



薛金星·教材全解 畅销20年
全国一亿读者首选

面向21世纪课程教材配套用书 & 配马文蔚《物理学》第五版

大学教材全解 物理学

马文蔚·第五版 上下册合订

考拉进阶《大学教材全解》编委会 编
刘维慧 徐顺福 杨积光 主编

同步辅导 + 考研复习

讲透重点难点 | 详解教材习题 | 精析考研真题 | 提升考研能力

延边大学出版社



大学教材全解

物理学

马文蔚 第五版 上下册合订

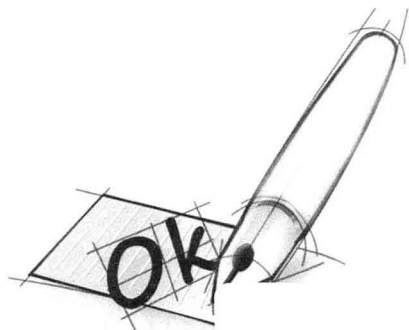
总策划：薛金星

主 编：刘维慧 徐顺福 杨积光

副主编：于 阳 宋宏伟 孟丽华 李 磊

李 鹏 邓立苗 梁 敏 赵兴华

张艳亮 王雪琴 戴曰章



延边大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理学 / 刘维慧, 徐顺福, 杨积光主编. -- 延吉 :
延边大学出版社, 2013. 5
大学教材全解
ISBN 978-7-5634-5631-4

I. ①物… II. ①刘… ②徐… ③杨… III. ①物理学
— 高等学校— 教学参考资料 IV. ①04

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第108939号



诚邀全国名师加盟

恳请各位名师对我们研发、出版的图书提出各类修订建议, 并提供相应的文字材料。我们将根据建议采用情况及时支付给您丰厚报酬。

诚征各位名师在教学过程中发现的好题、好方法、好教案、好学案等教学与考试研究成果, 一旦采用, 即付稿酬。

我们欢迎广大一线师生来信、来函、来电、上网与我们交流沟通, 为确保信息畅通, 我们特设以下几个交流平台, 供您选用:

全国服务热线 : (010)61743009 61767818

通信地址 : 北京市天通苑邮局 6503 信箱 电商营销中心(收) 邮政编码: 102218

集团网站 : <http://www.jxedue.net>

淘知网 : <http://www.taozhi.cn> <http://www.firstedubook.com>

金星天猫专营店 : <http://esysjxts.tmall.com>

盗版举报电话 : (010)61767818 13718362467

投稿邮箱 : jinxingjiaoyu@163.com

质量监督热线 : (0532)84874345

大学教材全解: 物理学

延边大学出版社出版

(吉林省延吉市公园路977号)

北京泽宇印刷有限公司印刷

发行热线: 010-61743009

开本: 720×1000毫米 1/16

印张: 27 字数: 760千字

2013年8月第1版 2013年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5634-5631-4

定价: 28.80元

前言



“教材全解”系列丛书十多年来一直是最畅销的教材辅导类图书，种类涵盖了大学、中学、小学的几十门主要学科，帮助千万学子取得了理想的成绩。为了帮助广大读者学好《物理学》这门课程，我们邀请全国各地治学严谨、业务精湛的一线名师，严格遵循教育部发布的最新高等院校教学大纲和最新研究生入学考试大纲，精心编写了这本《大学教材全解——物理学（上下册合订）》。

本书编排科学，详略得当，方法齐全，图文并茂，希望通过“教材全解”系列全心全意、解疑解难的独有特色，全面透彻地解析物理学知识，帮助读者真正吃透教材，快速提升学习能力与思维水平，轻松达到期末、考研等各项考试的测试要求。本书亦可作为教师教学参考、考研人员考前系统复习用书。

本书共分十五章，章节的划分与教材完全保持一致。每章包括五大部分内容，每部分可简述如下：

- 1 本章知识结构图解：**用网络结构图的形式揭示出本章知识点之间的有机联系，以便于学生从总体上掌握本章知识体系和核心内容。重点知识、核心知识一览无余，是考前复习的指南。
- 2 本章考试出题点：**精准定位本章在期末、考研等考试中涉及的知识点及考查方式和方向，为快速有效地备考指明方向。
- 3 本章教材内容全解：**用简洁、易懂的语言对本章涉及的基本概念、基本公式等进行了系统的梳理，并指出理解与应用时需要注意的问题及各类考试中经常考查的重要知识点。对于教材知识内容的讲解，本书比市场上同类竞品讲解得更全面，更详细，更到位。对于重要知识点和难点，我们都辅以典型例题来诠释，可谓是核心知识与典型例题完美结合，以便于读者更快速地吸收知识。
- 4 名校考研真题精析：**精选全国各地考研名校典型真题并进行权威解析。解析过程详尽、细致，步骤连贯、无跳跃，配图齐全、形象；并对解题方法进行提炼，使读者对于同类题可以“举一反三”。
- 5 本章课后习题全解：**此部分对于每章里的问题和所有习题进行详细、全面的解答，对于有代表性的习题还给出了多种解法，以培养读者归纳问题能力和发散思维能力。解题步骤详细，运用最直接、最容易想到的解答方法，以便于读者理解。

在此特别指出的是，【温馨提示】和【特别提醒】两个栏目中的内容乃点睛之笔，可谓是一语点醒梦中人！

全书内容编写系统、新颖、清晰、独到，充分体现了如下特色：

- 1 知识梳理清晰、简洁：本书直观、形象的图表总结，精炼、准确的考点提炼，权威、独到的方法归纳，将内容抽丝剥茧、层层展开，呈现给读者简明扼要、层次分明的知识结构，便于读者快速复习、高效掌握，形成稳固、扎实的知识网，为提高解题能力夯实基础。
- 2 能力提升迅速、持续：所有重点、难点、考点，统统归纳为在考试中可能出现的基本题型，结合考研真题，深入讲解，真正将掌握知识和提升解题能力高效结合。
- 3 内容深入浅出、易学易用：为适应广大读者的不同需求，本书进行了科学的编排，读者不仅可以在有教师指导的情况下使用，更可作为自学必备用书。

本书编排时博采众家之长，参考了多本同类书籍，吸取了不少养分。在此向这些书籍的编著者表示感谢！由于我们水平有限，书中难免有疏漏与不妥之处，敬请广大读者提出宝贵意见，以便我们改进。

考拉进阶教育研究院
“大学教材全解”编委会

考拉进阶会员回执卡

感谢您对“考拉进阶”图书的认可和支 持。当您购买了“考拉进阶”品牌图书的任何一本书后，请将回执卡邮寄给我们，您将马上成为“考拉进阶书友会”的会员，会不定期收到考拉进阶最新图书信息和会员活动资讯，并获得购书的折扣优惠。

“考拉进阶书友会”依托独有的众多高校和专家学者资源，为渴望实现梦想的年轻人搭建一个共同学习、互助交流的平台。书友会将不定期邀请国内外大学教授、权威人士和知名专家在全国各地与会员交流，帮助大学生提升自我，并结识志同道合的伙伴，成功实现梦想。

为了更详细地了解您对教辅图书的需要和个性化的服务要求，我们正在进行读者调研。您的每一个建议都可能成为我们今后编辑、选题的依据。您的个人信息将被妥善保密，并将只用于把我们的图书做得更好。

《大学教材全解——物理学（上下册合订）》（马文蔚 第五版）

1. 您购买本书的时间是_____年 _____月。

2. 您是通过何种途径知道和购买本书的？

他人推荐

培训班

学校书店

新华书店

图书批发市场

网络

3. 请您对本书的以下几个方面进行评价：

	很好	好	一般	差	很差
书名	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
价格	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
实用性	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
内容质量	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
装帧质量	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
封面设计	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
版式设计	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. 影响您购买本书的因素有（请按重要程度排序）：

____正文内容 ____品牌 ____封面 ____书评 ____定价 ____印刷质量

5. 您当初决定购买本书而不购买其他图书的原因是？

的确写得很好，符合我的需求

写得一般，但已经是我看过所有相关图书中最好的

没办法选择，我找不到其他相关图书

学校老师要求购买，或相信学长及同学推荐

其他

6. 您认为本书需要改进的版块是:

本章知识结构图解

本章教材内容全解

本章考试出题点

名校考研真题精析

本章课后习题全解

其他

7. 您认为本书哪部分写得最好, 为什么?

8. 您希望我们接下来出版哪种图书?

9. 您对我们图书的其他建议或意见:

会员档案

姓名: _____ 性别: _____ 年龄: _____

学校: _____ 专业: _____ 年级: _____

电话: _____ Email: _____ Q Q: _____

通信地址(含邮编): _____

现在就加入我们!

地址: 青岛市四方区淮阳路11号乙3楼 考拉进阶书友会收

邮编: 266042

Email: books@koalagogo.com

您也可以通讨邮件的方式和我们的编辑直接交流。





目录

第一章 质点运动学

本章知识结构图解	1	名校考研真题精析	5
本章考试出题点	1	本章课后习题全解	8
本章教材内容全解	1		

第二章 牛顿定律

本章知识结构图解	27	名校考研真题精析	32
本章考试出题点	27	本章课后习题全解	36
本章教材内容全解	27		

第三章 动量守恒定律和能量守恒定律

本章知识结构图解	51	名校考研真题精析	59
本章考试出题点	51	本章课后习题全解	62
本章教材内容全解	51		

第四章 刚体的转动

本章知识结构图解	79	名校考研真题精析	86
本章考试出题点	80	本章课后习题全解	91
本章教材内容全解	80		

第五章 静电场

本章知识结构图解	107	名校考研真题精析	113
本章考试出题点	107	本章课后习题全解	121
本章教材内容全解	108		

第六章 静电场中的导体和电介质

本章知识结构图解	140	名校考研真题精析	144
本章考试出题点	140	本章课后习题全解	149
本章教材内容全解	140		

第七章 恒定磁场

本章知识结构图解	166	名校考研真题精析	172
本章考试出题点	166	本章课后习题全解	180
本章教材内容全解	166		

第八章 电磁感应 电磁场

本章知识结构图解	195	名校考研真题精析	200
本章考试出题点	195	本章课后习题全解	209
本章教材内容全解	195		

第九章 振动

本章知识结构图解	222	名校考研真题精析	229
本章考试出题点	223	本章课后习题全解	234
本章教材内容全解	223		

第十章 波动

本章知识结构图解	252	本章考试出题点	253
----------------	-----	---------------	-----

本章教材内容全解	253	本章课后习题全解	274
名校考研真题精析	266		

第十一章 光学

本章知识结构图解	286	名校考研真题精析	304
本章考试出题点	287	本章课后习题全解	314
本章教材内容全解	287		

第十二章 气体动理论

本章知识结构图解	330	名校考研真题精析	338
本章考试出题点	331	本章课后习题全解	342
本章教材内容全解	331		

第十三章 热力学基础

本章知识结构图解	352	名校考研真题精析	361
本章考试出题点	353	本章课后习题全解	370
本章教材内容全解	353		

第十四章 相对论

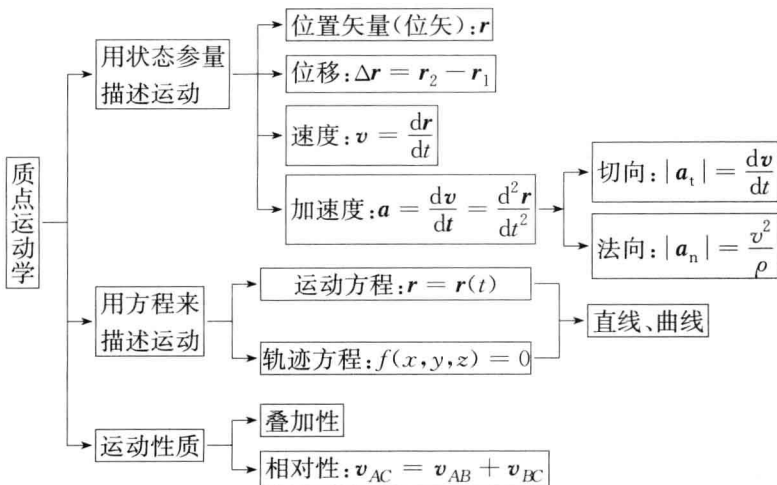
本章知识结构图解	384	名校考研真题精析	389
本章考试出题点	385	本章课后习题全解	390
本章教材内容全解	385		

第十五章 量子物理

本章知识结构图解	400	名校考研真题精析	406
本章考试出题点	400	本章课后习题全解	410
本章教材内容全解	400		

第一章 质点运动学

本章知识结构图解



本章考试出题点

1. 已知研究对象的运动状态,用积分法求其运动方程或运动轨迹。
2. 已知研究对象的运动方程或轨迹,用微分法求其某个时刻的运动状态参量。
3. 求做曲线运动的物体的加速度、法向加速度和切向加速度。
4. 用伽利略速度变化公式求解简单的相对运动问题。

本章教材内容全解

在质点运动学中主要涉及质点运动的描述问题。描述运动状态的物理参量有位矢 r 、位移 Δr 、速度 v 、加速度 a 。描述运动规律的有运动方程与运动轨迹。运动状态参量与运动方程之间在数学上是微分与积分的关系。

一、参考系与坐标系

1. 参考系

物体的运动是相对的,确定研究对象后必须事先选定某一个参照物体(或一些参照物体),以便确定其他物体相对于参照物体的位置及其变化。事先所选定的参照物体即为参考系。

2. 坐标系

坐标系即为参考系的数学抽象形式。常用的坐标系有直角坐标系、自然坐标系、平面极坐标系、球面坐标系和柱面坐标系等。

3. 自然坐标系

自然坐标系是沿质点的运动轨迹建立的坐标系。常用于分析做曲线运动的物体。自然坐标系中一个单位矢量为切向单位矢量,沿质点所在点的轨迹切线方向;另一个是法向单位矢量,垂直于在同一点的切向单位矢量而指向曲线的凹侧。

温馨提示:自然坐标系的两个单位矢量的方向是不固定的,也是随质点位置的不同而不同的。

二、描述物体运动的物理参量

1. 位置矢量(简称位矢) r

在坐标系中,某个时刻运动物体的位矢是从坐标原点指向质点所在位置的有向线段。如图 1-1 所示, r_1 为物体在 A 点的位矢, r_2 为物体在 B 点的位矢。

2. 位移 Δr

位移是指质点在一段时间 Δt 内的位置矢量的增量。在图 1-1 中物体从 A 点运动到 B 点,则位移 Δr 等于某时刻 B 点的位矢减去初时刻 A 点的位矢,即

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

温馨提示:(1) 位矢与位移都为矢量。(2) 质点的位矢与坐标系原点的选取有关,而位移与坐标系原点的选取无关。(3) 除非是定方向的直线运动,否则位移的大小与路程 Δs 一般不同,即 $\Delta s \neq |\Delta r|$,但是当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\Delta s = |\Delta r|$,记为 $ds = |dr|$ 。(4) $|\Delta r|$ 与 Δr 也不同。 $\Delta r = |r_2| - |r_1|$ 为两位矢大小之差,即图 1-1 所示中的 BC 长度;而 $|\Delta r| = |r_2 - r_1|$ 为两位矢的矢量差的大小,总有 $|\Delta r| \geq \Delta r$,只有在两位矢方向相同时才相等。

3. 速度 v

瞬时速度简称速度,速度是个矢量,用以定量地描述质点运动快慢和运动方向。运动质点在 t 瞬时的速度为

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt}$$

即速度为位矢对时间的一阶导数,方向为轨迹的切线方向,大小称为速率,它总是一个正量。

温馨提示:平均速率不等于平均速度的大小,即 $|\bar{v}| \neq \bar{v}$ 。例如,质点沿圆周运动一周,其位移为 0,平均速度为 0,因此平均速度的大小为 0,但平均速率不为 0。同时 $|\Delta v|$ 也一般不等于 Δv ,区分方法与 $|\Delta r|$ 和 Δr 相同。

(1) 速度在直角坐标系中表达式为 $v = v_x i + v_y j + v_z k$,其中 $v_x = \frac{dx}{dt}$, $v_y = \frac{dy}{dt}$, $v_z = \frac{dz}{dt}$ 。因此速率为

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} = \left| \frac{dr}{dt} \right|$$

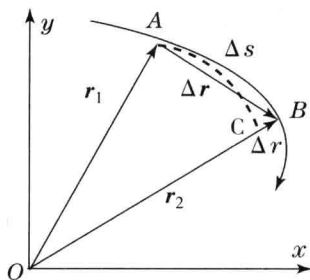


图 1-1

(2) 速度在自然坐标系中表达式为 $\boldsymbol{v} = \frac{ds}{dt} \boldsymbol{e}_t$, 速率为 $v = \frac{ds}{dt}$ 。

(3) 速度在平面极坐标中表达式为 $\boldsymbol{v} = v_r \boldsymbol{e}_r + v_\theta \boldsymbol{e}_\theta$, 其中径向分量 $v_r = \frac{dr}{dt}$, 横向分量 $v_\theta = r \frac{d\theta}{dt} = r\omega$ 。

例 1 一运动质点在某瞬时位于矢径 $r(x, y)$ 的端点处, 其速度大小为()

- A. $\frac{dr}{dt}$ B. $\frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$ C. $\frac{d|\boldsymbol{r}|}{dt}$ D. $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$

解 答案为 D。

选项 A 与选项 C 相同, 其中 $r = |\boldsymbol{r}|$ 物理含义见图 1-1 中线段 BC; 选项 B 是矢量, 为速度的定义; 选项 D 的表达方式是速度大小在 x 与 y 方向分速度大小的合成表达式, 故答案为 D。

特别提醒 本题考查速度的概念, 以及位移与位矢的区别。

4. 加速度 \boldsymbol{a}

瞬时加速度简称加速度, 加速度也是个矢量, 用以定量地描述质点速度在大小和方向上随时间变化的快慢。质点在 t 瞬时的加速度为 $\boldsymbol{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \boldsymbol{v}}{\Delta t} = \frac{d\boldsymbol{v}}{dt} = \frac{d^2 \boldsymbol{r}}{dt^2}$ 。

加速度既反映速度方向的变化, 又反映速度大小的变化。任一时刻加速度的方向并不总与速度方向相同。

(1) 在直角坐标系中: $\boldsymbol{a} = a_x \boldsymbol{i} + a_y \boldsymbol{j} + a_z \boldsymbol{k}$, 其中, $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2}$, $a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2}$, $a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2}$, 加速度 a 的大小为 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ 。

(2) 在自然坐标系中: $\boldsymbol{a} = \boldsymbol{a}_n + \boldsymbol{a}_t$, 其中, 法向加速度 $\boldsymbol{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \boldsymbol{e}_n$, 描述质点速度方向随时间变化的快慢; 切向加速度 $\boldsymbol{a}_t = \frac{dv}{dt} \boldsymbol{e}_t = \frac{d^2 s}{dt^2} \boldsymbol{e}_t$, 描述质点速度大小随时间变化的快慢。因此总的加速度大小为 $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{\rho}\right)^2}$, 方向由 $\tan \theta = \frac{a_n}{a_t}$ 表示。

例 2 质点做曲线运动, \boldsymbol{r} 表示位置矢量, \boldsymbol{v} 表示速度, \boldsymbol{a} 表示加速度, S 表示路程, a_t 表示切向加速度, 下列表达式中正确的是()

- (1) $dv/dt = a$ (2) $dr/dt = v$ (3) $dS/dt = v$ (4) $|d\boldsymbol{v}/dt| = a_t$
 A. 只有(1)、(4)是对的 B. 只有(2)、(4)是对的
 C. 只有(2)是对的 D. 只有(3)是对的

解 答案为 D。

(1) 表示切向加速度的大小; (2) 中 $r = |\boldsymbol{r}|$ 物理含义见图 1-1 中线段 BC; (3) 表示速率, 因为速度在自然坐标系中表达为 $\boldsymbol{v} = \frac{ds}{dt} \boldsymbol{e}_t$, 所以速率为 $v = \frac{ds}{dt}$; (4) 表示加速度的大小。故答案为 D。

三、最简单的曲线运动——圆周运动

质点做平面圆周运动是曲线运动中较为简单的一种运动形式,可用直角坐标系、自然坐标系或平面极坐标系描述。一般用平面极坐标系来描述更为直观。如图 1-2 所示,某时刻质点位于 A 点,它对原点 O 的位矢 r 与 Ox 轴的夹角为 θ ,则 A 点位置可用 (r, θ) 来确定,这种以 (r, θ) 为坐标的坐标系称为平面极坐标系。圆周运动方程为 $r=R, \theta=\theta(t)$,角位置 $\theta(t)$ 为时间的函数。直角坐标与极坐标之间的变换关系为 $x=r\cos\theta$ 和 $y=r\sin\theta$ 。

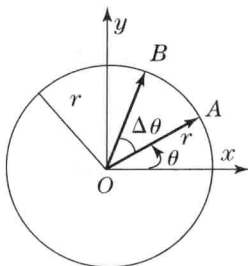


图 1-2

(1) 角速度 $\omega = \frac{d\theta}{dt}$, 描述质点在瞬时 t 角位置的变化, 国际单位是 rad/s 。

(2) 角加速度 $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$, 描述质点在瞬时 t 角速度的变化, 国际单位是 rad/s^2 。

对于匀变速率圆周运动可得三个与匀变速直线运动形式相似的公式:

$$\omega = \omega_0 + \alpha t, \theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2, \omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha(\theta - \theta_0)$$

圆周运动常用的线量与角量的关系为 $s=R\theta, v=R\omega, a_t=R\alpha, a_n=R\omega^2$ 。

温馨提示: 圆周运动完全可以用角量来描述, 后面将学到的刚体的定轴转动的描述也是如此。一般的曲线运动一般在自然坐标系中描述, 以上公式只需要把半径改为曲率半径即可。

四、相对运动

在牛顿力学范围内, 质点的位移、速度和运动轨迹等都与参考系的选择有关系。常把视为静止的参考系作为基本参考系(S系), 相对基本参考系以速度 u 匀速运动的参考系叫运动参考系(S'系)。

在某个时间段 Δt 内, 质点在 S 系看来位移为 Δr , 称为绝对位移; 质点在 S' 系看来位移为 $\Delta r'$, 称为相对位移; 并且在此时间内 S' 系相对于 S 系位移为 ΔD , 称为牵连位移。

质点相对于 S 系的速度 v 称为绝对速度; 质点相对于 S' 系的速度 v' 称为相对速度; u 称为牵连速度。它们之间满足伽利略变换式

$$\Delta r = \Delta r' + \Delta D$$

$$v = v' + u$$

温馨提示: 求解相对运动题目的步骤: (1) 从题意中找出三个对象, 一般地面为绝对系; (2) 由题意锁定所要求的对象, 剩下的一个对象则为牵连系; (3) 确定所求的是相对值(相对速率、相对位矢)还是绝对值(绝对速率、绝对位矢); (4) 利用矢量的合成(在图上利用矢量三角形法则)求解。

例 3 一人以速率 v 西行, 有同速率风由北偏东 30° 方向吹来, 此人感到风从何方吹来?

解 题意出现三个对象: 人、风、地(隐含在题意中), 确定所求的对象是风, 而且是求风的相

对速度(可从人感到风读出),即求风相对于人的速度。题中三个对象,除了要求的对象——风,其他两个对象:地面为绝对参考系(一般都选地面);人为相对参考系。人相对于地的速度为牵连速度,风对人的速度为相对速度。

$$\begin{aligned} \mathbf{v}' &= \mathbf{v} - \mathbf{u} \\ \mathbf{u} &= \mathbf{v} \end{aligned} \quad \text{矢量的减法}$$

在图 1-3 中由三角形法则 $\mathbf{v}' = \mathbf{v} - \mathbf{u}$, 人感觉从北偏西 30° 方向吹来。

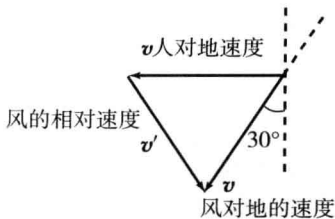


图 1-3

特别提醒:注意“吹来”与“吹去”正好方向相反。也可以利用公式 $\mathbf{v}_{AC} = \mathbf{v}_{AB} + \mathbf{v}_{BC}$ 求解,从此式下标中可以看出三个研究对象 A、B、C 之间的关系。

名校考研真题精析

1. (南京理工大学)一质点做平面运动,运动方程为 $\mathbf{r} = (2\sin \omega t)\mathbf{i} + (3\cos \omega t)\mathbf{j}$, ω 为常量,则 t 时刻质点的速度为_____。加速度为_____。

解 答案为 $\mathbf{v} = (2\omega \cos \omega t)\mathbf{i} - (3\omega \sin \omega t)\mathbf{j}$; $\mathbf{a} = -(2\omega^2 \sin \omega t)\mathbf{i} - (3\omega^2 \cos \omega t)\mathbf{j}$ 。

由题意知位移在 x, y 方向的分量 $x = 2\sin \omega t, y = 3\cos \omega t$ 。所以利用速度、加速度的定义

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j}$$

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\mathbf{j}$$

得 $\mathbf{v} = (2\omega \cos \omega t)\mathbf{i} - (3\omega \sin \omega t)\mathbf{j}$, 加速度为 $\mathbf{a} = -(2\omega^2 \sin \omega t)\mathbf{i} - (3\omega^2 \cos \omega t)\mathbf{j}$ 。

2. (南京理工大学)已知一电子的运动方程可表示为 $\mathbf{r} = b\cos \omega t\mathbf{i} + b\sin \omega t\mathbf{j} + at\mathbf{k}$, 式中 a, b 为常数, t 以秒计, r 以米计,则在 t 时刻,电子的速度为_____ , 加速度为_____。

解 答案为 $\mathbf{v} = -b\omega \sin \omega t\mathbf{i} + b\omega \cos \omega t\mathbf{j} + a\mathbf{k}$; $\mathbf{a} = -b\omega^2 \cos \omega t\mathbf{i} - b\omega^2 \sin \omega t\mathbf{j}$ 。

此题考查知识点与上题相同,即速度与加速度的定义,只是本题位移有三个分量。利用公式

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\mathbf{i} + \frac{dy}{dt}\mathbf{j} + \frac{dz}{dt}\mathbf{k}, \mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2\mathbf{r}}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}\mathbf{i} + \frac{d^2y}{dt^2}\mathbf{j} + \frac{d^2z}{dt^2}\mathbf{k}$$
 即可求出答案。

3. (中国科学院)一质点在 $t=0$ 时从原点出发,以速度 v_0 沿 x 轴运动。其加速度与速度的关系为 $a = -kv^2$, k 为正常数,则 v 与 x 的关系为()

A. $v = v_0 \left(1 - \frac{x}{2v_0^2}\right)$ B. $v = v_0 \sqrt{1 - x^2}$ C. $v = v_0 e^{-kx}$ D. 都不对

解 答案为 C。

已知条件 $a = -kv^2$, 式中已有 v , 要求 v 与 x 的关系, 则需找到加速度 a 与 x 的关系。直线运

动中由 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v$, 消掉时间 dt , 得

$$\frac{dv}{dx} v = -kv^2, \frac{dv}{v} = -k dx$$

两边积分得 $\int_{v_0}^v \frac{dv}{v} = \int_0^x -k dx$, $\ln \frac{v}{v_0} = -kx$

即

$$v = v_0 e^{-kx}$$

特别提醒: 利用本章消时间的技巧 $a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \frac{dx}{dt} = \frac{dv}{dx} v$, 利用 $v = \frac{dx}{dt}$ 将 dt 消掉且引入另一个变量 x , 从而得到 v 与 x 的关系。

4. (南京理工大学) 一质点做直线运动, 运动方程为 $x = 3 + 3t^2 - t^3$ ($t > 0$) (SI), 则该质点 $t = 1$ s 时, $v =$ _____; 在 $t =$ _____ 时, 质点开始做减速直线运动。

解 答案为 $v = 3$ m/s; $t = 1$ s。

由直线运动中速度大小的定义得

$$v = \frac{dx}{dt} = 6t - 3t^2 = 6 - 3 = 3 \text{ m/s}$$

由直线运动中加速度大小的定义得 $a = \frac{dv}{dt} = 6 - 6t$, 当 $t = 1$ s 时加速度为 0, $t > 1$ s 后速度与加速度方向相反, 质点开始做减速直线运动。

5. (南京航空航天大学) 已知质点沿 x 轴做直线运动, 其运动方程为 $x(t) = 10t^2 - 5t$ (m), 选 x 轴正方向向右, 则质点在 $t = 0$ 时刻沿 _____ 方向运动, 经过 _____ (s) 质点的运动方向发生变化。

解 答案为负; 0.25 s。

由于质点做直线运动, 所以 $v = \frac{dx}{dt} = 20t - 5$, $t = 0$ 时刻 $v = -5$ m/s < 0 , 所以沿 x 轴负方向; 当 $v = 0$ 即 $t = 0.25$ s 后速度开始大于零, 沿 x 轴正方向运动。

特别提醒: 质点做直线运动速度与运动方程的关系 $v = dx/dt$, 速度正负决定了其与 x 轴方向的关系。

6. (浙江大学) 一个质量为 m 的质点, 沿 x 轴做直线运动, 受到的作用力为 $F = F_0 \cos \omega t \mathbf{i}$ (SI), $t = 0$ 时刻, 质点的位置坐标为 x_0 , 初速度 $v = 0$ 。试写出质点的位置坐标和时间的关系式。

解 $F = F_0 \cos \omega t \mathbf{i} = ma \mathbf{i}$, 所以, $a = \frac{dv}{dt} = \frac{F_0 \cos \omega t}{m} \mathbf{i}$

两边同时积分得 $\int_0^v dv = \int_0^t \frac{F_0 \cos \omega t}{m} \mathbf{i} dt$, 所以, $v = \frac{F_0 \sin \omega t}{\omega m} \mathbf{i}$

$v = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} = \frac{F_0 \sin \omega t}{\omega m} \mathbf{i}$, 再由两边同时积分, 得 $\int_{x_0}^x dx \mathbf{i} = \int_0^t \frac{F_0 \sin \omega t}{\omega m} \mathbf{i} dt$

所以位置坐标与时间的关系为 $x = (x_0 - \frac{F_0 \cos \omega t}{\omega^2 m})i$

特别提醒:此题考查了本章第一类问题,即已知运动状态求运动方程。利用牛顿第二定律求加速度后依次积分可得。

7. (浙江大学)已知某质点的运动方程为 $x = 3\cos 4t, y = 3\sin 4t$ (SI),该质点的切向加速度和法向加速度各为多少?

解 由质点的运动方程消掉时间变量 t ,可得质点的轨迹方程为

$$x^2 + y^2 = 9$$

即质点做半径 $r = 3$ 的圆周运动,圆心在坐标原点。

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -12\sin 4t, v_y = \frac{dy}{dt} = 12\cos 4t; v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = 12 \text{ (m/s)}$$

速度大小是一常量,说明质点在做匀速率圆周运动,所以

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 0, a_n = \frac{v^2}{r} = 48 \text{ m/s}^2$$

特别提醒:本题也可利用题意已知的角速度 $\omega = 4 \text{ rad/s}$,由公式得 $a_n = \omega^2 r = 48 \text{ m/s}^2$ 。

8. (北京市联合命题)质点沿半径为 R 的圆运动,运动方程为 $\theta = 3 + 2t^2$ (SI),则 t 时刻质点的法向加速度大小为 $a_n =$ _____;角加速度 $\beta =$ _____。

解 答案为 $a_n = 16t^2 R (\text{m/s}^2); \beta = 4 \text{ rad/s}^2$ 。

已知运动方程,由角速度与角坐标关系得 $\omega = \frac{d\theta}{dt} = 4t$,则 $a_n = \omega^2 R = 16t^2 R$;再由 $\beta = \frac{d\omega}{dt} = 4 \text{ rad/s}^2$ 。

特别提醒:考查法向加速度公式与角量间的关系 $a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$,及本章第一类问题已知运动方程求运动状态,切记勿忘单位。

9. (北京市联合命题)一质点在平面上做曲线运动,其瞬时速度为 \boldsymbol{v} ,瞬时速率为 V ,某一段时间内的平均速度为 $\bar{\boldsymbol{v}}$,平均速率为 \bar{V} ,它们之间的关系必定有 ()

A. $|\boldsymbol{v}| = V, |\bar{\boldsymbol{v}}| = \bar{V}$

B. $|\boldsymbol{v}| \neq V, |\bar{\boldsymbol{v}}| = \bar{V}$

C. $|\boldsymbol{v}| \neq V, |\bar{\boldsymbol{v}}| \neq \bar{V}$

D. $|\boldsymbol{v}| = V, |\bar{\boldsymbol{v}}| \neq \bar{V}$

解 答案为 D。

选项 A 中错在 $|\bar{\boldsymbol{v}}| = \bar{V}$, $|\bar{\boldsymbol{v}}|$ 表示速度(带方向)平均的大小,而 \bar{V} 表示速率的平均,两者一般不相等;B 中两项都错,前者 $|\boldsymbol{v}| = V$ 是对的;C 中 $|\boldsymbol{v}| \neq V$ 错误, $|\bar{\boldsymbol{v}}| \neq \bar{V}$ 对。因此答案为 D。

特别提醒:解题关键分清 $|\bar{\boldsymbol{v}}|$ 是矢量 \boldsymbol{v} 求平均,关系到方向问题;它与标量 V 求平均值是不同的,标量没有方向。