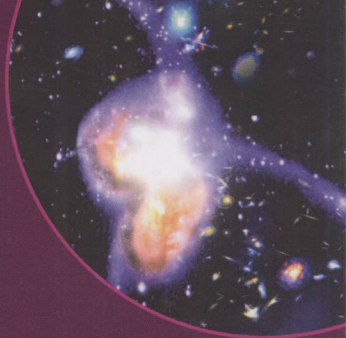




世纪普通高等教育基础课规划教材



UNIVERSITY PHYSICS

大学物理学教·学指导

严导淦 王晓鸥 万 伟 编
唐光裕 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪普通高等教育基础课规划教材

大学物理学教·学指导

严导淦 王晓鸥 万 伟 编
唐光裕 主审



机械工业出版社

本书是与严导淦等编的《大学物理学》(上、下册)配套的教·学指导书,符合教育部最新颁布的《理工科大学物理课程教学基本要求》,全书按配套主教材各章的顺序编写,每章由“阅读导引”、“教学参考资料”、“本章问题选解”和“习题解答”组成,并在上述各部分中提供了与理工科大学物理课程教学基本要求相适应的素材,同时结合上、下册内容分别附有两套“模拟试题卷”,以使读者更好地掌握教材的主要内容,以提高阅读效率和解题能力。

本书可作为课堂讨论课、习题课的参考书,或满足临考前的复习之需,同时可作为函授、网络教育、高等教育自学考试等各类成人教育的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学教·学指导/严导淦等编. —北京:机械工业出版社,2009.5

21世纪普通高等教育基础课规划教材

ISBN 978-7-111-27162-8

I. 大… II. 严… III. 物理学-高等学校-教学参考资料
IV. 04

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第076413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:李永联 责任编辑:陈心中 版式设计:霍永明

责任校对:申春香 责任印制:洪汉军

三河市国英印务有限公司印刷

2009年9月第1版第1次印刷

169mm×239mm·18.25印张·352千字

标准书号:ISBN 978-7-111-27162-8

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379723

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是专门为严导淦等编的《大学物理学》(以下简称“教材”)配套的“教·学”指导书,符合教育部现行的《理工科大学物理课程教学基本要求》,为工科大学物理课程的教材,同时兼做函授、网络等远程教育、全国高等教育自学考试等各类成人教育的教学用书。

大学教育的一个理念是学生在教师指导下进行自学和研讨.尤其对学习物理这类基础学科的低年级大学生而言,自学是艰辛的,需要有一股锲而不舍的坚毅意志.如果从中沉思求索,一旦豁然开朗,将融会贯通,萌发自己的智慧火花,并带来丰硕的学习效益,从而获得无比的精神愉悦.有鉴于此,本书的出版,旨在引领读者在学习教材的过程中,提高阅读效果和解题能力,也许不无裨益.

本书按教材中各章顺序进行编写.每章一般包含“阅读导引”、“教学参考资料”、“本章问题选解”和“习题解答”四个部分.

在“阅读导引”中,首先指出本章应重点掌握或理解的主要内容;继而,简要有序地针对某些内容作提纲挈领的引述,从中指出难点所在和应注意之处,期使读者在阅读教材过程中,统揽全局,着力于攻克可能遇到的某些难点,深化对内容的理解.

在“教学参考资料”中,针对某些基本概念或基本定律作了进一步的阐释或延伸,既可消疑解惑,也有助于开拓知识视野,读者在学习教材内容的过程中,如时间允许,不妨一读.

对“本章问题选解”和“习题解答”这两部分,仅备读者在解题有困难时参考之需.我们建议读者在钻研教材的基础上,正确运用有关物理概念和基本定律、原理或定理,并参考和揣摩教材中的有关例题,独立地去分析问题或习题的题意,探索正确的解题思路,完满地进行解答和演算,以提高自己的分析和解题能力.再三强调,读者只有在独立解题过程中难以为继时,才可去参考这两部分中所提供的解答.顺便说明,这两部分的问题或习题的解答也难免有个别错漏之处,希望读者加以仔细体察.

此外,本书针对上、下册内容,分别列有“模拟试题卷(示例)各两套”,并相应地给出了其解答,聊供读者在学完相关内容后进行一次全局性的回顾和自我检测.

参加本书编写工作的有严导淦(第1章至第8章)、王晓鸥(第9章至第14章)、万伟(第15章至第17章和两套模拟试题卷及解答). 本书由严导淦负责策划和统稿等事宜.

本书由唐光裕教授主审. 编者们在编写过程中还曾参阅和引用了国内外同类教材中的某些资料, 受益匪浅, 深受教益, 在此一一谨表深切谢意.

编者
2009年

目 录

前言	
第 0 章 物理学 物理量 计量单位	1
0.1 阅读导引	1
0.2 本章问题选解	1
第 1 章 质点运动学	3
1.1 阅读导引	3
1.2 教学参考资料	5
1.3 本章问题选解	6
1.4 习题解答	10
第 2 章 质点动力学基础	17
2.1 阅读导引	17
2.2 教学参考资料	19
2.3 本章问题选解	21
2.4 习题解答	22
第 3 章 守恒定律及其在力学中的应用	31
3.1 阅读导引	31
3.2 教学参考资料	35
3.3 本章问题选解	36
3.4 习题解答	39
第 4 章 刚体力学简介	53
4.1 阅读导引	53
4.2 教学参考资料	54
4.3 本章问题选解	57
4.4 习题解答	59
第 5 章 狭义相对论简介	69
5.1 阅读导引	69
5.2 教学参考资料	71
5.3 本章问题选解	73
5.4 习题解答	74
第 6 章 静电学	77
6.1 阅读导引	77
6.2 教学参考资料	82

6.3 本章问题选解	83
6.4 习题解答	86
第7章 恒定电流的稳恒磁场	101
7.1 阅读导引	101
7.2 教学参考资料	106
7.3 本章问题选解	108
7.4 习题解答	110
第8章 电磁感应和电磁场理论的基本概念	125
8.1 阅读导引	125
8.2 教学参考资料	127
8.3 本章问题选解	128
8.4 习题解答	131
模拟试题卷1(示例)	139
模拟试题卷1解答	142
模拟试题卷2(示例)	145
模拟试题卷2解答	148
第9章 机械振动	152
9.1 阅读导引	152
9.2 教学参考资料	153
9.3 本章问题选解	158
9.4 习题解答	160
第10章 机械波	171
10.1 阅读导引	171
10.2 教学参考资料	174
10.3 本章问题选解	177
10.4 习题解答	178
第11章 电磁振荡 电磁波	187
11.1 阅读导引	187
11.2 教学参考资料	188
11.3 本章问题选解	193
11.4 习题解答	194
第12章 几何光学	198
12.1 阅读导引	198
12.2 教学参考资料	199
12.3 本章问题选解	202
12.4 习题解答	202
第13章 波动光学	207

13.1 阅读导引	207
13.2 教学参考资料	211
13.3 本章问题选解	213
13.4 习题解答	215
第 14 章 热力学基础	223
14.1 阅读导引	223
14.2 教学参考资料	226
14.3 本章问题选解	229
14.4 习题解答	231
第 15 章 气体动理论	241
15.1 阅读导引	241
15.2 教学参考资料	243
15.3 本章问题选解	244
15.4 习题解答	245
第 16 章 早期量子论	251
16.1 阅读导引	251
16.2 教学参考资料	253
16.3 本章问题选解	254
16.4 习题解答	255
第 17 章 量子力学基础	261
17.1 阅读导引	261
17.2 教学参考资料	263
17.3 本章问题选解	265
17.4 习题解答	266
模拟试题卷 3(示例)	270
模拟试题卷 3 解答	273
模拟试题卷 4(示例)	276
模拟试题卷 4 解答	279
参考文献	282

第 0 章 物理学 物理量 计量单位

0.1 阅读导引

这一章作为学习本课程的预备知识,主要内容有:①物理学的概貌、任务及其与理工科专业的关系;②物理量及其量度单位;③以国际单位制(SI)为基础的法定计量单位.在学习中读者应特别注意:

(1) 重点了解国际单位制的使用方法.

(2) 与日常的一般概念不同,每个物理概念都有其客观的科学依据;而表述一个物理概念的物理量都要以某种度量方法对它作严格规定.

(3) 一般说来,物理量的大小总是包含数字和单位两个要素,缺一不可.如果是标量,除大小外还可能有正、负之分.正与负表示物理量的相对性,大小表示该物理量单位的倍数.

(4) 物理量的单位虽然是人为规定的,但却是根据科学、技术的需求,由国际会议审定、并得到普遍认同的.例如,目前通行的国际单位制,就是如此.我国在全面采用国际单位制的基础上,从国情出发,还以法令形式规定了一些允许使用的其他单位,我们在有关内容中再作介绍,这样就构成了法定计量单位.我们在学习和工作中必须严格执行,不能妄加更动和生造.

(5) 在学习过程中,我们经常使用矢量来表述一个物理量及有关公式.为此,建议读者在开始学习前,先将教材上册的书末附录 C 中有关矢量及其运算的内容认真学习(或复习)一下,俾便于学习各章内容.

0.2 本章问题选解

问题 0-1 已知冰的密度为 $900\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 水的密度为 $1\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$. 试问:当 10m^3 的水完全结成冰时,其体积为多少?

解 利用密度公式 $\rho = m/V$, 用 SI 制统一各量的单位,把水的密度换算为 $1\text{g} \cdot \text{cm}^{-3} = 1000\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 可求得 10m^3 的水的质量为

$$m = \rho V = 1000\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 10\text{m}^3 = 10000\text{kg}$$

水结成冰时质量不变,将相应的量代入密度公式,可求得水完全结成冰时的体积为

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{10000}{900}\text{m}^3 \approx 11.1\text{m}^3$$

可见水结成冰时,体积变大(膨胀).寒冬季节,在 0°C 以下时,水结冰,体积膨胀,常导致水管爆裂,使道路积水.因此,特别在埋设城镇给水管道时,往往把水管埋在地面的冰冻线以下.例如,上海地区的冰冻线约在地面下深度为 $0.8\sim 1.0\text{m}$ 处.

问题 0-2 一辆载重为 10t 的运货汽车,其车厢容积为 13m^3 .今要运输钢材(其密度为 $\rho_s = 7.8 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)和木材(其密度为 $\rho_w = 0.5 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),若装货时,货物间需占有 1m^3 的空隙,试问这两种货物应怎样搭配才能使此货车的车厢得到充分利用?

解 已知可装运的两种货物的总质量为 $m = 10\text{t} = 10 \times 10^3 \text{kg}$,钢材的密度为 $\rho_s = 7.8 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,木材的密度为 $\rho_w = 0.5 \times 10^3 \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$,可以装货的净体积为 $V = 13\text{m}^3 - 1\text{m}^3 = 12\text{m}^3$.

设所装的钢材的体积为 V_s ,木材的体积为 V_w ,则按题意,有

$$\rho_s V_s + \rho_w V_w = m \quad \text{①}$$

$$V_s + V_w = V \quad \text{②}$$

联立式①、②解算得可装运的钢材和木材的体积为

$$V_w = \frac{\rho_s V - m}{\rho_s - \rho_w} = \frac{7.8 \times 10^3 \times 12 - 10 \times 10^3}{(7.8 - 0.5) \times 10^3} \text{m}^3 = 11.45 \text{m}^3$$

$$V_s = \frac{m - \rho_w V}{\rho_s - \rho_w} = \frac{10 \times 10^3 - 0.5 \times 10^3 \times 12}{(7.8 - 0.5) \times 10^3} \text{m}^3 = 0.55 \text{m}^3$$

这样,才能使车厢获得充分利用.

说明 这里所指的“载重”并非指所载货物的重量,而是指货物的质量.所谓“载重”只是一种习惯的叫法.因为“重量”是指物体所受重力的大小;而“质量”是物体惯性的量度,因而这是两个不同的物理量,不能混为一谈.

$$\text{若写成 } V = \frac{m}{\rho} =$$

$$\frac{10000}{900} \approx 11.1 \text{m}^3 \text{ 是错}$$

误的.为什么?

第 1 章 质点运动学

1.1 阅读导引

本章讨论了质点机械运动的描述,引入了描述质点机械运动的一些物理量,并介绍几种简单的质点运动(如直线运动、抛体运动、圆周运动等). 重点内容是位置、位移、速度和加速度等概念. 通过本章的学习,应着重搞清位矢、速度和加速度的相对性、矢量性及瞬时性;并要求能在直角坐标系中运用矢量的正交分解方法,以简单微积分为工具,求解有关的运动学问题.

(1) 物理学研究物质最普遍的运动形式. 在各种运动形式中,较简单而又最基本的一种就是机械运动——物体位置的变动. 为了描述机械运动以及今后进一步研究力学问题的需要,我们在本章中只讨论物体运动时在空间所占位置与时间的关系,而不讨论运动状态改变的原因,这就是运动学的任务.

(2) 在描述和研究物体的运动时,首先要选取合适的参考系. 选择不同的参考系,描述同一物体运动的物理量,诸如位矢 r 、速度 v 、加速度 a 等,其具体表达形式是不同的. 这就是说,位矢 r 、速度 v 和加速度 a 具有相对性. 为此,在描述物体运动时,必须指出是相对于哪一个参考系而言的.

(3) 在许多情形中,我们对物体的位置变动只要求有概括的了解,对它的大小和形状可以不加考虑,而把它近似地看成是拥有物体质量而没有大小和形状的点——质点. 应当指出,质点是实实在在的物体在一定条件下的近似描写. 如果物体的大小、形状在所研究的问题中是次要因素,可以忽略不计,就可把物体抽象为质点,从而使问题大大简化. 切不可把质点概念神秘化,以为它是没有大小、形状但有质量的玄妙东西. 事实上,它是在一定条件下从客观事物中抽象出来的理想的物理模型. 正确运用它,就可以在一定条件下解决许多物理问题. 这种从复杂的实际问题中抽象出理想化模型的科学方法,在物理学和其他学科中经常用到. 以后,我们会碰到许多理想化的物理模型,诸如刚体、弹簧振子、理想气体、点电荷等.

(4) 有了参考系和质点的概念,便能用位矢 r 描述物体在空间相对于参考系的位置;如果在参考系上建立一个以某定点 O (参考点) 为原点的坐标系,则质点相对于参考系的位置可用坐标描述,也可用位矢描述,两者对描述质点的位置是等效的.

当质点运动的位置随时刻 t 而改变时,可用运动函数 $r = r(t)$ 来描述. 质点位

置的改变可用相应一段时间内的位移矢量来描述. 若已知位移, 可以从已知的初位置找出末位置, 位移和路程是不同的两个概念. 只有在匀速直线运动中, 位移的大小与所通过的路程才相等.

(5) 位矢 r 、位移 Δr 、速度 v 和加速度 a 就是描写物体运动的四个基本物理量, 它们都是矢量, 兼有大小和方向, 并服从平行四边形或三角形的求和(或差)法则. 再三叮咛, 对于这些物理量的矢量性, 由于读者过去习惯于标量运算, 而往往在概念理解或处理问题时掉以轻心, 务必千万留神.

(6) 速度反映物体运动的方向和快慢, 以位矢对时间的变化率来量度; 加速度反映运动改变的趋向和快慢, 以速度对时间的变化率来量度. 一般说, 物体速度大时, 加速度不一定大; 反之, 加速度大时, 速度也不一定大. 这一点往往与直觉的想法不一致, 须加注意.

对速度和加速度应弄清楚它们的瞬时性. 瞬时速度或瞬时加速度是指质点在某时刻(或某位置)的速度或加速度, 分别描述该时刻的运动状态和运动改变情况; 而平均速度或平均加速度则描述在一段时间或一段距离内运动或运动改变的平均情况. 今后, 我们在不指明是瞬时的还是平均的时候, 一般都是指瞬时的.

(7) 速度的方向就是物体运动的方向; 而加速度的方向是运动改变的方向, 即在时间趋向于零时的速度增量的极限方向. 一般地说, 速度与加速度的方向并不一定相同, 这一点也往往与直觉的想法不一致, 须加以注意. 读者从图 1.1-1 所示的各种运动情况中, 可领会速度 v 与加速度 a 的方向关系, 图中以 θ 角表示 v 与 a 两者方向之间的夹角.

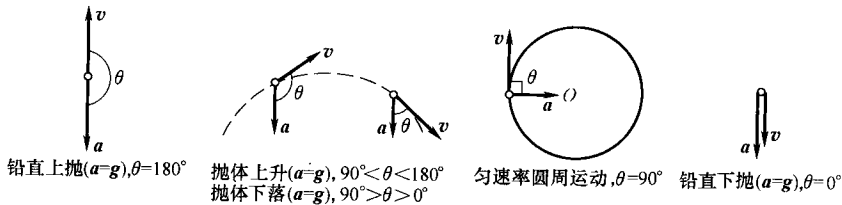


图 1.1-1

(8) 若已知质点在某时刻的位矢 r 和速度 v , 就能明确说出质点在该时刻位于何处、运动的快慢和运动方向等, 因此, r 、 v 是表述质点运动状态的量; 至于位移 Δr 和加速度 a 则是表述质点运动状态改变的量. 若 a 为恒矢量(即其大小、方向均不随时间而改变), 则质点作匀变速(匀加速或匀减速)运动, 但不一定是直线运动. 例如, 抛体运动就是一种匀变速($a=g$)的曲线运动.

(9) 在匀速直线运动中, 速度是恒量, 加速度为零; 在匀变速直线运动中, 加速度为恒量; 在曲线运动中, 某时刻速度的方向沿着它在该时刻曲线上所在点处的切线、指向运动的前进方向, 而加速度的方向或者沿曲线凹侧的法线方向(当速度大

小不变时,即切向加速度为零时,如匀速率圆周运动),或者与曲线凹侧的法线成一定的夹角(如变速圆周运动)。

(10)在物理学中,许多物理量和物理规律常需用矢量来表述,例如描述质点运动的一些物理量 r 、 Δr 、 v 、 a 等。这样,不仅形式简洁,而且意义明确。但对它们进行具体计算时,需选择合适的坐标系(通常选用直角坐标系),并将这些矢量投影到各坐标轴上,用相应的投影(即分量)来表示,就可将矢量的运算转化为对相应分量的运算。分量是标量,标量(即代数数量)的运算是大家所熟悉的,这就方便多了。

在直线运动中, x 、 Δx 、 v 、 a 等量虽是用标量表述的,但并未失去其矢量性,只不过由于它们共处于同一直线轨道上,矢量性体现在指向性上,凡指向与事先规定的 Ox 轴正向一致者取正值;相反者则取负值。

(11)求解运动学习题的基本任务是:①从已知的质点运动函数确定质点的轨道,并相继求导,可得出速度和加速度的表达式;②从已知质点的速度、加速度的表达式通过逐次积分,得出它的运动函数及轨道方程。

(12)根据教材中的介绍,质点的各种运动形式可由表 1.1-1 归纳如下:

表 1.1-1 质点的各种运动形式

运动形式	运动速度 v	加速度法向分量 a_n	加速度切向分量 a_t	加速度大小	加速度方向
匀速直线运动	v 的大小、方向都不变	$a_n = 0$	$a_t = 0$	0	
匀变速直线运动	v 的大小在改变	$a_n = 0$	$a = a_t = \frac{dv}{dt}$	$a = \left \frac{dv}{dt} \right $	沿直线
匀速率圆周运动	v 的大小不变 v 的方向在改变	$a_n = \frac{v^2}{R}$	$a_t = 0$	$a = \frac{v^2}{R}$	指向圆心 ($\alpha = 90^\circ$)
匀变速圆周运动	v 的大小均匀改变、 方向在改变	$a_n = \frac{v^2}{R}$	$a_t = \frac{dv}{dt}$	$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$	$\alpha = \arctan \frac{a_n}{a_t}$
变速圆周运动	v 的大小、方向 都在变化	$a_n = \frac{v^2}{R}$	$a_t = \frac{dv}{dt}$	$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$	$\alpha = \arctan \frac{a_n}{a_t}$

1.2 教学参考资料

在教材第 1.3.3 节中,我们给出了相对运动的绝对速度公式(1-16),即

$$v = v_0 + v_r$$

上式亦称速度相加公式。而今,若在地球上以量值很高的速度发射火箭,在此火箭上(相当于 k' 系)又以相对于它以量值很高的速度发射第二级火箭,……。原则上,只要火箭级数足够多,我们就可由上述速度相加公式得到任意大的速度。可是,爱

因斯坦在相对论中指出,在自然界中,最大的速度是光速 $c(c = 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$,任何粒子(如分子等)及其所组成的物体都不可能达到 c 这么大的极限速度.因此,上式仅在低速($v \ll c$)的情况下才近似正确.

1.3 本章问题选解

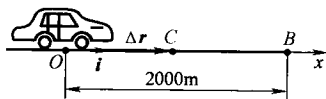
问题 1-3(2) 如问题 1-3(2) 图所示,若汽车沿平直公路(作为 Ox 轴)从 O 点出发行驶了 2000m 到达 B 点,又折回到 OB 的中点 C ,求汽车的路程和位移.

答 (2) 汽车的路程为

$$s = \overline{OB} + \overline{BC} = 2000\text{m} + 2000/2\text{m} = 3000\text{m}$$

汽车的位移为

$$\Delta r = \overrightarrow{OC} = \left(\frac{2000}{2}\text{m}\right)\mathbf{i} = (1000\text{m})\mathbf{i}$$



问题 1-3(2) 图

问题 1-4 设在湖面上的坐标系 Oxy 中,小艇的运动函数为 $r = (2t)\mathbf{i} + (3 - 8t^2)\mathbf{j}$ (SI). 求轨道方程.

解 按题设, $x = 2t, y = 3 - 8t^2$ (SI), 从这两式中消去时间 t , 即得小艇运动的轨道方程为

$$y = 3 - 2x^2$$

即小艇在坐标系 Oxy 中沿一条抛物线轨道在运动.

问题 1-5 一滚珠在竖直平面内的直角坐标系 Oxy 中循一圆形凹槽滚动,其运动函数为 $r = (\cos\pi t)\mathbf{i} + (\sin\pi t)\mathbf{j}$ (SI), 求证: 滚珠在竖直平板内沿半径为 1m 的圆周轨道运动; 并求在 $t_0 = 0$ 到 $t_1 = 1\text{s}$ 之间滚珠的位移.

解 按题设 $r = (\cos\pi t)\mathbf{i} + (\sin\pi t)\mathbf{j}$, 从中消去时间参量 t 得

$$x^2 + y^2 = 1 \quad (\text{SI})$$

即滚珠在竖直平面内绕位于坐标系原点 O 作半径为 $R = 1\text{m}$ 的圆周运动.

当 $t_0 = 0$ 时, $r_0 = \mathbf{i}$; $t_1 = 1\text{s}$ 时, $r_1 = -\mathbf{i}$, 则在 $t_0 = 0$ 到 $t_1 = 1\text{s}$ 之间滚珠的位移为

$$\Delta r = r_1 - r_0 = (-1\text{m})\mathbf{i} - (1\text{m})\mathbf{i} = (-2\text{m})\mathbf{i}$$

问题 1-6(2) 有人说:“一辆汽车的速度可达 $110\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; 它的速率以 $75\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 向东行驶”. 你觉得这种说法有何不妥?

答 正确说法应是: 汽车的速率可达 $110\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$; 而它的速度应是向东以 $75\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 行驶.

问题 1-6(3) 如问题 1-6(3) 图所示, 设一质点作平面曲线运动, 在时刻 t , 质点在 P 点, 其瞬时速度为 v , 瞬时速率为 v , 平均速度为 \bar{v} , 平均速率为 \bar{v} , 试问它们之间的下列四种关系中哪一种是正确的?

- ① $|v| = v, |\bar{v}| = \bar{v}$; ② $|v| \neq v, |\bar{v}| = \bar{v}$; ③ $|v| = v, |\bar{v}| \neq \bar{v}$; ④ $|v| \neq v, |\bar{v}| \neq \bar{v}$.

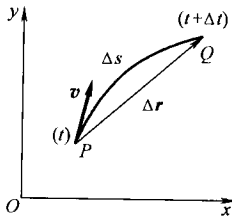
答 按定义, 有

$$|v| = (v_x^2 + v_y^2)^{1/2} = \left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 \right]^{1/2}$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \left(\frac{1}{dt}\right) \left[(dx)^2 + (dy)^2 \right]^{1/2} = \left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 \right]^{1/2}$$

$$|\bar{v}| = \left| \frac{\Delta r}{\Delta t} \right| = \frac{1}{\Delta t} \left[(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 \right]^{1/2} = \left[\left(\frac{\Delta x}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{\Delta t}\right)^2 \right]^{1/2} \neq \frac{\Delta s}{\Delta t} = \bar{v}$$

所以 $|v| = v, |\bar{v}| \neq \bar{v}$. 应选③.



问题 1-6(3) 图

问题 1-7 (1) 一人坐在行驶的汽车中, 看到后面超车的汽车速度较

实际速度慢,而看到迎面驶来的汽车速度较实际速度快,为什么?

(2) 火车向东作匀速直线运动,从车内的桌上自由落下一球,问站在车上和地面上的人看这球在下落过程中,各作什么运动? 又问:雨点竖直下降时,在行驶的火车中的乘客为什么看到雨点是倾斜落下的?

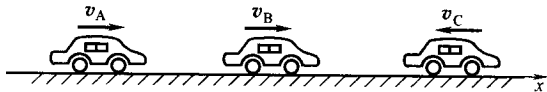
解 (1) 沿路面取 Ox 轴向右为正方向,如问题 1-7(1) 图所示,设 A、B、C 三车在地面的实际速度(即绝对速度)分别为 v_A 、 v_B 和 v_C ,以 B 车为运动参考系,即 v_B 为牵连速度,从相对运动的速度合成公式,对 A 车和 C 车,分别有

$$v_A = v_B + v_{AB}, \quad -v_C = v_B + v_{CB}$$

v_{AB} 为 A 车相对于 B 车的速度, v_{CB} 为 C 车相对 B 车的速度. 因而

$$v_{AB} = v_A - v_B < v_A \quad v_{CB} = -v_C - v_B > -v_C$$

所以 B 车中的人看到后面的 A 车变慢,迎面驶来的 C 车变快(沿 Ox 轴反向).



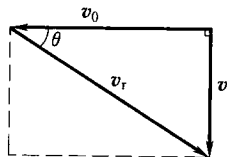
问题 1-7(1) 图

(2) 在车上的人看到此球作竖直的自由落体运动;在地面上的人看到此球向东作平抛运动. 读者可自行解释.

又如问题 1-7(2) 图所示,以地面为基本参考系,观察到雨滴竖直下落的速度 v 为绝对速度,以火车为运动参考系,设它沿水平轨道向西运动,其速度 v_0 为牵连速度,则坐在车中的人观察到雨点相对于火车的速度,即为相对速度 v_r ,按速度合成定理的表达式

$$v = v_0 + v_r$$

作矢量图,如图所示. 可见雨滴是向后以倾斜角 $\theta = \arctan \frac{v}{v_0}$ 洒落在车窗上的.



问题 1-7(2) 图

问题 1-8 (1) 试述加速度的定义. 并问 $d\mathbf{v}/dt$ 与 dv/dt 有何区别?

(2) 在某一时刻,物体的速度为零,加速度是否一定为零? 加速度为零,速度是否一定为零? 速度很大,加速度是否一定很大? 加速度很大,速度是否一定很大? 试举例说明;

答 (1) $d\mathbf{v}/dt$ 是速度矢量 \mathbf{v} 对时间 t 的变化率,定义为加速度 \mathbf{a} , 即 $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt$; 而 dv/dt 是速率 v (即速度大小) 对时间 t 的变化率.

(2) 若某一时刻的物体速度 $\mathbf{v} = 0$, 其加速度 $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt$ 不一定为零. 例如,铅直上抛的物体到达最高点时, $\mathbf{v} = 0$, 但 $\mathbf{a} = -g \neq 0$ (\mathbf{a} 的方向竖直向下).

若加速度为零, 即 $\mathbf{a} = d\mathbf{v}/dt = 0$, 则 \mathbf{v} 为恒量, 即 \mathbf{v} 不一定为零. 若 $\mathbf{v} \neq 0$, 物体作匀速直线运动; 若 $\mathbf{v} = 0$, 物体保持静止.

若物体的速度 \mathbf{v} 很大, 它的变化率 $d\mathbf{v}/dt$ 不见得很大. 例如, 一物体高速运动时, 如果运动过程中 \mathbf{v} 改变很小, 接近匀速运动情况, 则其加速度 \mathbf{a} 是很小的.

若物体的加速度 \mathbf{a} 很大, 速度 \mathbf{v} 不一定很大. 例如, 一个做初速为零的匀加速直线运动的物体, 由 $\mathbf{v} = \mathbf{a}t$ 可知, 即使它有很大的加速度, 但如果运动的时间很短, 则 \mathbf{v} 不一定很大, 只有当运动的时间足够长, 它的速度才能达到很大的值.

问题 1-9 在下列情况中, 哪一种运动是可能的?

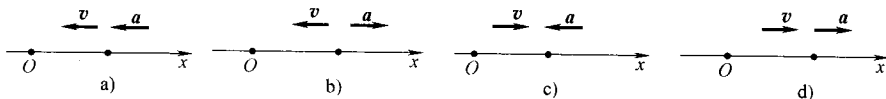
- (A) 一物体的速度为零, 但加速度不等于零;
- (B) 一物体的加速度方向朝西, 与此同时, 其速度的方向朝东;
- (C) 一物体具有恒定的速度和不等于零的加速度;
- (D) 一物体的加速度和速度都不是恒量.

答 (A), (B), (D).

问题 1-10(2) 物体在静止或作匀速直线运动时, 它们的速度和加速度各为如何?

答 物体在静止时, 速度 $v=0$, 加速度 $a=0$. 物体作匀速直线运动时, 速度 v = 恒量, 加速度 $a = dv/dt = 0$.

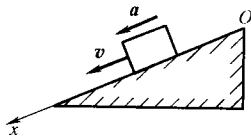
问题 1-11 质点沿 Ox 轴作直线运动时, 速度 v 和加速度 a 的方向分别如图所示, 试说明它们的运动方向; 作减速还是加速运动?



问题 1-11 图

答 在问题 1-11 图 a、b 中, 质点的速度 v 的方向 (即运动方向) 皆沿 Ox 轴负向. 在问题 1-11 图 a 中的加速度 a 与速度 v 同方向, 故沿 Ox 轴负向作加速直线运动, 在问题 1-11 图 b 中, 加速度 a 与速度 v 反向, 故沿 Ox 轴负向作减速直线运动.

在问题 1-11 图 c、d 中, 速度 v 的方向 (即运动方向) 皆沿 Ox 轴正向. 在问题 1-11 图 c 中, v 与 a 反向, 即沿 Ox 轴正向作减速直线运动; 在问题 1-11 图 d 中, v 与 a 同向, 即沿 Ox 轴正向作加速直线运动.



问题 1-12a 图

问题 1-12 设一木块在斜面顶端 O 自静止开始下滑, 沿斜面作变速直线运动, 如问题 1-12a 图所示. 以出发点 O 为原点、沿斜面向下取 Ox 轴, 则木块的运动函数为 $x = 4t^2$ (SI), 试分别绘制木块运动中的位置、速度和加速度三者与时间 t 的函数关系 $x = x(t)$ 、 $v = v(t)$ 、 $a = a(t)$ 图线, 即所谓 $x-t$ 图、 $v-t$ 图和 $a-t$ 图.

解 已知木块的运动函数为

$$x = 4t^2 \text{ m}$$

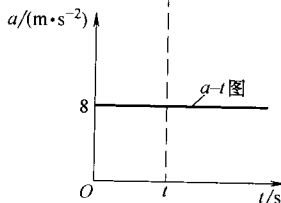
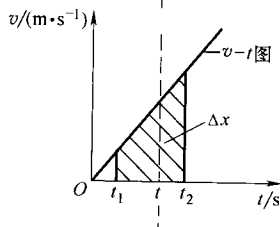
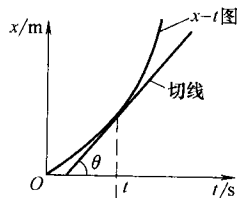
其速度为
$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}(4t^2) = 8t \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

其加速度为
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt}(8t) = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

按上述三式分别绘出 $x-t$ 图、 $v-t$ 图和 $a-t$ 图, 如图 1-12b 所示. 其中, $x-t$ 图是通过原点 O 、且位于第一象限的一条抛物线; $v-t$ 图是通过原点 O 的一条斜率为 $a = dv/dt = 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ = 恒量的一条斜线; $a-t$ 图是平行于 t 轴、且位于 t 轴上方 (因 $a > 0$) 的一条直线.

说明 从本例不难看出, 在质点的直线运动中, 根据导数的几何意义, 按速度定义式 $v = dx/dt$, $v-t$ 图线上任一时刻 t 的速度 v , 乃等于 $x-t$ 图线上相应于该时刻的切线斜率; 按加速度定义式 $a = dv/dt$, $a-t$ 图线上任一时刻 t 的加速度 a 等于 $v-t$ 图线上相应于该时刻的切线斜率. 因此, 根据 $x-t$ 图线上各点的切线斜率可以绘制出 $v-t$ 图; 根据 $v-t$ 图上各点的切线斜率可以绘制出 $a-t$ 图.

根据定积分的概念, 我们尚可借 $v-t$ 图求出质点在一段时间 $[t_1, t_2]$ 内的位移, 其值为 $v-t$ 图线与 t 轴在区间 $[t_1, t_2]$ 内所围的面积 (见图 1-12b), 即



问题 1-12b 图

$$\Delta x = x_2 - x_1 = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$$

由此,还可求平均速度,即

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt$$

问题 1-13(2) 利用问题 1-13(2) 图所示的装置可测量子弹的速度. A、B 为两块竖直的平行板,相距为 d . 使子弹水平地穿过 A 板上的小孔 S 后,射击于 B 板上. 若测得小孔 S 与 B 板上着弹点 P 之间的竖直距离 l , 使可测得子弹射入小孔 S 时的速度 v . 为什么?

解 取入射孔 S 为原点 O 的直角坐标系 Oxy , 则由平抛运动的轨道方程, 有

$$y = -\frac{1}{2} \left(\frac{g}{v^2} \right) x^2$$

以 $y = -l, x = d$ 代入, 得子弹的速度大小为

$$v = \sqrt{\frac{gd^2}{2l}}$$

因而, 测定 l 和 d 的值, 就可算出子弹的速度大小.

问题 1-14 如问题 1-14 图所示, 一颗炮弹以仰角 θ 斜射出去, 不计空气阻力, 当炮弹到达轨道上的 P 点时, 其位移 Δr 和速度 v 与 Ox 轴正向分别成 α 和 β 角. 求证:

$$2 \tan \alpha - \tan \beta = \tan \theta$$

证

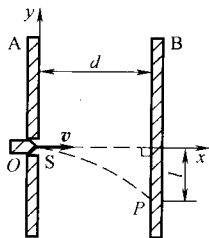
$$\tan \alpha = \frac{y}{x} = \frac{(v_0 \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2}{(v_0 \cos \theta)t} = \tan \theta - \frac{gt}{2v_0 \cos \theta} \quad \text{①}$$

$$\tan \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{v_0 \sin \theta - gt}{v_0 \cos \theta} = \tan \theta - \frac{gt}{v_0 \cos \theta} \quad \text{②}$$

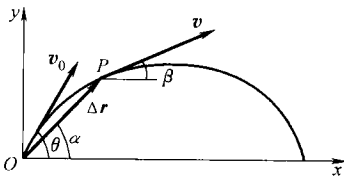
式① $\times 2$ 减式②, 得

$$2 \tan \alpha - \tan \beta = \tan \theta$$

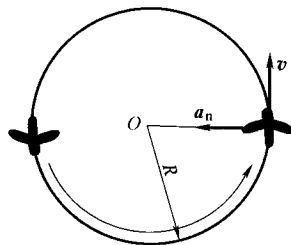
问题 1-15(3) 人体可经受 9 倍的重力加速度. 若飞机在飞行时保持 $770 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 的速率, 则飞机驾驶员沿竖直圆周轨道俯冲时, 能够安全地向上转弯的最小半径为多少?



问题 1-13(2) 图



问题 1-14 图



问题 1-15(3) 图

解 按题意, 飞机在竖直平面内作匀速率圆周运动, 它只受向心加速度, 而其值最大为 $9g = 9 \times 9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, 则有

$$\frac{v^2}{R} = 9g$$

由此得飞机沿圆周轨道俯冲时的最小半径为