

锦囊妙解

创新导学专题

高中物理

力学

丛书主编 司马文 曹瑞彬
丛书副主编 冯小秋 钟志健
本册主编 张季锋

品牌连续热销 8 年



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



锦囊妙解

创新导学专题

高中物理

力学

丛书主编 司马文
丛书副主编 冯小秋
执行主编 江海
本册主编 张季锋
编者 万强华 孙志明 许学龙 曹建峰 毛金才 李庆春 周志祥
朱燕卫 金尤国 胡志彬 丁锁勤 钱勇 吴志山 何福林
沈桂彬 李小慧 朱时来 王春和 周拥军 王新祝 李家亮
丁勇 肖亚东 吴淑群 张季锋 李金光



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

图书在版编目(CIP)数据

锦囊妙解创新导学专题. 高中物理:力学/司马文,曹瑞彬
丛书主编;张季锋本册主编,一北京:机械工业出版社,
2010.10 (2010.11重印)

ISBN 978-7-111-31960-3

I. ①锦… II. ①司… ②曹… ③张… III. ①物理课—
高中—教学参考资料 IV. ①G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 182960 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:石晓芬

责任编辑:石晓芬 程于宏

责任印制:杨 曦

北京双青印刷厂印刷

2010 年 11 月第 1 版·第 2 次印刷

169mm×228mm·15.75 印张·400 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-31960-3

定价:22.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

网络服务

门户网:<http://www.cmpbook.com>

教材网:<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

前言



锦囊妙解丛书面世多年,备受广大读者厚爱,在此深表感谢。为了对得起广大读者的信任,对得起自己的职业良心,我们密切关注课程改革的新动向,在原有基础上,精益求精,反复修订,使得锦囊妙解丛书与时俱进、永葆青春。目前奉献给读者的《锦囊妙解创新导学专题》丛书,力求凸显创新素质的培养,力求知识讲解创新、选择试题创新、剖析思路创新,从而力求让学生阅读后,能更透彻、迅速地明晰重点、难点,在掌握基本的解题思路和方法的基础上,举一反三、触类旁通,全面提升学生的创新素质,在学习、应试中得心应手、应付裕如。

本丛书以每个知识点为讲解元素,结合“课标解读”、“知识清单”、“易错清单”、“点击高考”、“模拟演练”等栏目设计,突出教材中的重点和难点,并将高考例题的常考点、易错点进行横竖梳理,多侧面、多层次、全方位加以涵盖,使分散的知识点凝聚成团,形成纵横知识网络,有利于学生的记忆、理解、掌握、类比、拓展和迁移,并转化为实际解题能力。

本丛书取材广泛,视野开阔,吸取了众多参考书的长处及全国各地教学科研的新思路、新经验和新成果,选例新颖典型,难度贴近高考实际。讲解完备,就某一专题进行集中、全面的剖析,对知识点的讲解自然而细致。一些问题及例题、习题后的特殊点评标识,能使学生对本专题的知识掌握起来难度更小,更易于理解,从而达到举一反三、触类旁通的功效。

本丛书以“新课程标准”为纲,以“考试说明”与近年考卷中体现的高考命题思路为导向,起点低、落点准,重点难点诠释明了,高考关键热点突出,专题集中,能很好地培养学生思维的严谨性、解题的灵活性、表达的规范性。

古人云:授人以鱼,只供一饭之需;授人以渔,则一生受用无穷。让学生掌握“捕鱼之术”,其实就是创新教育的主要目标。本丛书策划者、编写者以此为共识,精诚合作,千锤百炼,希望本丛书不但能帮助你学到知识,掌握知识,而且能掌握其学习方法,养成创新意识,增强创新能力,那将能让你终身受益。

司马文

曹瑞彬

目 录



前 言

第一章 匀变速直线运动的研究 / 1

- 第一讲 直线运动的描述 / 2
- 第二讲 匀变速直线运动的规律及应用 / 14
- 第三讲 自由落体与竖直上抛运动 / 26
- 第四讲 追及和相遇、图像专题 / 34

第二章 相互作用 / 47

- 第一讲 力学中的三种力 受力分析 / 48
- 第二讲 力的合成与分解 / 64
- 第三讲 共点力作用下物体的平衡 / 76

第三章 牛顿运动定律 / 94

- 第一讲 牛顿运动定律的内容 / 95
- 第二讲 牛顿运动定律的应用 / 110
- 第三讲 超重和失重 图像专题 / 132

第四章 曲线运动 / 142

- 第一讲 运动的合成与分解 / 143
- 第二讲 平抛物体的运动 / 156
- 第三讲 匀速圆周运动及其实例分析 / 169

第五章 万有引力与航天 / 189

- 第一讲 万有引力定律及其在天文学上的应用 / 190
- 第二讲 人造卫星 宇宙航行 / 203

第六章 机械能及其守恒定律 / 216

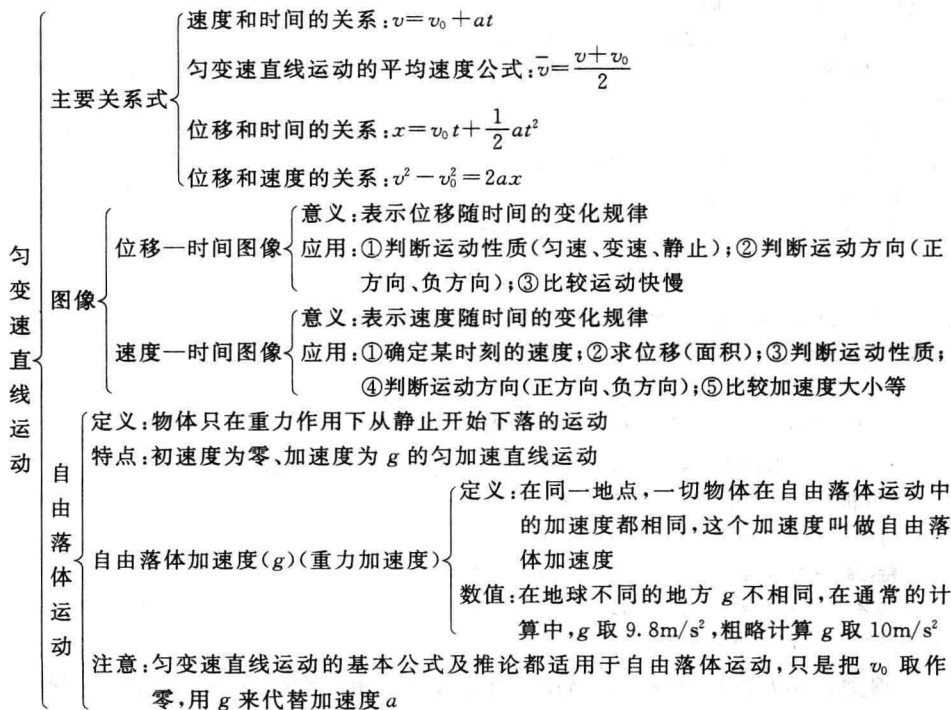
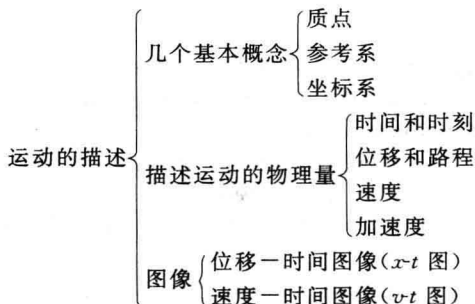
- 第一讲 功和功率 / 217
- 第二讲 功和能 动能定理 / 227
- 第三讲 机械能守恒定律 / 238

第一章 匀变速直线运动的研究



知识

框架





第一讲

直线运动的描述



知识与规律

一、基本概念

1. 机械运动 物体相对于其他物体的位置的变化,叫做机械运动。它是自然界最简单、最基本的运动形态。

(1)运动是绝对的,静止是相对的。

(2)宏观、微观物体都处于永恒的运动中,我们看到静止的山脉、房屋、树木其实都是运动的。“坐地日行八万里,巡天遥看一千河”即这个道理。其实大至宇宙天体,小至分子、原子,都在永不停息地运动。

2. 参考系 为了研究物体的运动而假定为不动的那个物体,叫参考系。

(1)一般来讲,选为参考系的物体假设为不动,一个物体是静止的还是运动的,都是相对于参考系而言。

(2)选择不同的参考系来描述同一个运动,结果不一定相同。如坐在行驶着的汽车上的人,选择地面或选择汽车作为参考系,其运动情况不一样。同理,从飞机上投掷下来的物体,选择地面或选择飞机作为参考系,其运动情况也不一样。

(3)参考系的选取原则上是任意的,但选择时要使运动的描述尽可能简单。如研究地面上的物体运动时,一般选择地面作为参考系。研究人在运动的火车上的运动情况,通常选择火车作为参考系。研究地球的公转情况时,一般选择太阳作为参考系。

(4)比较两个物体的运动情况时,必须选择同一个参考系。

3. 坐标系 为了定量地描述物体的位置及位置的变化,需要在参考系上建立适当的坐标系,这样才能应用数学工具来研究运动。

如果物体沿直线运动,可以在这条直线上规定原点、正方向和单位长度,即以这条直线为坐标轴(x 轴)。这样物体的位置就可以用一个坐标值(x)来确定。

如果物体在一个平面内运动,则需要建立平面坐标系。用两个坐标值(x, y)来确定物体的位置。

地球的经纬度其实就相当于一个坐标系,这样有利于精确定位。

注意问题

为了研究物体的运动而假定不动的物体叫做参考系,其实参考系可以相对于地球是运动的。研究地面上的物体的运动,为方便起见,一般取地球为参考系。

例 敦煌曲子词中有一首:“满眼风光多闪烁,看山恰似走来迎,仔细看山山不动,是船行”。请用物理学知识解释“山走来”和“山不动,是船行”。你由此能得到什么看法?

【解析】作者得出“山走来”是以自己(即船)作为参考系;得出“山不动,是船行”则是以大地为参考系。

点评 参考系选择不同,对于物体运动的结论是不同的。其实,对于不同的参考系,非但得出某物体是运动还是静止的结论可能会不同,其他一些结论(例如运动的方向、速度有多大、是直线运动还是曲线运动等)也会不同。

巩固1 某人坐在甲船中,他看到乙船在运动,那么相对河岸两船的运动情况不可能是

()





A. 甲船不动,乙船在运动

B. 甲船运动,乙船不动

C. 甲、乙两船都在运动

D. 甲、乙两船运动方向一样,且运动快慢相同

【解析】据题意,乙船相对于甲船一定在运动,它们运动方向和运动快慢不可能完全相同。

【答案】D

巩固2 第一次世界大战期间,一名法国飞行员在 2000 m 高空飞行时,发现脸旁有一个小东西,他以为是一只小昆虫,敏捷地把它一把抓过来,令他吃惊的是,抓到的竟是一颗子弹。飞行员能抓到子弹,是因为 ()

A. 飞行员的反应快

B. 子弹相对于飞行员是静止的

C. 子弹已经飞得没有劲了,快要落在地上了

D. 飞行员的手有劲

【解析】在日常生活中,地面上静止的物体(包括人)都在永不停息地随地球自转而运动,因对相对地面静止的物体都具有相同的速度,相互间保持相对静止状态,才使人们没有觉察到这一速度的存在。当飞行员的飞行速度与子弹飞行的速度相同时,子弹相对于飞行员是静止的,因此飞行员去抓子弹,就和我们去拿放在桌上的物品的感觉和道理一样。

【答案】B

点评 描述物体的运动,必须明确参考系,因为运动和静止是相对的,选不同的参考系,对同一物体的运动的描述可能是不同的。子弹虽是运动的,但对飞机上的飞行员而言,它是相对静止的。

4. 质点:在研究物体的运动时,当物体的形状和大小对所研究的问题没有影响或影响较小时,可把物体看成是一个有质量的点,简称质点。

(1)质点是只有质量而无大小和形状的点,它是一种理想化的模型,是科学的抽象。突出主要因素,忽略次要因素,将实际物体简化为物理模型,是研究物理学问题的基本思维方法之一,即理想化的方法。

(2)一个物体能否看做质点,不能以大小而论,而要看它的大小、形状是不是对所研究的问题的影响可以忽略。如研究天体的运动时,可以将天体看做质点,而研究原子的内部结构时,原子不能看做质点。

(3)同一个物体在有些情况下可以看做质点,而在另一些情况下又不能看做质点。如:一列火车从北京开往上海,在研究运动时间或运行速度时,就可以把它看做质点;若计算它通过某座大桥所需的时间时,则必须考虑火车的长度,就不可把它看做质点;若要研究车轮的转速,也不能把火车看做质点。

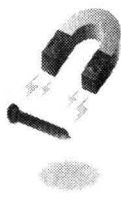
(4)平动的物体通常可视为质点。有转动,但相对平动而言可以忽略时,也可以把物体看做质点。如汽车前行时,虽然车轮转动,但如果我们关心的是车辆整体运动的快慢,则汽车可以看成质点。

注意问题

“质点”是一种为了研究方便而引入的“理想模型”,是一种最简单的模型。既然是模型,就不可能在任何情况下都能够代替真实的物体。因此,要通过教材、例题及习题,知道什么情况下可以用质点模型,要逐渐积累知识,而不必一开始就去死记硬背。

例2 在研究火车从上海站到苏州或南京站的运动时间(通常只需精确到“分”),能不能把火车看做质点?在研究整列火车经过一个隧道的运动时间(通常精确到“秒”),能不能把火车看做质点?由此你得出什么看法?

【解析】前者可以,后者不可以。前者由于火车的大小(长度)带来的确定时间方面的误差比较小,可以忽略不计;而后者却必须考虑火车的长度。



点评 由此可见,能否看成质点与把物体看成质点后带来的误差大小有关。当然,以“误差大小”来决定是否能够应用“质点”模型只是一个方面。更多的情况下不能用质点模型是因为有别的更加根本的原因。例如,在研究地球自转、杠杆受力矩而转动等物体转动的问题时,就不能把地球、杠杆看成质点。很小的物体也不一定就能看成是质点。例如,在研究原子的结构时,原子尽管很小,也不能看成是质点。

对于常见的物体的复杂运动——既有整体的移动、又有绕物体上某点的转动,比如快速打出去的一个弧圈球,在研究它能否过网时,我们可以暂时不考虑其转动,即先把它当作质点,研究其球心运动轨迹。这种把复杂运动分解成几个简单运动“逐个击破”研究的方法是很有效的。

巩固1 下列情况中的运动物体,一定不能看成质点的是 ()

- A. 研究绕地球飞行的航天飞机 B. 研究飞行中直升机上的螺旋桨
C. 研究从北京开往上海的一列火车 D. 研究在水平推力作用下沿水平地面运动的木箱

【解析】 航天飞机的大小相对于它距地球球心的距离很小,可以忽略,可以把航天飞机看做质点。同理,从北京开往上海的一列火车也可以看做质点。研究飞行中直升机上的螺旋桨时,螺旋桨的转动不能忽略,不可以将螺旋桨看做质点。在水平推力作用下沿水平地面运动的木箱做平动,这里可以看做质点。

【答案】 B

点评 做平动的物体,其上任一点的运动反映了整体的运动情况,一般可以看做质点,但也不一定都能看做质点,如上题中的火车过隧道。

巩固2 2004年8月27日雅典奥运会上,飞人刘翔以12秒91勇夺110m栏世界冠军,中国人第一次站在了这个项目的冠军领奖台上,伴随着雄壮的国歌,世界各地的华人华侨流下了激动的泪水。下列说法正确的是 ()

- A. 运动员在飞奔110m栏过程中,可以看做质点
B. 教练为了分析其动作要领,可以将其看做质点
C. 无论研究什么问题,均不能把运动员看做质点
D. 是否能将运动员看做质点,决定于我们所研究的问题

【解析】 A项中我们无需关注运动员跨栏的细节,可以看做质点。B项中教练必须为运动员分析动作要领,不能将其看做质点。CD项中突出一个问题,能否将运动员看做质点要看运动员的大小对所研究的问题有无影响。

【答案】 AD

二、描述运动的物理量

1. 矢量和标量

矢量:既有大小,又有方向的物理量,相加时不遵守算术加法法则。如位移等。

标量:只有大小,没有方向的物理量,相加时遵守算术加法法则。如质量、温度、路程、能量等。

2. 时刻与时间(时间间隔)

时刻:是指某一瞬间,用时间轴上的一个点来表示,它与状态量相对应,如某时刻的位置、动能等。

时间:是指起始时刻到终止时刻之间的间隔,用时间轴上的一段线段来表示,它与过程量相对应,如某段时间内的位移、路程、功等。

(1)单位:秒、分钟、小时,符号:s、min、h

(2)时间:第2s内,2s内,前2s,后2s

时刻:5s末,5s时,第5s末,第5s初



3. 位移和路程

(1)位置:物体所处的空间上的点,可由位置坐标表示。

(2)位移:表示位置变化的物理量。是矢量,可用一条有向线段表示。有向线段的长度表示大小,有向线段的方向表示位移的方向;位移的大小和方向只与初末位置有关,与物体运动的路径无关,在直线运动中,位移可用两个坐标差表示。

(3)路程:物体通过的实际路径的总长度。是标量,其大小与路径有关。

很多同学可能对物理学里引入“位移矢量”来研究运动觉得迷惑不解。当物体做曲线运动时,位移直线段与走过的“路径轨迹”完全不同,位移大小跟“路程”数值也大不相同,尤其是当物体走一封闭曲线如一圆周时,路程可以很大,而位移却总是为零,有人觉得很荒谬。其实这只是初学时的一种错觉,物理学家也是经过长期研究才克服“常识思维”的桎梏找到“位移”这个有效的物理量的。

确实,人走路的劳累程度、汽车耗油的多少是跟路程大小有关,但是只有位移才能仅由初、末位置唯一确定。而研究物体运动的目的是找到“确定物体在任意时刻的位置”的方法。

注:无论物体是做直线运动还是曲线运动,一段“无限小”的运动,其位移与路径总是可以看成重合,而用“高等数学”工具来研究物理,都是从研究“无限小运动”着手,因此,位移也可以用来研究曲线运动。

如果是直线运动,则位移 Δx 和初、末位置坐标 x_1, x_2 的关系十分简单: $\Delta x = x_2 - x_1$ 。而且此式有着丰富的含义: Δx 的数值表示位移的大小, Δx 的正负表示位移的方向——正表示位移 Δx 的方向与 x 轴的正方向相同,负表示位移 Δx 的方向与 x 轴的正方向相反。

注意问题

一般情况下路程大于位移,只有当物体做单方向的直线运动时,位移的大小才等于路程。

例3 关于位移和路程,下列说法中正确的是 ()

- A. 物体沿直线向某一方向运动,通过的路程就是位移
- B. 物体沿直线运动,通过的路程等于位移的大小
- C. 物体通过一段路程,其位移可能为零
- D. 物体通过的路程不等,位移可能相同

【解析】位移是矢量,路程是标量,不能说这个标量就是这个矢量,所以A错。如果物体沿直线往复运动,通过的路程就不等于位移的大小。如果物体在两位置间沿不同的轨迹运动,它们的位移相同,路程可能不同。如果物体从某位置开始运动,经一段时间后回到起始位置,位移为零,但路程不为零,所以,CD正确。

【答案】CD

【点评】位移和路程是描述机械运动的两个不同的物理量,位移是矢量,路程是标量,只有当物体做单方向的直线运动时,位移的大小才等于路程。

巩固1 参照如图1-1-1所示时间坐标轴,下列关于时刻和时间的说法正确的是 ()

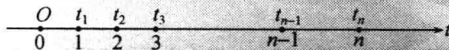


图 1-1-1

- A. t_2 表示时刻,称为第2s末或第3s初,也可称为2s内
- B. $t_2 \sim t_3$ 表示时间,称为第3s内



C. $0 \sim t_2$ 表示时间,称为最初 2s 内或第 2s 内

D. $t_{n-1} \sim t_n$ 表示时间,称为第 $(n-1)$ s 内

【解析】分析此题首先注意时刻和时间分别对应于时间轴上的一个点和一段线段。其次再注意(1)“第 ns 末=第 $(n+1)s$ 初”;(2)“ ns 内≠第 ns 内”, ns 内是指的 $(0 \sim n)s$ 的时间,第 ns 内是指 $[(n-1) \sim n]s$ 的时间,可知此题答案为 B。

【答案】B

巩固2 (1)一质点在 x 轴上运动, $t=0$ 时刻处于位置 $x_1=7m$

处,在 $t=20s$ 时处于位置 $x_2=-5m$ 处,求此质点在这 20s 内的位移。

(2)某质点在 Oxy 平面内运动,如图 1-1-2 所示,在 $t=0$ 时刻的位置坐标是 $A(-2m, -2m)$,在 $t=10s$ 时的位置坐标是 $B(2m, 1m)$,试在图 1-1-2 所示坐标系中标出 A、B 两点,并求出这 10s 内该质点的位移。

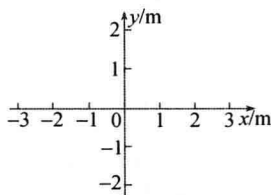


图 1-1-2

【解析】位移用初位置指向末位置的有向线段表示,其大小等于有向线段的长短,若初末位置在同一坐标轴上,位移等于末位置与初位置坐标之差,若在某一平面内,可由几何关系求得。

【答案】(1) $\Delta x_1 = x_2 - x_1 = (-5 - 7)m = -12m$,即位移的大小为 12m,方向:与 x 轴正方向相反。

(2) A、B 两点位置如图 1-1-3 所示,则位移 $\Delta x_1 = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2} = \sqrt{4^2 + 3^2}m = 5m$ 。设位移方向与 x 轴正方向的夹角为 θ ,则: $\tan\theta = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{3}{4}$, $\theta = 37^\circ$,所以位移的大小为 5m,方向:与 x 轴正方向成 37° 角偏向 $+y$ 方向。

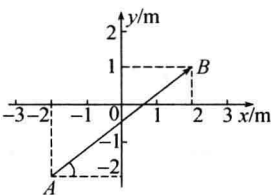


图 1-1-3

4. 速度和速率 速度是用来描述物体运动快慢和方向的物理量,是矢量。速度的大小叫速率,它只描述物体运动的快慢,是标量。

(1)平均速度:是位移与通过这段位移所用时间的比值,其定义式为 $v = \Delta x / \Delta t$,方向与位移的方向相同。

对平均速度的认识:

①平均速度表示做变速直线运动的物体在某一段时间内运动的平均快慢程度,只能粗略地描述物体的运动。

②在变速直线运动中,不同时间(或不同位移)内的平均速度一般是不相同的,因此,求出的平均速度必须指明是对哪段时间(或哪段位移)而言的。在 $v = x/t$ 中, x 与 t 必须一一对应。

③在匀速直线运动中,平均速度的大小等于 $x-t$ 图线的斜率,如图 1-1-4a 所示, $v = x/t = \tan\alpha$;在变速直线运动中,平均速度的大小也可以用 $x-t$ 图线的割线的斜率表示,如图 1-1-4b 所示, $v = x/t = \tan\alpha$ 。

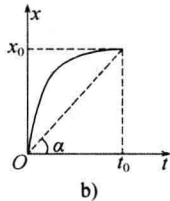
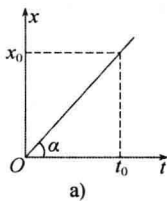


图 1-1-4

(2)平均速率:是路程和时间的比值。平均速率一般大于平均速度的大小,只有当物体做单向直线运动时两者才相等。

(3)瞬时速度:是质点在某一时刻或通过某一位置的速度,瞬时速度简称速度,它是一个矢量。它可以精确描述变速运动。





对瞬时速度的认识:瞬时速度简称为速度,瞬时速度比平均速度更能精确地描述质点运动的快慢。要明确以下几点:

- ①方向性:速度与速率不同,速率只反映质点运动的快慢,而速度却反映质点运动的快慢和方向。
 - ②瞬时性:速度具有瞬时性,一般所提到的速度都是指瞬时速度,它反映物体在某时刻(或某位置)运动的快慢和方向。在公式 $v = \Delta x / \Delta t$ 中,如果时间 Δt 非常短,接近于零,表示的是某一瞬时,这时的速度就表示瞬时速度。所谓匀速直线运动,实际上是各个时刻的速度都相同的运动。
 - ③相对性:变换参考系时,同一物体的速度对不同参考系而言是不同的。
 - ④在 $v-t$ 图像中,瞬时速度的大小等于那个时刻所对应的图线的斜率,特别在变速直线运动中,不同时刻图线的斜率往往是不同的。
- (4)瞬时速率:瞬时速度的大小叫瞬时速率,简称速率,它是一个标量。

注意问题

瞬时速度的大小等于瞬时速率,平均速度的大小一般不等于平均速率。
在变速直线运动中,不同时间段内的平均速度一般是不相同的。

例4 三个质点 A、B、C 均由 N 点沿不同路径运动至 M 点,运动轨迹如图 1-1-5 所示,三个质点同时从 N 点出发,同时到达 M 点,下列说法正确的是 ()

- A. 三个质点从 N 点到 M 点的平均速度相同
- B. 三个质点任意时刻的速度方向都相同
- C. 三个质点从 N 点出发到任意时刻的平均速度都相同
- D. 三个质点从 N 点到 M 点的位移不同

【解析】位移取决于初末位置,所以选项 D 错,又因为同时到达,选项 A 正确,三个质点运动路径不同,任意时刻的速度方向一般不同,到任意时刻的位移也不同,所以平均速度也不同,选项 BC 均错。

【答案】A

【点评】透彻理解位移和速度概念是解决此类问题的关键。

巩固1 一个朝着某方向做直线运动的物体,在时间 t 内的平均速度是 v ,紧接着 $t/2$ 内的平均速度是 $v/2$,则物体在这段时间内的平均速度是 ()

- A. v
- B. $2v/3$
- C. $3v/4$
- D. $5v/6$

【解析】
$$\bar{v} = \frac{vt + \frac{v}{2} \times \frac{t}{2}}{t + \frac{t}{2}} = \frac{5}{6}v.$$

【答案】D

巩固2 某人划船逆流而上,当船经过一桥时,船上一小木块掉在河水里,但一直航行至上游某处时此人才发现,便立即返航追赶,当他返航经过 1h 追上小木块时,发现小木块距离桥有 5400m 远,若此人向上和向下航行时船在静水中前进速率相等。试求河水的流速为多大?

【解析】通过选取不同的参考系,本题可以采用两种不同方法求解。

【答案】方法一:选水为参考系,小木块是静止的;相对水,船以恒定不变的速度运动,到船“追上”小木块,船往返运动的时间相等,各为 1h;小桥相对水向上游运动,到船“追上”小木块,小



桥向上游运动了位移 5400m, 时间为 2h。易得水的速度为 0.75m/s。

方法二: 若以地面为参考系, 水的速度设为 v_1 , 船在静水中的速度设为 v_2 , 划船者向上游运动时间为 t_1 , 向下游运动时间为 t_2 , 则

$$\text{对木块: } v_1(t_1 + t_2) = 5400 \text{ m,}$$

$$\text{对小船: } (v_1 + v_2)t_2 - (v_2 - v_1)t_1 = 5400 \text{ m,}$$

$$\text{已知 } t_2 = 3600 \text{ s,}$$

$$\text{解得, } t_1 = 3600 \text{ s, } v_1 = 0.75 \text{ m/s.}$$

5. 加速度 用来描述速度变化快慢的物理量。

(1) 定义: 加速度等于速度的改变量跟发生这一改变所用时间的比值。

$$\text{定义式: } a = \Delta v / \Delta t = (v - v_0) / \Delta t$$

v_0 ——开始时刻物体的速度, 即初速度;

v ——经过一段时间 t 时的速度, 即末速度。

(2) 物理意义: 加速度是表示速度改变快慢的物理量。

(3) 国际单位: m/s^2 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 读作米每二次方秒。

(4) 加速度是矢量, 加速度的方向和速度改变量的方向相同。

加速度定义公式中时间 Δt 是标量, 是没有方向的, 因此加速度 a 的方向跟速度改变量 Δv 的方向相同, 对做直线运动的物体, 加速度的方向与初速度 v_0 的方向相同或相反, 若取 v_0 的方向为正方向, 则 a 的方向可用正负号来表示。因此, 加速度的方向和速度改变量的方向相同。

当物体加速时, 则 $\Delta v = (v - v_0) > 0$, 时间 Δt 是标量, 加速度 a 的计算值为正值, 如果以初速度的方向为正方向 (即初速度 v_0 取正值), a 为正值则可表示 a 的方向与初速度的方向相同, 或反过来说, 若加速度 a 与初速度同向时, 则这个直线运动为加速运动。即: 加速直线运动中, 加速度的方向和初速度的方向相同, 为正值。

当物体减速时, 则 $\Delta v = (v - v_0) < 0$, 时间 Δt 是标量, 加速度 a 的计算值为负值, 如果仍以初速度的方向为正方向 (即初速度 v_0 取正值), a 为负值则可表示 a 的方向与初速度的方向相反, 或反过来说, 若加速度 a 与初速度反向时, 则这个直线运动为减速运动。即: 减速直线运动中, 加速度的方向和初速度的方向相反, 为负值。

(5) 由公式 $a = \Delta v / \Delta t$ 可知, 加速度等于速度的变化量和时间的比值, 因而加速度是速度对时间的变化率。所谓某一个量对时间的变化率, 是指单位时间内该量变化的数值。变化率表示变化的快慢, 不表示变化的大小。

6. 速度、速度改变量、加速度的比较

(1) 速度等于位移和时间的比值, 它是位移对时间的变化率, 描述物体运动的快慢和方向, 也可以说是描述物体位置变化的快慢和位置变化的方向, 速度越大, 表示物体运动得越快 (或位置变化得越快)。速度的方向就是物体运动的方向。速度的正 (负) 表示速度的方向与规定正方向相同 (相反)。速度是状态量, 与时刻 (或位置) 相对应。

(2) 速度变化量 (Δv) 是描述速度改变的多少, 它等于物体的末速度和初速度的矢量差, 即 $\Delta v = v - v_0$, 它表示速度变化的大小和方向, 在匀加速直线运动中, $v > v_0$, Δv 的方向与初速度 v_0 的方向相同, 在匀减速直线运动中, $v < v_0$, Δv 的方向与初速度方向相反。速度变化量 Δv 与速度大小无必然联系, 速度大的物体, 速度的变化不一定就大。例如, 做匀速直线运动的物体, 它的速度可以很大, 但它在任何一段时间内速度变化量均为零。速度变化量是过程量, 它对应某一段时间 (或一段位移)。

(3) 加速度是速度变化量 Δv 与发生这一变化所用时间 Δt 的比值, 也就是速度对时间的变化率, 因此加速度也就是速度变化率, 在数值上等于单位时间内速度变化量。它描述速度的变化快慢和变化方向。加速度的大小由速度变化的大小和发生这一变化所用时间的多少共同决定, 与速度的大小及速度变化量无必然关系。加速度大表示速度变化快, 不表示速度大, 也不含有速度变化大的含义。如: 小汽车启动时加速度很大, 速度却很小; 当小汽车高速行驶时, 速度很大, 加速度却很小, 甚至为零。加速度是矢量, 它的方向就是速





度变化量 Δv 的方向,与速度方向无必然联系。可以与速度方向相同,也可以相反,还可以成一定角度。加速度是状态量,与某一时刻(或位置)相对应。

(4)从图像中认识速度、速度变化量和加速度的区别:

在图 1-1-6a 中, A 点表示 t_1 时刻,速度是 v_1 , B 点表示 t_2 时刻,速度是 v_2 ,即在 $v-t$ 图像中某点的纵坐标,表示这一时刻的速度; A、B 两点纵坐标的差值表示速度变化量 Δv (即 $v_2 - v_1$);而在 $v-t$ 图像中图线的斜率表示了物体的加速度,即 $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$,斜率的数值表示加速度的大小,斜率的正负反映加速度的方向,正值表示与规定的正方向一致,负值则表示与规定的正方向相反。

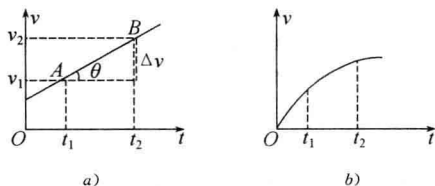


图 1-1-6

由于匀变速直线运动的速度图像是一条倾斜的直线,所以速度图像与横轴的夹角恒定,即加速度是一恒量(大小和方向不变)。而非匀变速直线运动的 $v-t$ 图像是一条曲线,故图像与横轴的夹角(那一点的切线与横轴的夹角)在改变,即加速度是变化的。如图 1-1-6b 所示,速度图像与横轴的夹角越来越小,表示加速度逐渐减小,即速度变化越来越慢。

(5)用表格对速度、速度改变量、加速度三者做一比较:

比较项目	速度	加速度	速度改变量
物理意义	描述物体运动快慢和方向的物理量。是一状态量	描述物体速度变化快慢和方向的物理量,是一状态量	描述物体速度改变大小程度的物理量,是一状态量
定义式	$v = \frac{x}{t}$	$a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 或 $a = \frac{\Delta v}{t}$	$\Delta v = v_t - v_0$
单位	m/s	m/s ²	m/s
决定因素	v 的大小由 v_0 、 a 、 t 决定	a 不是由 v 、 t 、 Δv 来决定的, a 由 F/m 的比值决定	Δv 由 v_t 与 v_0 决定,而且 $\Delta v = at$ 也由 a 与 t 决定
方向	与位移 x 同向,即物体运动的方向	与 Δv 的方向一致,而与 v_0 、 v_t 方向无关	由 $\Delta v = v_t - v_0$ 或 $\Delta v = at$ 决定
大小	位移与时间的比值	速度改变量与所用时间的比值	$\Delta v = v_t - v_0$

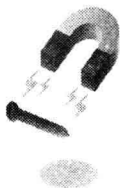
注意问题

1. 物体做匀加速直线运动时,加速度一定为正吗? 物体做匀减速直线运动时,加速度一定为负吗?

不一定。物体做匀加速直线运动时,加速度方向一定跟物体的运动方向相同,物体做匀减速直线运动时,加速度的方向跟物体的运动方向相反。但是,加速度是正值还是负值,与正方向的选取有关,若取运动方向为正方向,则匀加速直线运动的加速度为正值,匀减速直线运动的加速度为负值;若取运动的反方向为正方向,则匀加速直线运动的加速度为负值,匀减速直线运动的加速度为正值。

2. 加速度增加的运动是加速运动,加速度减小的运动是减速运动。这种认识对吗? 怎样根据加速度判断物体的速度是增加还是减小?

加速度的大小反映的是速度变化的快慢,并不能反映速度的大小。应该根据加速度的方向和速度方向的关系,判断速度增加还是减小。只要加速度方向跟速度方向相同,无论加速度大小如何变化,物体一定做加速运动;只要加速度方向跟速度方向相反,无论加速度大小如何变化,物体一定做减速运动。



例5 下列描述的运动中,可能的有

()

- A. 速度变化很大,加速度很小
- B. 速度变化的方向为正,加速度方向为负
- C. 速度变化越来越快,加速度越来越小
- D. 速度越来越大,加速度越来越小

【解析】加速度等于速度的变化和时间的比值,因而加速度是速度对时间的变化率,变化率表示变化的快慢,不表示变化的大小。速度大,加速度不一定大,若速度很大,但不发生变化,加速度仍为零。加速度为矢量,其方向与速度变化的方向一致,速度变化的方向若为正,加速度方向也为正。若物体做加速运动,即使加速度很小,但速度仍然越来越大。由此看来,加速度的大小与速度的大小无关。因此该题的答案为AD。

【答案】AD

【点评】除加速度的方向与速度变化的方向相同外,速度、速度的变化、加速度三者之间的大小和方向上再也没有直接的关系了,当速度与加速度同向时,速度增大,反向时,速度减小。

巩固1 (1)飞机由静止开始运动,50s内速度增大到400m/s,则飞机的加速度为_____。

(2)一只足球以10m/s的速度水平飞来,被一足球运动员一脚反向踢出,使足球以20m/s的速度沿原来的路线飞回,若运动员踢球时与球作用的时间是0.1s,则足球在这个过程中的加速度为_____。

【解析】加速度表达式是矢量式,在规定了正方向以后,各量用带有正号或负号的数值代入运算。解答本题时,均取初速度方向为正方向。

【答案】(1) $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{400 - 0}{50} \text{ m/s}^2 = 8 \text{ m/s}^2$ 。飞机加速度大小为 8 m/s^2 ,方向与飞机速度方向相同。

(2) $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{-20 - 10}{0.1} \text{ m/s}^2 = -300 \text{ m/s}^2$ 。足球加速度大小为 300 m/s^2 ,方向与足球初速度方向相反。

巩固2 根据给出的速度、加速度的正负,对具有下列运动性质物体的判断正确的是()

- A. $v_0 < 0, a > 0$,物体做加速运动
- B. $v_0 < 0, a < 0$,物体做加速运动
- C. $v_0 > 0, a < 0$,物体先做减速运动后加速运动
- D. $v_0 > 0, a = 0$,物体做匀速运动

【解析】当 a 与 v 同向时,物体做加速运动,当 a 与 v 反向时,物体做减速运动,当 $a=0$ 时,物体做匀速运动,所以选项BD正确。

【答案】BD



易错

清单

易错点1:

不能混淆轨迹图像与位移—时间图像。

例1 甲、乙两小分队进行代号为“猎狐”的军事演习，指挥部通过现代通信设备，在荧屏上观察到小分队的行军路线如图 1-1-7 所示，小分队同时由同地 O 点出发，最后同时捕“狐”于 A 点，下列说法正确的有 ()

- A. 小分队行军路程 $s_{\text{甲}} > s_{\text{乙}}$
- B. 小分队平均速度 $v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$
- C. $y-x$ 图像是速度(v)—时间(t)图像
- D. $y-x$ 图像是位移(x)—时间(t)图像

【解析】 本题中的 Oxy 图像为轨迹图，反映了质点实际运动的轨迹，不是 $v-t$ 图或 $x-t$ 图，选项 CD 均错。由图 1-1-7 可知，甲乙两队同时由 O 点出发，沿不同路径同时到达 A 点，他们的位移和平均速度对应相同，而路程不同，选项 AB 均对。

【答案】 AB

【提醒】 轨迹图中的图像反映的是轨迹，其长短反映路程大小， $x-t$ 图和 $v-t$ 图中的图线不是质点实际运动的轨迹，两种图像可以从坐标轴区分开来。

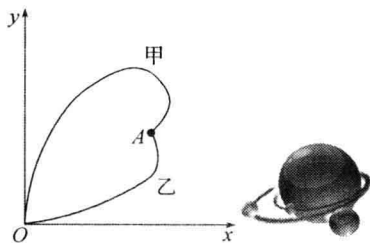


图 1-1-7

易错点 2:

质点做加速还是减速运动取决于 a 与 v 的方向关系，与 a 增大还是减小无关。

例2 一个质点做方向不变的直线运动，加速度的方向始终与速度方向相同，但加速度大小逐渐减小直至为零，则在此过程中 ()

- A. 速度逐渐减小，当加速度减小到零时，速度达到最小值
- B. 速度逐渐增大，当加速度减小到零时，速度达到最大值
- C. 位移逐渐增大，当加速度减小到零时，位移将不再增大
- D. 位移逐渐减小，当加速度减小到零时，位移达到最小值

【解析】 当质点的加速度的方向始终与速度方向相同时，不管 a 是增大还是减小，则一定做加速运动，当加速度减小到零时，质点不再加速，速度也就达到了最大值，位移仍将继续增大。选项 B 正确。

【答案】 B

【提醒】 在直线运动中，判断质点做加速还是减速运动的唯一标准是 a 与 v 的方向关系，若 a 与 v 同向，质点做加速运动；若 a 与 v 反向，质点做减速运动，与 a 是正还是负，是增还是减均无关。



点击 高考

1. (2007 年北京卷) 图 1-1-8 所示为高速摄影机拍摄到的子弹穿过苹果瞬间的照片。该照片经过放大后分析出，在曝光时间内，子弹影像前后错开的距离约为子弹长度的 $1\% \sim 2\%$ 。已

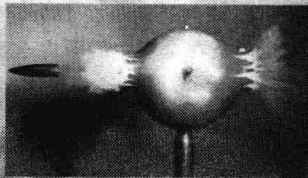


图 1-1-8



知子弹飞行速度约为 500m/s , 因此可估算出这幅照片的曝光时间最接近 ()

- A. 10^{-3}s B. 10^{-6}s
C. 10^{-9}s D. 10^{-12}s

【解析】 由子弹与苹果的长度关系可以测得子弹的长度约为 5cm , 曝光时间内, 子弹前进的距离约为 $5\text{cm} \times (1\% \sim 2\%) = 0.05 \sim 0.1\text{cm} = 5 \sim 10 \times 10^{-4}\text{m}$, 除以速度得曝光时间 t 为 $1 \sim 2 \times 10^{-6}\text{s}$ 。

【答案】 B

2. (2009 年广东卷) 某物体运动的速度图像如图 1-1-9 所示, 根据图像可知 ()

- A. $0 \sim 2\text{s}$ 内的加速度为 1m/s^2
B. $0 \sim 5\text{s}$ 内的位移为 10m
C. 第 1s 末与第 3s 末的速度方向相同
D. 第 1s 末与第 5s 末加速度方向相同

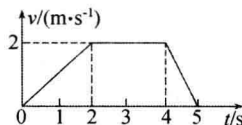


图 1-1-9

【解析】 $v-t$ 图像反映的是速度 v 随时间 t 的变化规律, 其斜率表示的是加速度, A 正确; 图中图像与坐标轴所围成的梯形面积表示的是 $0 \sim 5\text{s}$ 内的位移为 7m , 在前 5s 内物体的速度都大于零, 即运动方向相同, C 正确; $0 \sim 2\text{s}$ 加速度为正, $4 \sim 5\text{s}$ 加速度为负, 方向不同。

【答案】 AC



模拟演练

1. “小小竹排江中游, 巍巍青山两岸走。”这两句诗描述的运动的参考系分别是 ()

- A. 竹排, 流水 B. 流水, 青山 C. 青山, 河岸 D. 河岸, 竹排

2. 以下几种关于质点的说法, 你认为正确的是 ()

- A. 只有体积很小或质量很小的物体才可以看做质点
B. 只要物体运动得不是很快, 物体就可以看做质点
C. 质点是一种特殊的实际物体
D. 物体的大小和形状在所研究的问题中起的作用很小, 可以忽略不计时, 我们就可以把物体看做质点

3. 下列说法正确的是 ()

- A. 一节课是 40min , 指的是时刻
B. 列车在上海站停了 20min , 指的是时间
C. 在有些情况下, 时间就是时刻, 时刻就是时间
D. 电台报时时说: “现在是北京时间 8 点整”, 这里实际上指的是时刻

4. 短跑运动员在 100m 竞赛中, 测得 75m 速度为 9m/s , 10s 末到达终点时速度为 10.2m/s , 则运动员在全程中的平均速度为 ()

- A. 9m/s B. 9.6m/s C. 10m/s D. 10.2m/s

5. 下列说法中, 正确的是 ()

- A. 质点做直线运动时, 其位移的大小和路程一定相等
B. 质点做曲线运动时, 某段时间内位移的大小一定小于路程
C. 两个位移相同的质点, 它们所通过的路程一定相等

