# 专题一　质点的直线运动

## 考情探究

### 1 真题多维细目表

| 真题 | 涉分 | 考点 | | 题型 | 难度 | 设题情境 | 思想方法 | 试题结构 | 素养要素 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 匀变速直线运动规律 | 运动图像 | | | | | | |
| 2018 北京理综,21(2)(3) | 8 | | $v-t$ 图像 | 实验 | 中 | 图像绘制 | 图像法 | 问题递进 | 科学推理<br>科学论证 |
| 2018 北京理综,22(1) | 4 | $v_t^2-v_0^2=2ax$ 应用 | | 计算 | 易 | 跳台滑雪 | 运动建模 | 计算型 | 运动与相互作用观念、建模 |
| 2014 北京理综,22(3) | 6 | $v_t^2-v_0^2=2ax$ 应用 | | 计算 | 中 | 平面滑动 | 运动建模 | 计算型 | 科学推理 |
| 2013 北京理综,23(2) | 6 | $x=at^2/2$ 应用 | | 计算 | 中 | 蹦床 | 运动建模 | 计算型 | 建模<br>科学推理 |
| 2012 北京理综,23(2) | 6 | | $a-t$ 图像 | 计算 | 中 | 电梯运行 | 运动建模 | 计算型 | 运动与相互作用观念、科学推理 |
| 2012 北京理综,24(1) | 4 | $x=at^2/2$ 应用 | | 计算 | 中 | 带电粒子在电场中运动 | 运动建模 | 计算型 | 建模、科学推理 |
| 2011 北京理综,24(3) | 6 | $x=at^2/2$ 应用 | | 计算 | 难 | 带电粒子在电场中运动 | 图像法 | 计算型 | 科学推理 |
| 2010 北京理综,24(2) | 10 | $v_t^2-v_0^2=2ax$ 应用 | | 计算 | 难 | 雨滴下落与碰撞 | 运动建模 | 计算型 | 科学推理<br>科学论证<br>质疑创新 |
| 总计　卷均分 | 5 | 6 题/10 卷 | 2 题/10 卷 | 计算 | 中 | | | | |
| 总计　占比 | 4% | 考频 | | 常见考法 | | | | | |

### 2 命题规律与趋势

**01 | 考查内容**

位移、速度、加速度等物理概念的认识,匀速直线运动及匀变速直线运动的规律等。

**02 | 考查核心**

匀变速直线运动规律和运动图像,以及运动观念的构建。

**03 | 考查能力**

考查考生的情景分析和理解能力,提取信息构建物理模型的能力,应用基本规律、图像进行科学分析、推理和计算的能力,运动与相互作用观念、科学论证、质疑创新等物理学科的核心素养。

**04 | 命题特点**

以实际运动情景为考查依托,以运动图像为获取运动信息的手段,多种运动形式相互衔接形成复杂运动情景。考题往往与其他专题内容相关联,形成综合题型。

**05 | 考题难度**

以中等偏易的题目多见。

**06 | 趋势预测**

在现实运动情景中考查考生的理解能力和分析推理能力,应用各种手段表达结论的能力,探究质疑反思的能力。这种考查形式和方向在今后的学业水平等级性考试中会显得尤为突出。

**07 | 备考建议**

牢记匀变速直线运动的基本规律公式及其应用条件。熟练掌握匀变速直线运动的题目的解题方法,如竖直上抛、自由落体、刹车运动、斜面运动、传输带等。掌握常见的二级结论及其条件。

五年高考 考点清单

对应学生用书起始页码 P3

## 考点一 匀变速直线运动规律

### 一、匀变速直线运动规律及其应用

匀变速直线运动

- 基本公式 → $v = v_0 + at$；$x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$
- 基本推论 → $v^2 - v_0^2 = 2ax$；$\Delta x = aT^2$；$v_{\frac{t}{2}} = \bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$；$v_{\frac{x}{2}} = \sqrt{\frac{v^2 + v_0^2}{2}}$
- 比例关系(初速度为零的匀加速直线运动)

(1) $1T$末、$2T$末、$3T$末、……、$nT$末瞬时速度的比值为

$v_1 : v_2 : v_3 : \cdots : v_n = 1 : 2 : 3 : \cdots : n$

(2) $1T$内、$2T$内、$3T$内、……、$nT$内位移的比值为

$x_1 : x_2 : x_3 : \cdots : x_n = 1^2 : 2^2 : 3^2 : \cdots : n^2$

(3) 第一个$T$内、第二个$T$内、第三个$T$内、……、第$N$个$T$内位移的比值为

$x_1 : x_2 : x_3 : \cdots : x_N = 1 : 3 : 5 : \cdots : (2N-1)$

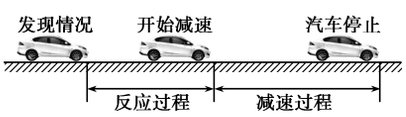
(4) 通过前$x$、前$2x$、前$3x$、……、前$nx$所用时间之比为

$t_1 : t_2 : t_3 : \cdots : t_n = 1 : \sqrt{2} : \sqrt{3} : \cdots : \sqrt{n}$

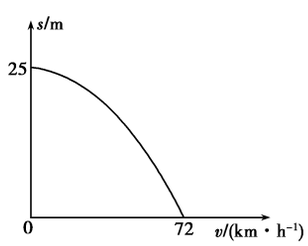
(5) 从静止开始通过连续相等的位移所用时间的比值为

$t_1 : t_2 : t_3 : \cdots : t_N = 1 : (\sqrt{2}-1) : (\sqrt{3}-\sqrt{2}) : \cdots : (\sqrt{N}-\sqrt{N-1})$

**例1** 研究表明,一般人的刹车反应时间(即图甲中"反应过程"所用时间)$t_0 = 0.4$ s,但饮酒会导致反应时间延长。在某次试验中,志愿者少量饮酒后驾车以$v_0 = 72$ km/h的速度在试验场的水平路面上匀速行驶,从发现情况到汽车停止,行驶距离$L = 39$ m。减速过程中汽车位移$s$与速度$v$的关系曲线如图乙所示。此过程可视为匀变速直线运动。取重力加速度的大小$g = 10$ m/s$^2$。求:




图甲




图乙

(1)减速过程汽车加速度的大小及所用时间;

(2)饮酒使志愿者的反应时间比一般人增加了多少;

**解题思路** 1.反应时间内汽车做匀速直线运动。2.从题给图像中可提取出减速阶段的初速度、总位移等运动信息,结合运动学公式就可求出加速度和运动时间。3.结合整个过程的位移时间关系,即可求出该志愿者的反应时间。

**解析** (1)设减速过程中汽车加速度的大小为$a$,所用时间为$t$,由题可得初速度$v_0 = 20$ m/s,末速度$v_t = 0$,位移$s = 25$ m,由运动学公式得

$v_0^2 = 2as$ ①

$t = \frac{v_0}{a}$ ②

联立①②式,代入数据得

$a = 8$ m/s$^2$ ③

$t = 2.5$ s ④

(2)设志愿者反应时间为$t'$,反应时间的增加量为$\Delta t$,由运动学公式得

$L = v_0 t' + s$ ⑤

$\Delta t = t' - t_0$ ⑥

联立⑤⑥式,代入数据得

$\Delta t = 0.3$ s ⑦

**答案** (1)8 m/s$^2$ 2.5 s (2)0.3 s

### 二、自由落体和竖直上抛

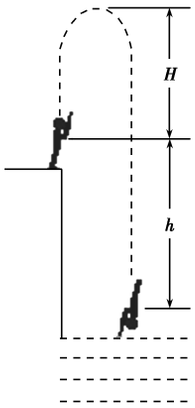
| | | |
|---|---|---|
| 自由落体运动 | 条件 | 只受重力,从静止开始下落 |
| | 特点 | 初速度为0,加速度为$g$的匀加速直线运动 |
| | 规律 | 速度公式:$v = gt$<br>位移公式:$h = \frac{1}{2}gt^2$<br>速度位移关系式:$v^2 = 2gh$ |
| 竖直上抛运动 | 特点 | (1)加速度为$g$<br>(2)上升阶段做匀减速直线运动,下降阶段做匀加速直线运动 |
| | 规律 | 速度公式:$v = v_0 - gt$<br>位移公式:$h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2$<br>速度位移关系式:$v^2 - v_0^2 = -2gh$<br>上升的最大高度:$H = \frac{v_0^2}{2g}$<br>上升到最高点所用时间:$t = \frac{v_0}{g}$ |

**例2** 在奥运会上,一跳水运动员从离水面10 m高的平台上向上跃起,举起双臂直立离开台面,此时其重心位于从手到脚全长的中点,跃起后重心升高0.45 m到达最高点,落水时身体直立,手先入水(此过程中运动员水平方向的运动忽略不计),从离开跳台到手触水面,可用来完成空中动作的时间是多少?(计算时,可以把运动员看成一个质点,取$g = 10$ m/s$^2$,结果保留两位有效数字)

**解题思路** 运动员的运动可视为竖直上抛运动,可应用分段法或整体法分析求解。

**解析** 根据题意画出草图如图所示,运动员从平台跃起到双手接触水面,其重心的高度变化为

$h = 10$ m




设运动员跃起的初速度为 $v_0$，则

$-v_0^2=-2gH$

故 $v_0=\sqrt{2gH}=\sqrt{2\times10\times0.45}$ m/s=3 m/s

**解法一**　将整个过程分为上升和下降两个阶段考虑，则上升的时间为

$t_1=\frac{v_0}{g}=\frac{3}{10}$ s=0.3 s

设运动员从最高点到手接触水面所用的时间为 $t_2$，则

$H+h=\frac{1}{2}gt_2^2$

故 $t_2=\sqrt{\frac{2(H+h)}{g}}=\sqrt{\frac{2\times(0.45+10)}{10}}$ s=1.4 s

可用来在空中完成动作的时间为

$t=t_1+t_2=1.7$ s

**解法二**　运动员的整个运动过程为竖直上抛运动，设总时间为 $t$，由于运动员入水时位于跃起位置下方 10 m 处，故整个过程的位移为

$-h=v_0t-\frac{1}{2}gt^2$

代入数据整理，得

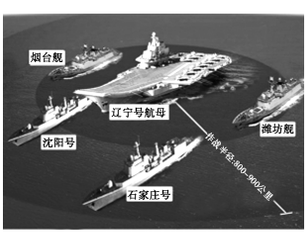
$5t^2-3t-10=0$

解得 $t=\frac{3+\sqrt{209}}{10}$ s=1.7 s（另一根已舍去）

**答案**　1.7 s

## 针对训练

**1.** 我国辽宁号航母在海军导弹驱逐舰沈阳号、石家庄号和导弹护卫舰烟台舰、潍坊舰的伴随下赴南海进行训练。下列说法中正确的是　（　　）




A. 辽宁号航母上的观察员感觉海水向后退去，他选择的参考系是海水

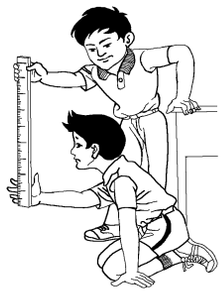
B. 辽宁号航母上的观察员感觉海水向后退去，他选择的参考系是航母

C. 辽宁号航母上的观察员感觉其他舰没有动，其他舰一定是静止的

D. 辽宁号航母上的观察员感觉天空中的白云没有动，航母一定是静止的

**答案**　B　辽宁号航母上的观察员感觉海水向后退去，他选择的参考系是航母，故 A 错误，B 正确；辽宁号航母上的观察员感觉其他舰没有动，观察员与其他舰同向同速，其他舰与辽宁号是相对静止的，故 C 错误；若航母是运动的，观察员感觉天空中的白云没有动，说明观察员与白云以相同速度运动，是相对静止的，故 D 错误。

**2.**（多选）如图所示，甲同学用手拿着一把长 50 cm 的直尺，并使其处于竖直状态；乙同学把手放在直尺 0 刻度线位置做抓尺的准备。某时刻甲同学松开直尺，直尺保持竖直状态下落，乙同学看到后立即用手抓直尺，手抓住直尺位置的刻度值为20 cm；重复以上实验，乙同学第二次用手抓住直尺位置的刻度值为 10 cm。直尺下落过程中始终保持竖直状态。若从乙同学看到甲同学松开直尺，到他抓住直尺所用时间叫“反应时间”，取重力加速度 $g=10$ m/s²。则下列说法中正确的是　（　　）



A. 乙同学第一次的“反应时间”比第二次长

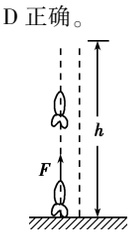
B. 乙同学第一次抓住直尺之前的瞬间，直尺的速度约为 4 m/s

C. 若某同学的“反应时间”大于 0.4 s，则用该直尺将无法用上述方法测量他的“反应时间”

D. 若将尺子上原来的长度值改为对应的“反应时间”值，则可用上述方法直接测出“反应时间”

**答案**　ACD　设直尺下降的高度为 $h$，根据 $h=\frac{1}{2}gt^2$ 得 $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$，所以下落的高度大的用的时间长，所以第一次测量的反应时间长，A 正确；由 $v^2=2gh$ 可知，乙第一次抓住直尺前的瞬间直尺的速度 $v=\sqrt{2\times10\times0.2}$ m/s=2 m/s，B 错误；若某同学的反应时间为 0.4 s，则直尺下落的高度 $h_0=\frac{1}{2}gt'^2=\frac{1}{2}\times10\times0.4^2$ m=0.8 m，大于该直尺的长度，所以将无法测量该同学的“反应时间”，C 正确。将计算出的反应时间与尺子上的长度值相对应时，可用上述方法直接测出“反应时间”，D 正确。

**3.** 小型试验火箭的质量为 $m=100$ kg，点火后燃料能为火箭提供竖直向上的恒定推力。某次试验中，火箭从地面点火升空后，恒定推力持续了 $t_1=10$ s，之后又经过 $t_2=20$ s 火箭落回地面。不计空气阻力，不考虑火箭质量的变化，取 $g=10$ m/s²。求：




(1) 火箭加速上升阶段的加速度大小 $a$；

(2) 火箭飞行过程达到的最大高度 $h$；

(3) 燃料提供的恒定推力对火箭做的功 $W$。

**答案**　(1) 8 m/s²　(2) 720 m　(3) $7.2\times10^5$ J

**解析**　(1) 按题意，这 30 s 内火箭的总位移为零

$\frac{1}{2}at_1^2+\left(at_1\cdot t_2-\frac{1}{2}gt_2^2\right)=0$

得 $a=8$ m/s²

(2) 火箭加速上升的高度 $h_1=\frac{1}{2}at_1^2=\frac{1}{2}\times8\times100$ m=400 m

$v=at_1=8\times10\ \text{m/s}=80\ \text{m/s}$

继续做竖直上抛运动,$v^2=2gh_2$

代入数据解得 $h_2=320\ \text{m}$

因此 $h=h_1+h_2=720\ \text{m}$

(3)推力做的功等于火箭机械能的增量,加速上升阶段

$W=mgh_1+\frac{1}{2}mv^2$

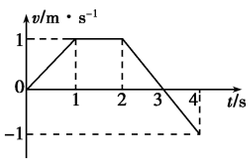
代入数据解得 $W=7.2\times10^5\ \text{J}$

## 考点二 运动图像

### 一、运动图像

| | $x-t$ 图像 | $v-t$ 图像 |
|---|---|---|
| 轴 | 横轴为时间,纵轴为位移 | 横轴为时间,纵轴为速度 |
| 线 | 倾斜直线表示匀速直线运动 | 倾斜直线表示匀变速直线运动 |
| 斜率 | 表示速度 | 表示加速度 |
| 面积 | 无实际意义 | 图线和时间轴围成的面积表示位移 |
| 纵截距 | 表示初位置 | 表示初速度 |
| 特殊点 | 拐点表示从一种运动变为另一种运动,交点表示相遇 | 拐点表示从一种运动变为另一种运动,交点表示速度相等 |

例3 图是物体做直线运动的 $v-t$ 图像,由图可知,该物体 ( )




A.第 1 s 内和第 3 s 内的运动方向相反

B.第 3 s 内和第 4 s 内的加速度相同

C.第 1 s 内和第 4 s 内的位移大小不相等

D.0~2 s 和 0~4 s 内的平均速度大小相等

**解题思路** 1.图像直接反映了速度随时间的变化,可据此直接判断运动情况。2.图线斜率表示运动加速度。3.图线与时间轴所围面积表示运动位移。

**解析** 由图可知第 1 s 内和第 3 s 内速度都为正值,运动方向相同,A 项错;2~4 s 图线斜率不变,加速度不变,B 项正确;$v-t$ 图线与时间轴所围的面积表示位移,故第 1 s 内和第 4 s 内的位移大小相等,选项 C 错;0~2 s 和 0~4 s 内位移相等,但时间不等,由 $\bar{v}=\frac{s}{t}$ 可知 D 项错。

**答案** B

### 二、追及、相遇问题

**1.从常见的三种追及、相遇问题看一个条件——两者速度相等**

(1)初速度为零(或较小)的匀加速直线运动的物体追匀速直线运动的物体,在速度相等时二者间距最大;

(2)匀减速直线运动的物体追匀速直线运动的物体,若在速度相等之前未追上,则在速度相等时二者间距最小;

(3)匀速直线运动的物体追匀加速直线运动的物体,若在速度相等之前未追上,则在速度相等时二者间距最小。

**2.分析追及、相遇类问题时,要注意抓住题目中的关键字眼**

审题时要充分挖掘题目中的隐含条件,如"刚好""恰好""最多""至少"等,一个隐含条件,往往对应一个临界状态,满足相应的临界条件。

例4 交通路口是交通事故的多发地,驾驶员驾车行驶到交通路口时也格外小心。现有甲、乙两汽车正沿同一平直马路同向匀速行驶,甲车在前,乙车在后,它们行驶的速度均为 $v_0=8\ \text{m/s}$。当两车快要到十字路口时,甲车司机看到绿灯已转换成了黄灯,于是紧急刹车(反应时间忽略不计),乙车司机为了避免与甲车相撞也紧急刹车,但乙车司机反应较慢(反应时间为 $t=0.5\ \text{s}$)。已知甲车紧急刹车时制动力为车重的 0.5,乙车紧急刹车时制动力为车重的 0.4,$g=10\ \text{m/s}^2$。

(1)若甲车司机看到黄灯时车头距警戒线 6.5 m,他采取了上述措施后是否会闯红灯?

(2)为保证两车在紧急刹车过程中不相撞,甲、乙两车在行驶过程中应至少保持多大距离?

**解题思路** 1.甲车的运动直接为匀减速运动,可直接应用运动学公式求出运动位移并做比较。2.乙车在反应时间内做匀速运动,刹车后做匀减速运动,乙车整个运动的位移减去甲车运动的位移,就是至少应该保持的安全距离。

**解析** (1)甲车紧急刹车过程的加速度大小为

$a_1=\frac{f_1}{m_1}=\frac{0.5m_1g}{m_1}=5\ \text{m/s}^2$

甲车刹车过程滑行的距离 $s_1=\frac{v_0^2}{2a_1}=\frac{8^2}{2\times5}\ \text{m}=6.4\ \text{m}$

6.4 m<6.5 m,故甲车不会闯红灯

(2)乙车紧急刹车过程的加速度大小为

$a_2=\frac{f_2}{m_2}=\frac{0.4m_2g}{m_2}=4\ \text{m/s}^2$

乙车刹车过程滑行的距离 $s_2=\frac{v_0^2}{2a_2}=\frac{8^2}{2\times4}\ \text{m}=8\ \text{m}$

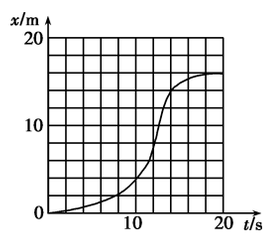
乙车在司机反应时间内的运动位移 $s_3=v_0t=8\times0.5\ \text{m}=4\ \text{m}$

$\Delta s=s_2+s_3-s_1=5.6\ \text{m}$

**答案** (1)不会 (2)5.6 m

### 针对训练

**1.** 某质点做直线运动,其位移 $x$ 与时间 $t$ 的关系图像如图所示。则 ( )




A.在 12 s 时刻质点开始做反向的直线运动

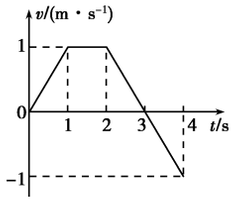
B.在 0~20 s 内质点的速度不断增加

C.在 0~20 s 内质点的平均速度大小为 0.8 m/s

D.在 0~20 s 内质点的瞬时速度等于它在这段时间内平均速度的时刻只有一处

**答案** C 0~20 s 内质点一直向 $x$ 轴正方向运动,A 选项错;$x-t$ 图像中图线斜率表示速度,0~20 s 内图线斜率先增大,后减小,则速度先由零增大到最大后减小到零,平均速度 $\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{16}{20}\ \text{m/s}=0.8\ \text{m/s}$,有两个时刻的瞬时速度等于平均速度,故选项 C 正确,选项 B、D 错误。

**2.** (2018 北京朝阳期中,3)如图为一个物体做直线运动的 $v-t$ 图像。关于物体的运动,下列说法中错误的是 ( )




A.0~1 s 内和 2~3 s 内的运动方向相同

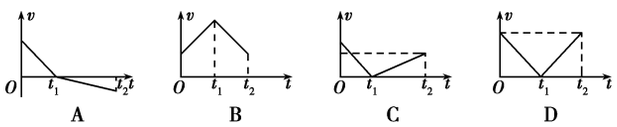
B.2~3 s 内和 3~4 s 内的加速度相同

C.0~2 s 内和 0~4 s 内的位移相同

D.0~1 s 内和 2~3 s 内的速度变化量相同

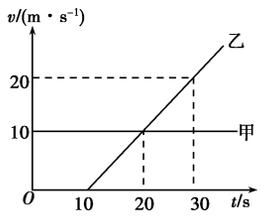
**答案**　**D**　$v$-$t$ 图线上各点纵坐标的正、负代表物体运动方向,故 A 项正确;$v$-$t$ 图线的斜率代表加速度,故 B 项正确;$v$-$t$ 图线跟横轴所围的面积表示物体的位移,0 ~2 s 内的位移为 $(1+2)\times1\times\frac{1}{2}$ m=1.5 m,0~4 s 内的位移为 $(1+3)\times1\times\frac{1}{2}$ m−$1\times1\times\frac{1}{2}$ m=1.5 m,故 C 项正确;0~1 s 内和 2~3 s 内速度变化量分别为 $\Delta v_1=1$ m/s−0=1 m/s 和 $\Delta v_2=0-1$ m/s=−1 m/s,它们的方向相反,故 D 项错误。D 符合题意。

**3.**(2018 北京民大附中月考,2)从地面以一定的速度竖直向上抛出一小球,小球从抛出点上升到最高点所用的时间为 $t_1$,下落到抛出点所用的时间为 $t_2$。若空气阻力的作用不能忽略,则在下图中能正确表示被抛出小球的速率 $v$ 随时间 $t$ 的变化关系的图线是　(　　)




**答案**　**A**　小球向上做减速运动,空气阻力方向向下,加速度的大小 $a_1$ 大于 $g$;小球向下做加速运动,空气阻力方向向上,加速度的大小 $a_2$ 小于 $g$,从抛出到落回抛出点,阻力一直做负功,末动能小于初动能,则末速率小于初速率。

**4.**(多选)甲、乙两物体先后从同一地点出发,沿一条直线运动,它们的 $v$-$t$ 图像如图所示,由图可知　(　　)




A.甲比乙运动快,且早出发,所以乙追不上甲

B.$t=20$ s 时,乙追上了甲

C.在 $t=20$ s 之前,甲比乙运动得快;在 $t=20$ s 之后,乙比甲运动得快

D.$t=20$ s 时,甲在乙前面,它们之间的距离为乙追上甲前的最大距离

**答案**　**CD**　从题图中看到开始甲比乙运动得快,且早出发,但是乙做匀加速运动,最终是可以追上甲的,A 项错误;$t=20$ s 时,速度图像中甲的速度图线与时间轴所围的面积大于乙的,即甲的位移大于乙的位移,所以乙没有追上甲,B 项错误;在 $t=20$ s 之前,甲的速度大于乙的速度,在 $t=20$ s 之后,乙的速度大于甲的速度,C 项正确;乙在追上甲之前,当它们速度相同时,它们之间的距离最大,对应的时刻为 $t=20$ s,D 选项正确。

**5.**据了解,在城区内全方位装上"电子眼"后,机动车擅自闯红灯的行为大幅度减少,因闯红灯引发的交通事故也从过去的 5% 下降到 1%。现有甲、乙两汽车正沿同一平直马路同向匀速行驶,甲车在前,乙车在后,它们行驶的速度均为 10 m/s。当两车快要到一十字路口时,甲车司机看到绿灯已转换成了黄灯,于是紧急刹车(反应时间忽略不计),乙车司机为了避免与甲车相撞也紧急刹车,但乙车司机反应较慢(反应时间为 0.5 s)。已知甲车紧急刹车时制动力为车重的 0.4,乙车紧急刹车时制动力为车重的 0.5,求:($g$ 取 10 m/s²)

(1)若甲车司机看到黄灯时车头距警戒线 15 m,他采取上述措施能否避免闯红灯?

(2)为保证两车在紧急刹车过程中不相撞,甲、乙两车行驶过程中应至少保持多大距离?

**答案**　(1)可以避免　(2)2.5 m

**解析**　(1)甲车紧急刹车时制动力为车重的 0.4,即刹车的加速度 $a_1=\frac{0.4mg}{m}=4$ m/s²,甲车初速度等于 $v_1=10$ m/s,甲车要减速到停止通过的位移为 $s$,则有 $0-v_1^2=2(-a_1)s$,代入计算得 $s=12.5$ m<15 m,所以甲车可以避免闯红灯。

(2)乙车制动的加速度 $a_2=\frac{0.5mg}{m}=5$ m/s²。甲、乙两车在刹车过程中不相撞的条件:速度相等时,乙车仍在甲车后面。设经过时间 $t$ 二者速度相等,则有 $v_乙=10$ m/s$-a_2(t-0.5$ s$)=v_甲=10$ m/s$-a_1t$,$t=2.5$ s,此时甲车位移 $s_甲=10t-\frac{1}{2}a_1t^2=12.5$ m,乙车位移 $s_乙=10\times0.5$ m$+10(t-0.5$ s$)-\frac{1}{2}a_2(t-0.5$ s$)^2=15$ m,要保证二者不相撞,甲、乙两车行驶过程中应至少保持的距离 $\Delta s=s_乙-s_甲=2.5$ m。

## 五年高考 题型方法

对应学生用书起始页码 P6

### 题型一　概念辨析问题

**1.**速度 $v$ 描述物体运动的快慢;速度变化量 $\Delta v=v_2-v_1$ 是末速度与初速度的矢量差;加速度 $a$ 是速度变化量 $\Delta v$ 与所用时间 $\Delta t$ 的比值,它描述速度变化的快慢,也称为速度的变化率。

**2.**速度 $v$、速度变化量 $\Delta v$、加速度 $a$ 三者的大小无必然联系。

(1)速度大,加速度不一定大,速度变化量也不一定大;速度小,加速度不一定小,速度变化量也不一定小。

(2)速度变化量大,加速度不一定大;速度变化量小,加速度不一定小。

**3.**速度的方向是物体的运动方向,速度变化量的方向是加速度的方向,加速度与速度的方向关系决定了物体是做加速运动还是做减速运动。

(1)当加速度与速度同向时,物体做加速直线运动。

(2)当加速度与速度反向时,物体做减速直线运动。

**例1**　关于匀变速直线运动中的加速度的方向和正、负值问题,下列说法中不正确的是　(　　)

A.匀加速直线运动中的加速度方向一定和初速度方向相同

B.匀减速直线运动中加速度一定是负值

C.匀加速直线运动中加速度也有可能取负值

D.只有在规定了初速度方向为正方向的前提下,匀加速直线运动的加速度才取正值

**解题思路** 加速度的正负体现的是加速度的方向,速度的正负体现的是运动方向。当两者一致时,物体做加速运动,反之为减速运动。

**解析** 只有加速度方向与初速度方向相同,物体才会做加速运动,所以A正确;若规定初速度方向为负方向,则减速运动时,加速度为正值,加速运动时,加速度为负值,所以B错误,C、D正确。

**答案** B

**1-1** (2019北京通州期中,2)已知某物体做直线运动,下列说法正确的是 ( )

A.物体速度为零,加速度一定为零

B.物体加速度增大,速度一定增大

C.物体速度变化越快,加速度一定越大

D.物体受到的合力越大,速度一定越大

**答案** C 物体的速度为零时,加速度不一定为零,如自由落体运动的初始状态,故A错误;加速度增大时速度不一定增大,如加速度和速度方向相反时速度减小,故B错误;加速度是描述速度变化快慢的物理量,速度变化越快,加速度越大,故C正确;根据牛顿第二定律可知,当物体受到的合力越大,则加速度越大,但是如果加速度方向与速度方向相反,物体做减速运动,速度减小,故选项D错误。

**解题关键** 本题考查加速度和速度的关系,要注意明确加速度只与速度的变化快慢有关,与速度大小、速度变化的大小无关,同时知道加速度和速度同向时物体加速,加速度和速度反向时物体减速。

**1-2** 雨滴从高空由静止下落,由于空气阻力作用,其加速度逐渐减小,直到变为零,在此过程中雨滴的运动情况是( )

A.速度不断减小,加速度为零时,速度最小

B.速度不断增大,加速度为零时,速度最大

C.位移越来越小

D.速度变化率越来越大

**答案** B 雨滴做加速直线运动,加速度减小,雨滴下落的速度增加得越来越慢;加速度为零时,雨滴的速度最大,A错,B对;雨滴一直下落,位移逐渐增大,C错。加速度即速度变化率,加速度减小,故速度变化率减小,D错。

**1-3** (2018北京北师大附中期中,11)(多选)关于匀变速直线运动的下列说法正确的有 ( )

A.物体速度变化越大,加速度一定越大

B.物体速度变化越快,加速度一定越大

C.物体速度为零时,加速度也一定为零

D.物体加速度逐渐减小的过程中,物体的速度可能逐渐增大

**答案** BD 根据 $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知物体速度变化越大,加速度不一定越大,选项A错误;物体速度变化越快,加速度一定越大,选项B正确;物体速度为零时,加速度不一定为零,例如做竖直上抛运动的物体到达最高点时,其速度为零,加速度为重力加速度 $g$,选项C错误;当加速度和速度同向时,物体加速度逐渐减小的过程中,物体的速度逐渐增大,选项D正确。

## 题型二 匀变速直线运动问题

**解决匀变速直线运动问题常用的方法**

| | |
|---|---|
| 基本公式法 | 应用速度公式、位移公式、位移速度关系公式等解决问题,应用时要注意矢量性 |
| 平均速度法 | 在匀变速直线运动中,物体在时间 $t$ 内的平均速度等于物体在这段时间内的初速度 $v_0$ 与末速度 $v$ 的算术平均值,也等于物体在 $t$ 时间内中间时刻的瞬时速度,即 $\bar{v}=\frac{x}{t}=\frac{v_0+v}{2}=v_{\frac{t}{2}}$ |
| 比例法 | 对于初速度为零的匀加速直线运动需要牢记几个推论,这几个推论都是比例关系,在处理初速度为零的匀加速直线运动时,首先考虑用比例关系求解,可以省去很多繁琐的推导或运算,简化运算。这几个推论也适用于与刹车类似的减速到零的匀减速直线运动 |
| 逆向思维法 | 把物体所发生的物理过程逆过来加以分析的方法叫逆向思维法。例如:把末速度为零的匀减速直线运动转换为初速度为零的匀加速直线运动处理。使用逆向思维法时要注意:要使逆过来后的运动与逆过来前的运动,位移、速度、时间具有对称性,必须保证逆过来前后物体的加速度大小、方向均相同 |
| 相对运动法 | 在分析两物体间的相对运动问题时,可以其中的一个物体为参考系,把两个物体相对地面的运动转换为物体间的相对运动,这种方法称为相对运动法。相对运动法可以化难为易,使问题大大简化 |
| 图像法 | 图像法是物理学中处理问题的一种重要方法。由于图像能更直观地表示出物理过程和各物理量之间的相互关系,因此在解题过程中被广泛应用。运动学中的图像主要包括 $v-t$ 图像和 $x-t$ 图像 |

**例2** 一物体以某一速度冲上一光滑斜面,前4 s的位移为1.6 m,随后4 s的位移为零,那么物体的加速度多大?(设物体做匀变速直线运动且返回时加速度不变)你能想到几种方法?

**解题思路** 1.冲上光滑斜面,物体先做减速运动,后下滑做加速运动,故前4 s和后4 s的前2 s都在上滑阶段,6 s末到达最高点。2.此题可以应用基本公式法、平均速度法等多种方法求解。

**解析** 设物体的加速度大小为 $a$,由题意知 $a$ 的方向沿斜面向下。

**解法一 基本公式法**

物体前4 s位移为1.6 m,是减速运动,所以有

$x=v_0t_1-\frac{1}{2}at_1^2$,

随后4 s位移为零,则物体滑到最高点所用时间为

$t=4\ \text{s}+\frac{4}{2}\ \text{s}=6\ \text{s}$,

所以初速度为 $v_0=at$

可得物体的加速度为 $a=0.1\ \text{m/s}^2$。

**解法二 平均速度法**

物体2 s末时的速度即前4 s内的平均速度为 $v_2=\bar{v}=\frac{1.6}{4}\ \text{m/s}=0.4\ \text{m/s}$

物体6 s末的速度为 $v_6=0$,所以物体的加速度大小为

$a=\frac{v_2-v_6}{t}=\frac{0.4-0}{4}\ \text{m/s}^2=0.1\ \text{m/s}^2$。

**解法三 推论法($\Delta x=aT^2$)**

由于整个过程中 $a$ 保持不变,是匀变速直线运动,由 $\Delta x=aT^2$ 得物体加速度大小为

$a=\frac{\Delta x}{T^2}=\frac{1.6-0}{4^2}\ \mathrm{m/s^2}=0.1\ \mathrm{m/s^2}$。

**解法四**　由题意知，此物体沿斜面速度减到零后，又逆向加速，4 s 内和 8 s 内的位移相等，应用 $x=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 得

$1.6\ \mathrm{m}=4v_0-\frac{1}{2}a\times4^2$

$1.6\ \mathrm{m}=8v_0-\frac{1}{2}a\times8^2$

由以上两式得 $a=0.1\ \mathrm{m/s^2}$，$v_0=0.6\ \mathrm{m/s}$

**答案**　见解析

**2-1**　卡车以 $v_0=10\ \mathrm{m/s}$ 的速度在平直的公路上匀速行驶，因为路口出现红灯，司机立即刹车，使卡车沿直线匀减速前进直至停止。停止等待 6 s 后，交通灯变为绿灯，司机立即启动卡车做匀加速直线运动。已知从开始刹车到恢复到原来的速度所用时间 $t=12\ \mathrm{s}$，匀减速过程的加速度是匀加速过程的 2 倍，反应时间不计。则下列说法正确的是　（　　）

A.卡车匀减速所用时间 $t_1=2\ \mathrm{s}$

B.匀加速的加速度为 $5\ \mathrm{m/s^2}$

C.卡车刹车过程通过的位移是 20 m

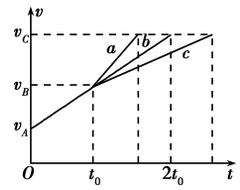
D.从卡车开始刹车到刚恢复到原来速度的过程中，通过的位移大小为 40 m

**答案**　A　因为卡车做匀加速直线运动的末速度等于卡车做匀减速直线运动的初速度，匀减速过程的加速度是匀加速过程的 2 倍，根据 $t=\frac{v}{a}$ 知匀减速运动的时间是匀加速运动时间的一半，所以卡车匀减速运动的时间 $t_1=2\ \mathrm{s}$，A 正确；匀加速直线运动的时间 $t_2=2t_1=4\ \mathrm{s}$，则匀加速直线运动的加速度 $a_2=\frac{v_0}{t_2}=2.5\ \mathrm{m/s^2}$，B 错误；卡车刹车过程中的位移 $x_1=\frac{v_0}{2}t_1=10\ \mathrm{m}$，C 错误；卡车匀加速直线运动的位移 $x_2=\frac{v_0}{2}t_2=20\ \mathrm{m}$，则卡车从开始刹车到刚恢复到原来速度的过程中，通过的位移大小为 30 m，D 错误。

**2-2**　一物体做加速直线运动，依次通过 $A$、$B$、$C$ 三点，$AB=BC$，物体在 $AB$ 段的加速度为 $a_1$，在 $BC$ 段的加速度为 $a_2$，且物体在 $B$ 点的速度为 $v_B=\frac{v_A+v_C}{2}$，则　（　　）

A.$a_1>a_2$　　B.$a_1=a_2$　　C.$a_1<a_2$　　D.不能确定

**答案**　C　由题意作出 $v-t$ 图像如图所示。图线与时间轴所围面积表示物体的位移，由几何知识可知，图线 $b$、$c$ 不满足 $AB=BC$ 的条件，图线 $a$ 满足，图线的斜率表示物体运动的加速度，由图可知 $a_1<a_2$，C 正确。




**2-3**　有一个做匀变速直线运动的质点，它在最初两段连续相等的时间内通过的位移分别是 24 m 和 64 m，连续相等的时间为 $t=4\ \mathrm{s}$，求质点的初速度大小和加速度大小。

**答案**　$1\ \mathrm{m/s}$　$2.5\ \mathrm{m/s^2}$

**解析**　用平均速度法求解

已知 $x_1=24\ \mathrm{m}$，$x_2=64\ \mathrm{m}$，$t=4\ \mathrm{s}$，则

$\bar{v}_1=\frac{x_1}{t}=\frac{24}{4}\ \mathrm{m/s}=6\ \mathrm{m/s}$

$\bar{v}_2=\frac{x_2}{t}=\frac{64}{4}\ \mathrm{m/s}=16\ \mathrm{m/s}$

又 $\bar{v}_2=\bar{v}_1+at$，解得 $a=2.5\ \mathrm{m/s^2}$

由 $x_1=v_0t+\frac{1}{2}at^2$ 可得 $v_0=1\ \mathrm{m/s}$

## 题型三　追及、相遇问题

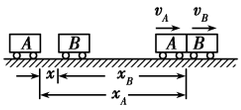
**解决追及、相遇问题常见方法**

| | |
|---|---|
| 临界法 | 寻找问题中隐含的临界条件，例如速度小者加速追赶速度大者，在两物体速度相等时有最大距离；速度大者减速追赶速度小者，若追不上则在两物体速度相等时有最小距离 |
| 函数法 | 思路一：先求出在任意时刻 $t$ 两物体间的距离 $y=f(t)$，若对任何时刻 $t$，均存在 $y=f(t)>0$，则这两个物体永远不能相遇；若存在某个时刻 $t$，使得 $y=f(t)\leqslant0$，则这两个物体能相遇<br>思路二：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 $f(t)=0$，若方程 $f(t)=0$ 无正实数解，则说明这两个物体不可能相遇；若方程 $f(t)=0$ 存在正实数解，说明这两个物体能相遇 |
| 图像法 | (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<br>(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 |
| 相对运动法 | 用相对运动的知识求解追及问题时，要注意将两个物体对地的物理量(速度、加速度和位移)转化为相对的物理量，在追及问题中，常把被追物体作为参考系，这样追赶物体相对被追物体的各物理量即可表示为：$x_{相对}=x_{后}-x_{前}$，$v_{相对}=v_{后}-v_{前}$，$a_{相对}=a_{后}-a_{前}$，且式中各物理量(矢量)的符号都应以统一的正方向进行确定 |

**例3**　在水平轨道上有两列火车 $A$ 和 $B$ 相距 $x$，$A$ 车在后面做初速度为 $v_0$、加速度大小为 $2a$ 的匀减速直线运动，而 $B$ 车同时做初速度为零、加速度为 $a$ 的匀加速直线运动，两车运动方向相同。要使两车不相撞，求 $A$ 车的初速度 $v_0$ 满足什么条件。

**解题思路**　解决追及相遇问题要注意三个关系：位移关系，两车相遇，前车位移加原有两车距离等于后车位移。速度关系，不发生相撞事故，两车相遇时速度应相等。时间关系，两车运动时间相等或满足题给条件。

**解析**　两车不相撞的临界条件是：$A$ 车追上 $B$ 车时其速度与 $B$ 车相等。设 $A$、$B$ 两车从相距 $x$ 到 $A$ 车追上 $B$ 车时，$A$ 车的位移为 $x_A$、末速度为 $v_A$、所用时间为 $t$；$B$ 车的位移为 $x_B$、末速度为 $v_B$，运动过程如图所示，现用四种方法解答如下：




**解法一　临界法**　利用位移公式、速度公式求解，对 $A$ 车有 $x_A=v_0t+\frac{1}{2}\times(-2a)\times t^2$，$v_A=v_0+(-2a)\times t$

对 $B$ 车有 $x_B=\frac{1}{2}at^2$，$v_B=at$

两车位移关系有 $x=x_A-x_B$

追上时,两车不相撞的临界条件是 $v_A=v_B$

联立以上各式解得 $v_0=\sqrt{6ax}$

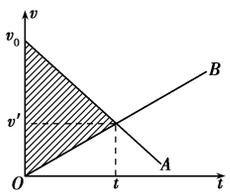
故要使两车不相撞,$A$ 车的初速度 $v_0$ 应满足的条件是 $v_0\leqslant\sqrt{6ax}$。

**解法二　函数法**　利用判别式求解,由解法一可知 $x_A=x+x_B$,即 $v_0t+\frac{1}{2}\times(-2a)\times t^2=x+\frac{1}{2}at^2$

整理得 $3at^2-2v_0t+2x=0$

这是一个关于时间 $t$ 的一元二次方程,当根的判别式 $\Delta=(-2v_0)^2-4\cdot3a\cdot2x=0$ 时,两车刚好不相撞,所以要使两车不相撞,$A$ 车的初速度 $v_0$ 应满足的条件是 $v_0\leqslant\sqrt{6ax}$。

**解法三　图像法**　利用 $v-t$ 图像求解,先作 $A$、$B$ 两车的 $v-t$ 图像,如图所示,设经过 $t$ 时间两车刚好不相撞,则对 $A$ 车有 $v_A=v'=v_0-2at$




对 $B$ 车有 $v_B=v'=at$

以上两式联立解得 $t=\frac{v_0}{3a}$

经 $t$ 时间两车发生的位移之差为原来两车间距离 $x$,它可用图中的阴影面积表示,由图像可知

$x=\frac{1}{2}v_0\cdot t=\frac{1}{2}v_0\cdot\frac{v_0}{3a}=\frac{v_0^2}{6a}$

所以要使两车不相撞,$A$ 车的初速度 $v_0$ 应满足的条件是 $v_0\leqslant\sqrt{6ax}$。

**解法四　相对运动法**　巧选参考系求解。以 $B$ 车为参考系,$A$ 车的初速度为 $v_0$,加速度为 $a'=-2a-a=-3a$。$A$ 车追上 $B$ 车且刚好不相撞的条件是:$v=0$。这一过程 $A$ 车相对于 $B$ 车的位移为 $x$,由运动学公式 $v^2-v_0^2=2ax$ 得:

$0^2-v_0^2=2\cdot(-3a)\cdot x$

所以 $v_0=\sqrt{6ax}$。

故要使两车不相撞,$A$ 车的初速度 $v_0$ 应满足的条件是 $v_0\leqslant\sqrt{6ax}$。

**答案**　$v_0\leqslant\sqrt{6ax}$

**3-1**　汽车 $A$ 在红灯前停住,绿灯亮时启动,以 0.4 m/s² 的加速度做匀加速运动,经过 30 s 后以该时刻的速度做匀速直线运动。设在绿灯亮的同时,汽车 $B$ 以 8 m/s 的速度从 $A$ 车旁边驶过,且一直以相同的速度做匀速直线运动,运动方向与 $A$ 车相同,则从绿灯亮时开始　(　　)

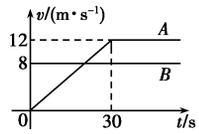
A.$A$ 车在加速过程中与 $B$ 车相遇

B.$A$、$B$ 相遇时速度相同

C.相遇时 $A$ 车做匀速运动

D.两车不可能相遇

**答案**　C　作出 $A$、$B$ 两车运动的 $v-t$ 图像如图所示。




$v-t$ 图线与时间轴所包围的"面积"表示位移,0~30 s 时间内,$B$ 车的 $v-t$ 图线与时间轴所围面积比 $A$ 车的大,所以在 $A$ 车加速运动的过程中,两车并未相遇,所以选项 A 错误;30 s 后 $A$ 车以 12 m/s 的速度做匀速直线运动,随着图线与时间轴所围"面积"的增大,可以判断在 30 s 后某时刻两车图线与时间轴所围面积会相等,即两车会相遇,此时 $A$ 车的速度要大于 $B$ 车的速度,所以两车不可能再次相遇,选项 C 正确,选项 B、D 错误。

**3-2**　一辆汽车在十字路口等候绿灯,当绿灯亮时汽车以 3.0 m/s² 的加速度由静止开始做匀加速直线运动,恰在这时,某人骑一辆自行车以 6.0 m/s 的速度匀速驶来,从后边超过汽车。求:

(1)汽车追上自行车之前,两者间的最大距离;

(2)汽车启动后追上自行车所需的时间。

**答案**　(1)6.0 m　(2)4.0 s

**解析**　(1)当 $v_{汽}=v_{自}=6.0$ m/s 时,两者距离最大。则从自行车超过汽车到两者距离最大的时间 $t=\frac{v_{汽}}{a}=2.0$ s

这段时间内汽车和自行车运动的距离分别为

$s_{自}=v_{自}t=12.0$ m

$s_{汽}=\frac{1}{2}at^2=6.0$ m

所以它们间的最大距离

$\Delta x_m=s_{自}-s_{汽}=6.0$ m

(2)设汽车追上自行车所需时间为 $t'$。这段时间内汽车和自行车运动的距离分别为

$s_{自}'=v_{自}t'$

$s_{汽}'=\frac{1}{2}at'^2$

又因为 $s_{自}'=s_{汽}'$

所以 $t'=4.0$ s