动 6 s 到达 C 点, 则关于这 10 s 内物体的路程、位移、平均速率和平均速度大小的说法, 不正确的是 ()

- A. 位移大小为 50 m
 B. 路程为 70 m
 C. 平均速率为 7 m/s
 D. 平均速度为 7.5 m/s

考点四 加速度

知识梳理

夯基础

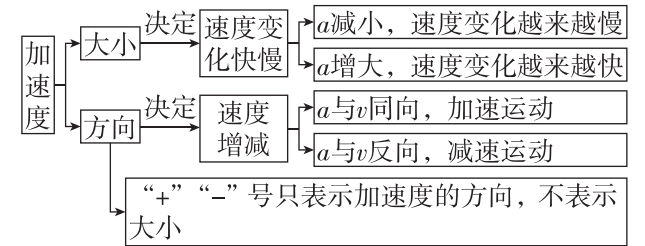
- 定义: 物体 _____ 和发生这一变化所用时间之比.
- 定义式: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 单位: m/s^2 .

- 方向: 与 _____ 的方向一致, 由 _____ 的方向决定, 而与 v_0 、 v 的方向 _____ (选填“有关”或“无关”), 是矢量.
- 物理意义: 描述物体速度 _____ 的物理量.

1. 速度、速度变化量、加速度的比较

物理量	速度 v	速度的变化量 Δv	加速度 a
物理意义	表示运动的快慢和方向,是状态量	表示速度变化的大小和方向,是过程量	表示速度变化的快慢和方向,即速度的变化率,是状态量
公式	$v = \frac{x}{t}$	$\Delta v = v - v_0$	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
决定因素	由物体的运动状态决定	由 $\Delta v = a \Delta t$ 知, Δv 由 a 和 Δt 决定	由 $a = \frac{F}{m}$ 知, a 由 F 和 m 决定
关系	三者的大小无必然联系, v 很大时, Δv 可以很小,甚至为 0, a 可大可小		

2. 判断质点做加速直线运动或减速直线运动的方法



例 5 做变速运动的物体,下列情况可能出现的是 ()

- A. 物体加速度等于 0,而其速度变化率却不等于 0
- B. 物体具有向东的加速度,而速度变化的方向却向西
- C. 两物体相比,一个物体加速度较大而其速度却较小
- D. 两物体相比,一个物体速度变化较快而其加速度却较小

例 6 2023 年 5 月,在第 57 届世界乒乓球锦标赛男单决赛中,假设接触球拍前乒乓球的速度是 90 km/h,选手将乒乓球反方向击回后速度大小变为 126 km/h,设球与球拍的作用时间为 0.002 s.对于此次回球过程,下列说法正确的是 ()

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

第 2 讲 匀变速直线运动的规律与应用

考点一 匀变速直线运动的基本规律及其应用

1. 匀变速直线运动的基本规律

- (1)速度与时间的关系式: $v =$ _____.
- (2)位移与时间的关系式: $x =$ _____.
- (3)速度与位移的关系式: $v^2 - v_0^2 =$ _____.

2. 运动学公式中正、负号的规定

直线运动可以用正、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.

两类特殊的匀减速直线运动

刹车类	(1)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)求解时要注意确定其实际运动时间 (3)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、加速度不变的匀加速直线运动
-----	--

双向 运动类	(1)示例:如沿光滑斜面上滑的小球,到最高点后仍能以原加速度匀加速下滑,全过程加速度大小、方向均不变
	(2)求解时可对全过程列式,但必须注意 x 、 v 、 a 等矢量的正负号及物理意义

题组演练

明思路

例 1 [2025·江苏卷] 新能源汽车在辅助驾驶系统测试时,感应到前方有障碍物立刻制动,做匀减速直线运动. 2 s 内速度由 12 m/s 减为 0. 该过程中加速度大小为 ()

- A. 2 m/s² B. 4 m/s²
C. 6 m/s² D. 8 m/s²

[反思感悟]

例 2 [2026·江苏扬州新华中学月考] 一辆汽车以 10 m/s 的速度做直线运动,某时刻开始以恒定的加速度刹车,第一个 1 s 内位移为 8 m,汽车刹车的加速度小于 10 m/s²,下列说法不正确的是 ()

- A. 汽车的刹车的加速度大小为 4 m/s²
B. 3 s 内汽车的位移为 12 m
C. 汽车在第 2 s 内的位移是 4 m
D. 汽车在第 3 s 内的平均速度是 0.5 m/s

匀变速直线运动的公式选用技巧

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

变式 一辆汽车在路面正常行驶时,遇特殊情况进行紧急刹车,刹车过程中其位移与时间关系为 $x = 20t - 2t^2$ (m),则刹车后 6 秒汽车的速度大小为 ()

- A. 10 m/s B. 8 m/s
C. 4 m/s D. 0

[反思感悟]

例 3 在足够长的光滑固定斜面上,有一物体以 10 m/s 的初速度沿斜面向上运动,物体的加速度大小始终为 5 m/s²、方向沿斜面向下,当物体的位移大小为 7.5 m 时,下列说法不正确的是 ()

- A. 物体运动时间可能为 1 s
B. 物体运动时间可能为 3 s
C. 物体运动时间可能为 $(2 + \sqrt{7})$ s
D. 物体此时的速度大小一定为 5 m/s

考点二 匀变速直线运动的推论及其应用

知识梳理

夯基础

1. 匀变速直线运动的三个常用推论

(1) 两个连续相同时间内的位移差: $\Delta x = \underline{\hspace{2cm}}$. $x_m - x_n = \underline{\hspace{2cm}} aT^2$.

(2) 中间时刻速度: $v_{\frac{t}{2}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

(3) 位移中点速度: $v_{\frac{x}{2}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

2. 初速度为零的匀加速直线运动的五个重要比例式

(1) T 末、 $2T$ 末、 $3T$ 末、 $\dots$ 、 nT 末的瞬时速度之比 $v_1 : v_2 : v_3 : \dots : v_n = \underline{\hspace{2cm}}$.

(2) 前 T 内、前 $2T$ 内、前 $3T$ 内、 $\dots$ 、前 nT 内的位移之比 $x_1 : x_2 : x_3 : \dots : x_n = \underline{\hspace{2cm}}$.

(3) 第 1 个 T 内、第 2 个 T 内、第 3 个 T 内、 $\dots$ 、第 n 个 T 内的位移之比 $x_{\text{I}} : x_{\text{II}} : x_{\text{III}} : \dots : x_n = \underline{\hspace{2cm}}$.

(4) 前 x 内、前 $2x$ 内、前 $3x$ 内、 $\dots$ 、前 nx 内的时间之比 $t_1 : t_2 : t_3 : \dots : t_n = \underline{\hspace{2cm}}$.

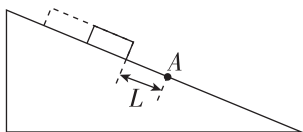
(5) 第 1 个 x 内、第 2 个 x 内、第 3 个 x 内、 $\dots$ 、第 n 个 x 内的时间之比 $t_1 : t_{\text{II}} : t_{\text{III}} : \dots : t_n = \underline{\hspace{2cm}}$.

例 4 [2025·江苏常州高级中学调研] 最近在武汉市街头有一种无人驾驶网约车,因其科技含量高和较低的乘车费用引起市民的广泛关注.这种无人驾驶的汽车在投入运营前需要进行各种安全性能测试.在一次刹车性能检测中,车头依次通过 A、B、C、D 四个标志杆,测得的数据有: $AB = 15 \text{ m}$, $CD = 22 \text{ m}$,车头在 AB、BC、CD 段的运动时间依次为 1 s 、 0.5 s 、 2 s .若把该车从 A 到 D 的过程近似为匀减速直线运动,则车头经过 A 标志杆时的速率为 ()

- A. 16 m/s B. 17 m/s
C. 18 m/s D. 18.5 m/s

例 5 [2025·江苏南京六校联合体调研] 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 ,上端到达 A 点时的速度为 v_1 ;若木板长度为 $2L$,上端到达 A 点时的速度为 v_2 .则 $v_2 : v_1$ 为 ()

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



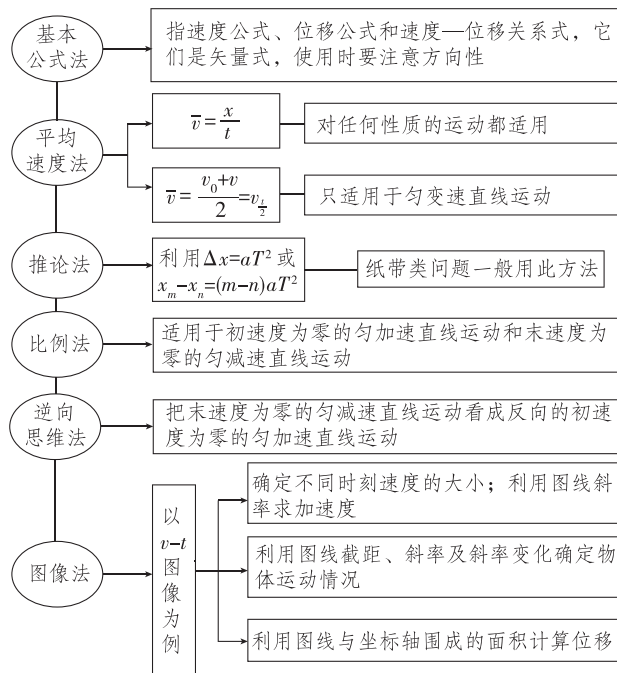
例 6 物体从静止开始做匀加速直线运动,已知第 4 s 内与第 2 s 内的位移之差是 8 m ,则下列说法错误的是 ()

- A. 物体运动的加速度为 4 m/s^2
B. 第 2 s 内的位移为 6 m
C. 第 2 s 末的速度为 2 m/s
D. 物体在 $0 \sim 5 \text{ s}$ 内的平均速度为 10 m/s

[反思感悟]

技法点拨

解决匀变速直线运动的六种方法



第 3 讲 自由落体运动与竖直上抛运动 多过程问题

考点一 自由落体运动

知识梳理

夯基础

1. 自由落体运动的基本规律

(1) 运动特点: 初速度为 _____, 加速度为 _____ 的匀加速直线运动.

(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: $v^2 = \underline{\hspace{2cm}}$.

2. 自由落体运动推论比例公式

可充分利用自由落体运动初速度为零的特点、比例关系及推论等规律解题.

(1) 从运动开始连续相等的时间内位移之比为 $1 : 3 : 5 : 7 : \dots$.

(2) 从运动开始的一段时间内的平均速度 $\bar{v} =$

$$\frac{h}{t} = \frac{v}{2} = \frac{1}{2}gt.$$

(3) 连续相等的时间 T 内位移的增加量相等, 即 $\Delta h = gT^2$.

例 1 一小球从距地面某一高度处自由下落,落地时速度大小为 20 m/s ,不计空气阻力,自由落体加速度 g 取 10 m/s^2 ,则下列说法正确的是 ()

- A. 小球落地时间为 1 s
- B. 小球开始下落时距离地面的高度为 10 m
- C. 小球在下落过程中的平均速度大小为 20 m/s
- D. 小球在下落的最后 1 s 内的位移大小为 15 m

[反思感悟]

变式 1 [2025·江苏邳州质检] 如图所示,一

水龙头损坏后不能完全关闭,有水滴从管口由静止开始不断下落,相邻两个水滴之间时间间隔相等,不计空气阻力.下列说法正确的是 ()

- A. 落地前,水滴 1、2 之间距离保持不变



- B. 落地前,水滴 1、2 之间速度差逐渐增大
- C. 水滴 1、2 的落地时间差大于水滴 2、3 的落地时间差
- D. 落地前,水滴 1、2 之间的距离与水滴 2、3 之间的距离差值保持不变

[反思感悟]

变式 2 某同学在墙前连续拍照时,恰好有一小白色重物从墙前的某高处由静止落下,拍摄到重物下落过程中的一张照片如图所示.由于重物的运动,它在照片上留下了一条模糊的径迹.已知每层砖的平均厚度为 6.0 cm ,这个照相机的曝光时间为 $2.0 \times 10^{-2}\text{ s}$,则 ()



- A. 石子下落到 A 位置时的速度约为 60 m/s
- B. 石子下落到 A 位置时的速度约为 12 m/s
- C. 石子下落到 A 位置所需的时间约为 0.6 s
- D. 石子下落到 A 位置所需的时间约为 1.2 s

考点二 竖直上抛运动

知识梳理

夯基础

1. 竖直上抛运动的基本规律

(1) 运动特点:初速度方向竖直向上,加速度为 g ,上升阶段做匀减速运动,下降阶段做_____运动.

(2) 基本规律

①速度与时间的关系式:_____;

②位移与时间的关系式: $x = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$.

2. 竖直上抛运动的特性 (如图所示)

(1) 对称性

①时间对称: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 $t_{AB} = t_{BA}$.

②速度对称: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.

(2) 多解性:当物体经过抛出点上方某个位置时,可能处于上升阶段,也可能处于下降阶段,造成多解,在解决问题时要注意这个特性.

3. 竖直上抛运动研究方法

分段法	(1) 上升阶段: $a = g$ 的匀减速直线运动 (2) 下降阶段: 自由落体运动
全程法	(1) 初速度 v_0 向上、加速度为 $-g$ 的匀变速直线运动, $v = v_0 - gt$, $h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$ (以竖直向上为正方向) (2) 若 $v > 0$, 物体上升; 若 $v < 0$, 物体下落 (3) 若 $h > 0$, 物体在抛出点上方; 若 $h < 0$, 物体在抛出点下方

例 2 [2025·江苏王集中学阶段测] 以 5 m/s 的速度匀速上升的气球,当升到离地面 10 m 高时,从气球上落下一小球,落下时开始计时,求:
(不计阻力, g 取 10 m/s^2)
(1)小球到达的最大高度;

(2)小球从气球落下至到达地面所用的时间.

考点三 匀变速直线运动的多过程问题

核心笔记

提能力

1. 解决多过程问题的基本思路

如果一个物体的运动包含几个阶段,就要分段分析,各段交接处的速度往往是联系各段的纽带.可按下列步骤解题:

- (1)画:分清各阶段运动过程,画出草图.
- (2)列:列出各运动阶段的运动方程.
- (3)找:找出交接处的速度与各段间的位移—时间关系.
- (4)解:联立求解,算出结果.

2. 解题关键: 多过程运动的转折点的速度是联系两个运动过程的纽带,因此,转折点速度的求解往往是解题的关键.

题组演练

明思路

例 3 [2025·江苏常州教科院附中开学考] 有一部电梯,启动时匀加速上升的加速度大小为 2 m/s^2 ,制动时匀减速上升的加速度大小为 1 m/s^2 ,中间阶段电梯可匀速运行,电梯运行上升的高度为 48 m . 则:

(1)匀加速运动的时间 t_1 与匀减速运动的时间 t_2 的比值;

- (2)如果电梯先加速上升至 4 m/s ,然后匀速上升,最后减速上升,求全程的总时间;
- (3)若电梯运行时没有限速,求电梯升到最高处的最短时间.

变式 3 [2025·安徽卷] 汽车由静止开始沿直线从甲站开往乙站,先做加速度大小为 a 的匀加速运动,位移大小为 x ;接着在 t 时间内做匀速运动;最后做加速度大小也为 a 的匀减速运动,到达乙站时速度恰好为 0 . 已知甲、乙两站之间的距离为 $8x$,则 ()

- A. $x = \frac{1}{18}at^2$ B. $x = \frac{1}{16}at^2$
C. $x = \frac{1}{8}at^2$ D. $x = \frac{1}{2}at^2$

[反思感悟]

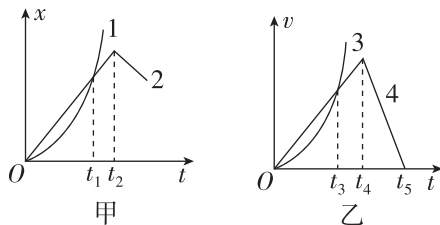
专题一 运动图像问题 追及与相遇问题

题型一 常规图像问题

根据图像中横、纵坐标轴所代表的物理量,明确该图像是位移—时间图像($x-t$ 图像),还是速度—时间图像($v-t$ 图像),或是加速度—时间图像($a-t$ 图像),这是解读运动图像信息的前提。

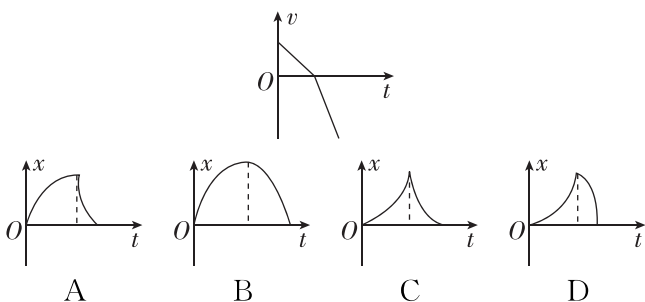
图像	$x-t$ 图像	$v-t$ 图像	$a-t$ 图像
图像实例			
图线含义	图线①表示质点向正方向做匀速直线运动(斜率表示速度 v)	图线①表示质点做匀加速直线运动(斜率表示加速度 a)	图线①表示质点做加速度增大的运动
	图线②表示质点静止	图线②表示质点做匀速直线运动	图线②表示质点做匀变速直线运动
	图线③表示质点向负方向做匀速直线运动	图线③表示质点做匀减速直线运动	图线③表示质点做加速度减小的运动
图点含义	交点④表示此时三个质点相遇	交点④表示此时三个质点有相同的速度	交点④表示此时三个质点有相同的加速度
	点⑤表示 t_1 时刻质点位移为 x_1 (图中阴影部分的面积没有意义)	点⑤表示 t_1 时刻质点速度为 v_1 (图中阴影部分面积表示质点在 $0 \sim t_1$ 时间内的位移)	点⑤表示 t_1 时刻质点加速度为 a_1 (图中阴影部分面积表示质点在 $0 \sim t_1$ 时间内的速度变化量)

例 1 如图甲、乙所示的位移—时间图像和速度—时间图像中,给出四条图线 1、2、3、4 代表四个不同物体的运动情况,关于它们的物理意义,下列描述正确的是 ()

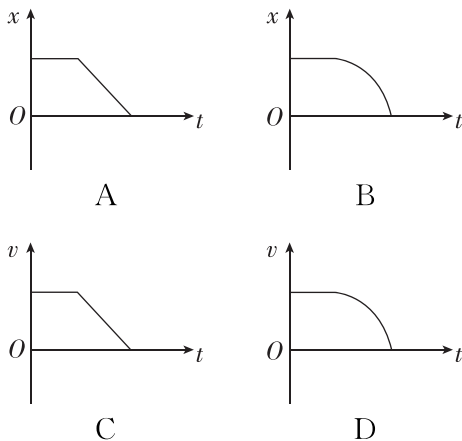


- A. 图线 1 表示物体做曲线运动
- B. $x-t$ 图像中, t_1 时刻 $v_1 > v_2$
- C. $v-t$ 图像中, $0 \sim t_3$ 时间内 3 和 4 的平均速度大小相等
- D. 两图像中, t_2 、 t_4 时刻分别表示 2、4 开始反向运动

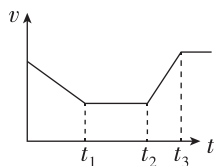
例 2 一质点做直线运动的 $v-t$ 关系图像如图所示,则该质点的 $x-t$ 关系图像可大致表示为选项图中的 ()



变式 1 [2026·江苏徐州三中模拟] 某汽车在平直公路上匀速行驶,其雷达和传感器检测到正前方有静止障碍物,预警系统发出警告,驾驶员仍未进行刹车操作.汽车继续前行至某处时自动触发“紧急制动”,使汽车做匀减速直线运动,避免与障碍物发生碰撞.下列图像能反映上述过程中汽车运动规律的是 ()



变式 2 [2025·海南卷] 如图所示是某汽车通过 ETC 过程的 $v-t$ 图像,下面说法正确的是 ()



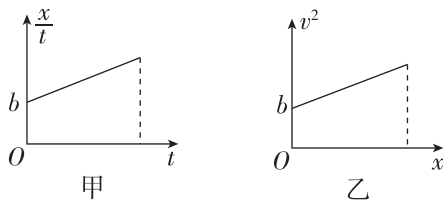
- A. $0 \sim t_1$ 内,汽车做匀减速直线运动
- B. $t_1 \sim t_2$ 内,汽车静止
- C. $0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 内,汽车加速度方向相同
- D. $0 \sim t_1$ 和 $t_2 \sim t_3$ 内,汽车速度方向相反

题型二 非常规图像问题

对于非常规运动图像,可由运动学公式推导出两个物理量间的函数关系,来分析图像的斜率、截距、面积的含义.

1. 函数法解决 $\frac{x}{t}-t$ 图像

由 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 可得 $\frac{x}{t} = v_0 + \frac{1}{2} a t$, 截距 b 为初速度 v_0 , 图像的斜率 k 为 $\frac{1}{2} a$, 如图甲所示.



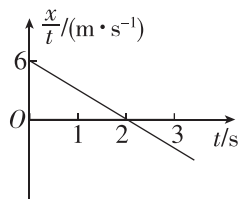
2. 函数法解决 v^2-x 图像

由 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ 可知 $v^2 = v_0^2 + 2ax$, 截距 b 为 v_0^2 , 图像斜率 k 为 $2a$, 如图乙所示.

3. 其他非常规图像

图像种类	$a-x$ 图像	$\frac{1}{v}-x$ 图像	$\frac{x}{t^2}-\frac{1}{t}$ 图像
示例			
解题关键	公式依据: $v^2 - v_0^2 = 2ax \rightarrow ax = \frac{v^2 - v_0^2}{2}$ 面积意义: 速度平方变化量的一半 $\left(\frac{v^2 - v_0^2}{2}\right)$	公式依据: $t = \frac{x}{v}$ 面积意义: 运动时间(t)	公式依据: $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow \frac{x}{t^2} = \frac{v_0}{t} + \frac{1}{2} a$ 斜率意义: 初速度 v_0 纵截距意义: 加速度的一半 $\left(\frac{a}{2}\right)$

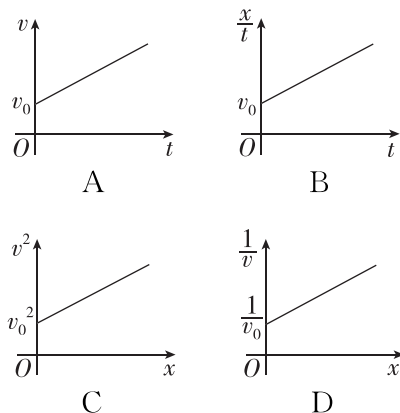
例 3 一质点从 $t=0$ 时刻开始沿直线运动, 运动时间为 t 时, 对应的位移为 x , 规定向右为正方向, 其 $\frac{x}{t}-t$ 图像如图所示, 则下列说法正确的是 ()



- A. $t=0$ 时, 物体的初速度大小为 3 m/s
- B. 物体的加速度大小为 3 m/s^2
- C. $0 \sim 2 \text{ s}$ 内物体的位移为 6 m
- D. 3 s 末物体位于出发点左侧 9 m 处

[反思感悟]

例 4 [2026·江苏南京中华中学调研] 在如图所示的四个物体的运动图像中, 已知四个图像的斜率的数值相同, 所有物理量的单位均为国际制单位, 从 $t=0$ 或 $x=0$ 时开始计时, 经过相同时间, 物体的位移最大的是 ()



[反思感悟]

题型三 追及、相遇问题

追及与相遇问题的实质是研究两个物体的时空关系,只要满足两个物体在同时到达同一地点,即说明两个物体相遇.

1. 分析思路

可概括为“一个临界条件”和“两个等量关系”.

(1)一个临界条件:速度相等.它往往是物体间能否追上或两者距离最大、最小的临界条件,也是分析、判断问题的切入点;

(2)两个等量关系:时间等量关系和位移等量关系.通过画草图找出两物体的位移关系是解题的突破口.

2. 常用分析方法

(1)情境分析法:抓住“两物体能否同时到达空间同一位置”这一关键,认真审题,挖掘题目中的隐含条件,建立物体运动关系的情境图.

(2)二次函数法:设运动时间为 t ,根据条件列方程,得到关于二者之间的距离 Δx 与时间 t 的二次函数关系, $\Delta x=0$ 时,表示两者相遇.

①若 $\Delta > 0$,即有两个解,说明可以相遇两次;

②若 $\Delta = 0$,一个解,说明刚好追上或相遇;

③若 $\Delta < 0$,无解,说明追不上或不能相遇.

当 $t = -\frac{b}{2a}$ 时,函数有极值,代表两者距离的最大或最小值.

(3)图像分析法:将两者的速度—时间图像在同一坐标系中画出,然后利用图像分析求解.

(4)变换参考系法:一般情况下,我们习惯于选地面为参考系,但有时研究两个以上相对运动物体间运动时,如果能巧妙选取合适的参考系,会简化解题过程,起到化繁为简的效果.

特别注意:若被追赶的物体做匀减速直线运动,一定要注意判断被追上前该物体是否已经停止运动.

例5 [2025·江苏泗阳调研] 在平直的公路上,一辆小汽车前方26 m处有一辆大客车正以12 m/s的速度匀速前进,这时小汽车从静止出发以 1 m/s^2 的加速度追赶.问:

(1)小汽车何时追上大客车?

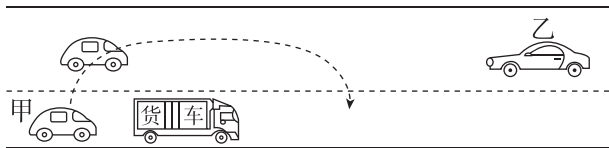
(2)追上时小汽车的速度有多大?

(3)追上前小汽车与大客车之间的最远距离是多少?

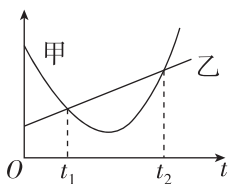
例6 强行超车是道路交通安全的极大隐患之一,如图所示是汽车超车过程的示意图,汽车甲和货车均以 36 km/h 的速度在平直路面上匀速行驶,货车在甲车前面.若甲车司机发现附近无其他车辆后开始加速从货车左侧超车,加速度大小为 4 m/s^2 .假定货车速度保持不变,汽车超过货车4 m后完成超车,不计车辆变道的时间.

(1)若甲车要在4 s内完成超车,则货车最多在甲车前面多远处?

(2)若甲车开始超车时,看到道路正前方的乙车迎面驶来,乙车速度为 54 km/h .甲车超车的整个过程用时4 s,乙车速度始终保持不变,则甲、乙两车之间的距离至少是多少?



例 7 如图所示为甲、乙两车在平直公路上做直线运动的位移—时间($x-t$)或速度—时间($v-t$)图像, t_1 时刻两车恰好到达同一地点. 关于两车在 $t_1 \sim t_2$ 时间内运动的正确说法是 ()



- A. 若是 $x-t$ 图像, 则当甲车速度为零时, 两车间的距离最大
- B. 若是 $x-t$ 图像, 则甲、乙两车的速度相等时, 两车间的距离最小
- C. 若是 $v-t$ 图像, 则两车间的距离先增大后减小
- D. 若是 $v-t$ 图像, 则两车间的距离不断增大

实验一 探究小车速度随时间变化的规律

教材原型实验

一、实验目的

- 练习正确使用打点计时器, 学会利用打下点的纸带研究物体的运动.
- 测量匀变速直线运动的瞬时速度和加速度. ($\Delta x = aT^2$ 或 $v-t$ 图像).

二、实验原理

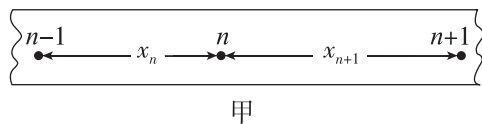
1. 利用纸带判断物体运动性质的方法

- 沿直线运动的物体, 若任意相等时间内的位移相等, 则物体做_____运动.
- ①沿直线运动的物体在连续相等时间 T 内的位移分别为 $x_1, x_2, x_3, x_4, \dots$, 若 $\Delta x = x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = x_4 - x_3 = \dots$, 且对任意时间间隔 T 均成立, 则说明物体在做_____运动, 且 $\Delta x = aT^2$.

- 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_____运动.

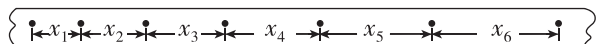
2. 由纸带计算瞬时速度和加速度

- “中间点”的瞬时速度: 如图甲中的 n 点. n 点的瞬时速度 $v_n =$ _____.



- 利用纸带求物体加速度的两种方法

- ①逐差法: 所测数据全部得到利用, 精确度较高.



$$a_1 = \frac{x_4 - x_1}{3T^2}, a_2 = \frac{x_5 - x_2}{3T^2}, a_3 = \frac{x_6 - x_3}{3T^2} \Rightarrow a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

- ②图像法: 利用 $v_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2T}$ 求出打各点时物体的瞬时速度, 然后作出 $v-t$ 图像, 用 $v-t$ 图像的斜率求物体运动的加速度.

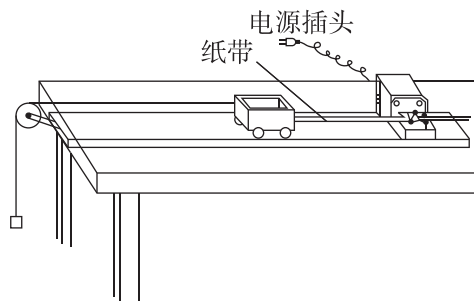
三、实验器材

电火花计时器(或电磁打点计时器)、一端附有滑轮的长木板、小车、纸带、细绳、槽码、刻度尺、导线、交流电源、_____.

四、实验步骤

1. 仪器安装

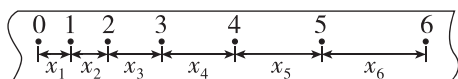
- 把附有滑轮的长木板放在实验桌上, 并使滑轮伸出桌面, 把打点计时器固定在长木板上没有滑轮的一端, 连接好电路.
- 把一条细绳的一端拴在小车上, 细绳跨过滑轮, 下端挂上合适的槽码, 纸带穿过打点计时器, 并将纸带的一端固定在小车的后面. 实验装置如图所示, 放手后, 看小车能否在木板上平稳地_____滑行.



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, 打点计时器就在纸带上打下一系列的点. 随后立即关闭电源, 换上新纸带, 重复三次.

(2) 从三条纸带中选择一条比较理想的, 舍掉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单位, 即 $T=5 \times 0.02 \text{ s}=0.1 \text{ s}$. 如图所示, 正确使用毫米刻度尺测量并计算每相邻两计数点之间的距离.



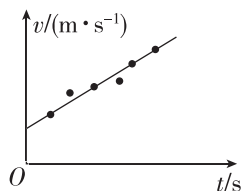
(3) 利用一段时间内的平均速度等于这段时间中间时刻的瞬时速度, 求得打计数点 1、2、3、4、5 时小车的瞬时速度.

(4) 增减所挂槽码数, 或在小车上放置重物, 再做两次实验.

五、数据处理

1. 由实验数据得出 $v-t$ 图像

根据表格中的 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, 偏离直线太远的点可舍去不要. 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, 加速度就是 $v-t$ 图像的斜率.



2. 公式法

若 $x_2-x_1=x_3-x_2=x_4-x_3=\dots$, 则小车做匀变速直线运动, 加速度 $a = \frac{(x_4+x_5+x_6)-(x_1+x_2+x_3)}{9T^2}$.

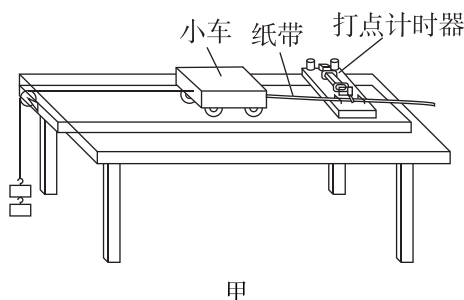
六、误差分析

1. 纸带运动时摩擦力不均匀, 打点不稳定引起误差.
2. 计数点间距测量有偶然误差.
3. 作图有误差.

七、注意事项

1. 平行: 纸带、细绳要与长木板平行.
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, 防止槽码落地及小车与滑轮相撞.
4. 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 50 cm 的纸带上清楚地取出 6~7 个计数点为宜.
5. 小车从靠近打点计时器位置释放.

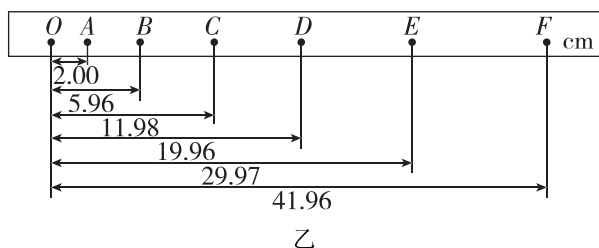
例 1 [2026·江苏扬州新华中学月考] 某同学用如图甲所示装置探究小车做匀变速直线运动的规律.



(1) 请在下列实验器材中, 选出本实验中不需要的器材: _____ (填编号).

- ①电火花计时器 ②天平 ③一端带有滑轮的长木板 ④细线和纸带 ⑤砝码、托盘和小车 ⑥刻度尺 ⑦秒表

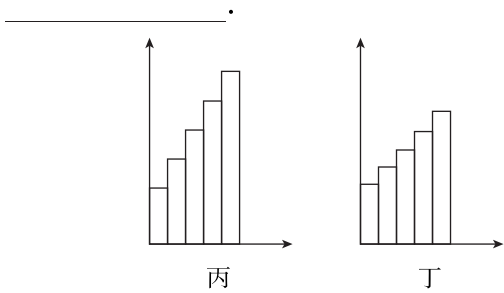
(2) 安装好实验装置后, 按照正确的实验操作, 纸带被打出一系列点, 其中一段如图乙所示, 可知纸带的 _____ (选填“左”或“右”) 端与小车相连.



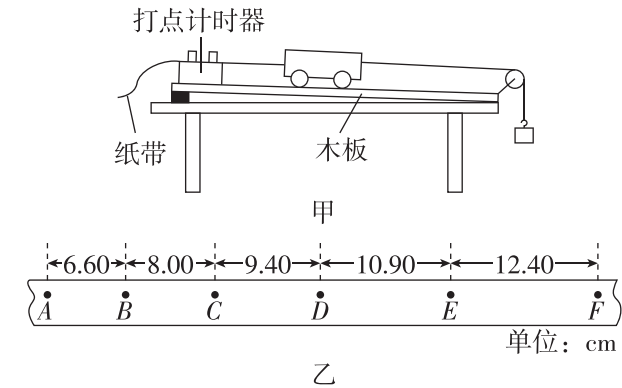
(3) 如图乙所示中 O 、 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 为相邻的计数点, 相邻两计数点间还有 4 个点未画出, 已知电源频率为 50 Hz, 则小车运动的加速度大小为 _____ m/s^2 . 打下 E 点时小车的瞬时速度大小为 _____ m/s . (结果均保留 3 位有效数字)

(4) 如果当时电网中交变电流的电压变成 210 V, 频率不变, 而做实验的同学并不知道, 那么加速度的测量值 _____。(选填“偏大”“偏小”或“不变”)

(5) 实验结束后, A、B 两组同学分别把纸带每隔 0.1 s 剪断, 得到若干短纸条, 再把这些纸条下端对齐, 并排贴在一张纸上, 分别得到如图丙、丁所示的两幅图. 可知 _____ 组实验过程中小车的加速度大, 判断依据是 _____



变式 1 [2025 · 江苏苏州市八校联考] 小华利用如图甲所示的实验装置探究物体做直线运动时平均速度与时间的关系. 先将木板左端垫高, 以平衡打点计时器对小车的阻力及其他阻力. 然后在小车右端用细绳跨过定滑轮和一个钩码相连, 钩码下落, 带动小车运动.

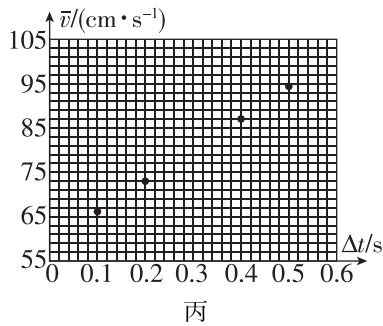


(1) 平衡阻力时, 小车的左端 _____ (选填“需要”或“不需要”) 和纸带相连.

(2) 实验得到的纸带和相关数据如图乙所示, 图中相邻两个计数点的时间间隔均为 0.1 s. 以打出 A 点时小车位置为初始位置, 得到位移 AB、AC、AD、AE、AF 平均速度如下表:

位移区间	AB	AC	AD	AE	AF
$\Delta t/s$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
$\bar{v}(\text{cm/s})$	66.0	73.0	80.0	87.3	94.6

请根据表中数据, 在方格纸上补全实验点, 作出 $\bar{v}-\Delta t$ 图线.



(3) 从实验结果可知, 小车运动的 $\bar{v}-\Delta t$ 图线可视为一条直线, 从图线可得到打出 A 点时小车速度大小 $v_A =$ _____ cm/s.

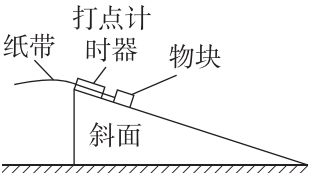
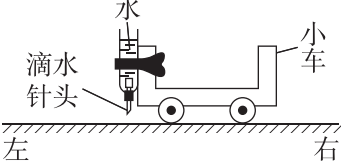
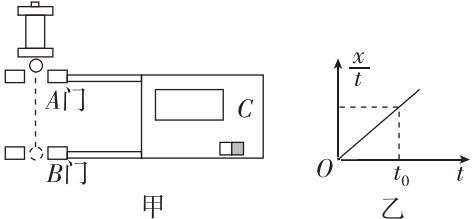
(4) 设 $\bar{v}-\Delta t$ 图线的斜率为 k , 可得到小车的加速度大小 $a =$ _____.

(5) 小明认为若再增加一个钩码, 不改变其他条件, 重新实验作出的 $\bar{v}-\Delta t$ 图线的斜率为 $2k$. 请判断该观点是否正确, 并简要说明理由.

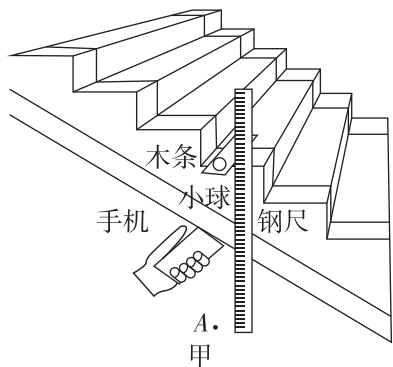
拓展创新实验

关于测量速度的其他方法

创新角度	实验装置图	创新解读
实验原理的创新		1. 滑块在斜面上靠重力沿斜面向下的分力与摩擦力的合力获得加速度 2. 挡光片经过光电门的平均速度作为滑块速度 3. 平均速度的大小与挡光片沿运动方向的长度有关

创新角度	实验装置图	创新解读
实验原理的创新		1. 物块在斜面上靠重力沿斜面向下的分力与摩擦力的合力获得加速度 2. 由纸带确定物块的加速度 3. 结合牛顿第二定律求动摩擦因数
实验器材的创新		1. 用滴水针头替代打点计时器打纸带 2. 小车在水平桌面上因摩擦做匀减速运动
实验过程的创新		1. 铁球靠重力产生加速度 2. 铁球从 A 到 B 的时间可由数字毫秒表读出 3. 铁球的加速度由 $\frac{x}{t}-t$ 图像分析得出

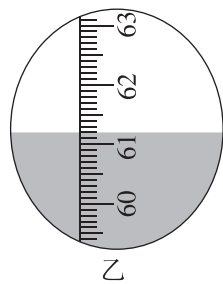
例 2 [2022·江苏卷] 小明利用手机测量当地的重力加速度,实验场景如图甲所示,他将一根木条平放在楼梯台阶边缘,小球放置在木条上,打开手机的“声学秒表”软件,用钢尺水平击打木条使其转开后,小球下落撞击地面,手机接收到钢尺的击打声开始计时,接收到小球落地的撞击声停止计时,记录下击打声与撞击声的时间间隔 t ,多次测量不同台阶距离地面的高度 h 及对应的时间间隔 t .



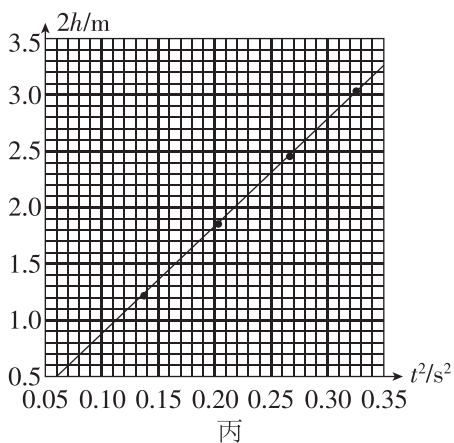
(1) 现有以下材质的小球,实验中应当选用_____.

- A. 钢球
B. 乒乓球
C. 橡胶球

(2) 用分度值为 1 mm 的刻度尺测量某级台阶高度 h 的示数如图乙所示,则 $h =$ _____ cm.



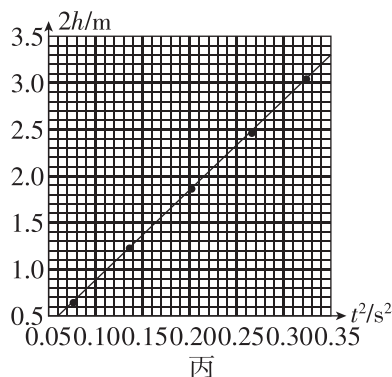
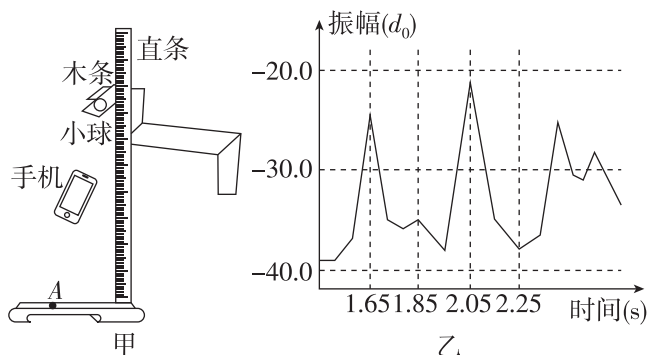
(3) 作出 $2h-t^2$ 图线,如图丙所示,则可得到重力加速度 $g =$ _____ m/s^2 .



(4) 在图甲中,将手机放在木条与地面间的中点附近进行测量.若将手机放在地面 A 点,设声速为 v ,考虑击打声的传播时间,则小球下落时间可表示为 $t' =$ _____ (用 h 、 t 和 v 表示).

(5) 有同学认为,小明在实验中未考虑木条厚度,用图像法计算的重力加速度 g 必然有偏差.请判断该观点是否正确,简要说明理由_____.

变式 2 物理兴趣小组利用手机测量当地的重力加速度. 如图甲所示, 他们将一根木条平放在楼梯台阶边缘, 小球放置在木条上, 打开手机的“声学秒表”软件, 用钢尺水平击打木条使其转开后, 小球下落撞击地面, 手机接收到钢尺的击打声和小球落地的撞击声, 算出时间间隔 t , 多次测量不同台阶距离地面的高度 h 及对应的时间间隔 t .



(1) 现有以下材质的小球, 实验中应当选用 _____.

A. 乒乓球 B. 钢球 C. 橡胶球

(2) 某次记录下声音振幅随时间变化曲线如图乙所示, 第一、第二个尖峰的横坐标分别对应打击声和落地撞击声, 小球下落的时间 $t =$ _____ s.

(3) 作出如图丙所示的 $2h-t^2$ 图线, 可得到重力加速度 $g =$ _____ m/s^2 . (结果保留两位有效数字)

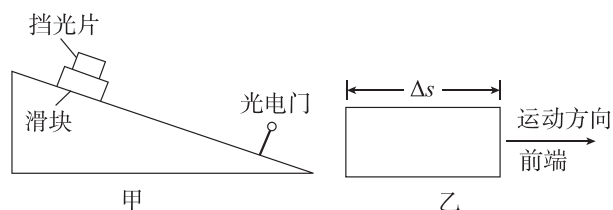
(4) 若敲击木条侧面时小球获得一个较小的水平速度, 对实验测量结果 _____ (选填“有”或“没有”)影响.

(5) 在实验中, 小明将手机放在木条与地面间的中点附近进行测量, 而小红为了方便将手机放在地面 A 点测量, 你认为哪位同学的方法更合理, 并简要说明理由 _____.

例 3 某同学研究在固定斜面上运动物体的平均速度、瞬时速度和加速度之间的关系. 使用的器材有: 斜面、滑块、长度不同的矩形挡光片、光电计时器.

实验步骤如下:

① 如图甲所示, 将光电门固定在斜面下端附近, 将一挡光片安装在滑块上, 记下挡光片前端相对于斜面的位置, 令滑块从斜面上方由静止开始下滑;



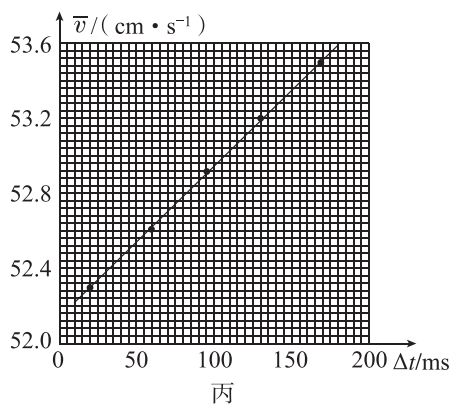
② 当滑块上的挡光片经过光电门时, 用光电计时器测得光线被挡光片遮住的时间 Δt ;

③ 用 Δs 表示挡光片沿运动方向的长度, 如图乙所示, $\bar{v}$ 表示滑块在挡光片遮住光线的 Δt 时间内的平均速度大小, 求出 $\bar{v}$;

④ 将另一挡光片换到滑块上, 使滑块上的挡光片前端与①中位置相同, 令滑块由静止开始下滑, 重复步骤②、③;

⑤ 多次重复步骤④;

⑥ 利用实验中得到的数据作出 $\bar{v}-\Delta t$ 图, 如图丙所示.



完成下列填空:

(1) 用 a 表示滑块下滑的加速度大小, 用 v_A 表示挡光片前端到达光电门时滑块的瞬时速度大小, 则 $\bar{v}$ 与 v_A 、 a 和 Δt 的关系式为 $\bar{v} =$ _____.

(2) 由图丙可求得, $v_A =$ _____ cm/s , $a =$ _____ cm/s^2 . (结果均保留 3 位有效数字)