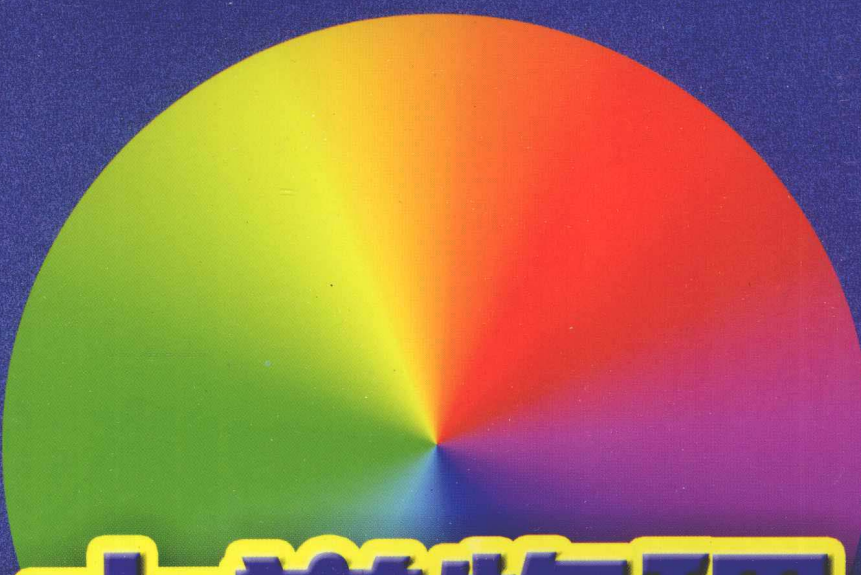


山东省精品课程《大学物理》辅助教材

DAXUE
WULI
XUEXI
ZHIDAO



大学物理 学习指导

王世范 张鲁殷 主编

山东大学出版社

大学物理学习指导

主 编	王世范	张鲁殷		
上篇主编	杨积光	周 薇	张玉萍	
下篇主编	王守海	周明东	徐 岩	
副 主 编	(按姓氏笔画为序)			
	石宗华	刘启鑫	陈 达	刘 静
	孟丽华	宋宏伟	宋德柱	邱黛君
	张艳亮	徐 洋		

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习指导/王世范,张鲁殷主编. —济南:
山东大学出版社,2011. 1
ISBN 978-7-5607-4299 -1

I. ①大…

II. ①王…②张…

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(2011)第 012334 号

山东大学出版社出版发行
(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)
山东省新华书店经销
山东汇文印务有限公司印刷
787×1092 毫米 1/16 12.75 印张 290 千字
2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷
定价:23.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

《大学物理学习指导》

编委会

编委名单

王世范	张鲁殷	干耀国	石仁斌	杨积光
周 薇	王守海	周 强	贾 敏	徐世林
申庆徽	刘启鑫	王翠玲	梁 敏	王岩庆
李 鹏	周明东	李德华	徐 岩	徐 洋
王学水	石宗华	陈 兵	张玉萍	李照鑫
宋宏伟	张玉梅	张会云	金荧荧	李培森
武加伦	姜 琳	于 阳	孟丽华	王雪芹
刘 静	张艳亮	邱黛君	刘维慧	赵兴华
陈 达	宋德祝	王璟璟		

前 言

大学物理学是理工科各专业的一门重要基础课,同时也是全国硕士研究生入学考试的专业科目之一。与高中物理相比,大学物理的理论更加抽象,逻辑推理更加严密。对于学生而言,往往对大学物理的概念和理论感到抽象难懂,解决问题缺少思路和方法。我们编著本书的目的就是帮助学生尽快明确学习要求,理清知识脉络,尽快完成学习方法和思维方式的转变,掌握解题的思路和方法,提高综合应用所学知识、分析问题和解决问题的能力,为后继课程的学习和将来的考研打下坚实的基础。

本书共分 22 章,次序安排与上海交通大学出版社《大学物理学》相一致,每章由四大知识版块组成:

一、教学目的和要求 按大学物理教学大纲的要求,明确本章的重点、难点及应掌握的程度。

二、内容精讲 从本章提出的主要问题、解决问题的主要思路和方法、主要知识点及应用三个方面系统阐述了本章要点,便于学生理清知识脉络、方便检索。

三、例题精选 这是本书的特色,选题力求涵盖各类题型,着重分析解决问题的思路和方法,部分例题给出多种解题方法,并加以分析,以开拓思路,使同学更好地巩固物理基本概念,掌握解决问题的方法和技巧。

四、习题与自测试题 每章均有各种类型习题,并在书后附有解答,方便学生参考。每册有两套模拟测试题,并附有解答,方便同学自测。

本书是王世范教授主持的山东省高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划项目和山东省级精品课程《大学物理》配套教材,经过多年的使用,修改整理而成。参加本书编著的主要人员都是山东省省级精品课程《大学物理》课题组的成员,长期工作在大学物理教学第一线。在编写过程中,我们力求阐明重点,突出解题过程中的思路和方法,力求将每位教师多年的教学经验与体会渗透到各章的内容之中,使学生在目标更明确、思考更深刻、总结更全面清晰。

本书分上、下两篇,由王世范、张鲁殷负责最后统一审稿。全书的文字部分由杨积光、周薇、王守海、周明东、徐岩、张玉萍统稿,具体分工是:第 1~4 章



由周薇、宋宏伟编写；第 6~8 章由王守海、刘启鑫编写；第 9~10 章由周薇、宋宏伟编写；第 5、11~13 章由徐岩、陈达编写；第 14~17 章由周明东、张艳亮编写；第 18~22 章由张玉萍、孟丽华编写，模拟题目由杨积光、刘静编写。

本书是在《大学物理精讲精练》第一版、第二版的基础上，经过修改充实而成。在编写过程中，我们参考了许多书籍及文献，限于篇幅，我们在书末只列出了部分参考文献，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，谬误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月于青岛

目 录

绪 论	(1)
-----	-----



第一章 质点运动学	(5)
第二章 质点运动定律	(10)
第三章 机械能和功	(15)
第四章 动量和角动量	(22)
第五章 刚体力学基础	(29)
第六章 狭义相对论基础	(37)
第七章 机械振动	(44)
第八章 机械波	(52)
第九章 平衡态与分子热运动的统计规律	(66)
第十章 热力学定律	(73)
模拟试卷(A 卷)	(82)
模拟试卷(B 卷)	(86)
模拟试卷标准答案(A 卷)	(90)
模拟试卷标准答案(B 卷)	(92)



第十一章 静电场	(94)
第十二章 导体电学	(103)
第十三章 电介质	(108)
第十四章 稳恒磁场	(111)
第十五章 磁介质	(121)
第十六章 变化的电磁场	(124)
第十七章 电磁波	(133)
第十八章 光的干涉	(135)
第十九章 光的衍射	(143)



第二十章 光的偏振.....	(149)
第二十一章 量子光学基础.....	(153)
第二十二章 量子力学基础.....	(161)
模拟试卷(A 卷)	(172)
模拟试卷(B 卷)	(176)
模拟试卷标准答案(A 卷)	(180)
模拟试卷标准答案(B 卷)	(182)
练习题答案	(184)
主要参考文献	(194)

绪 论

一、什么是物理学

自然界由物质组成,物质世界中包含着无限多样的物质形态。物质处于永恒的、不停的运动之中,运动是物质的基本属性,广袤无垠的宇宙就是浩瀚的、永远运动的物质总体,时间与空间则是物质的存在形式。物质间存在相互作用。

1. 研究内容

物理学研究宇宙间物质存在的各种主要的基本形式,它们的具体性质、运动和转化以及内部结构;从而认识这些结构的组元及其相互作用、运动和转化的基本规律。

物理学的各分支学科是按物质的不同存在形式和不同运动形式划分的,如力学、热学、电磁学、光学、原子物理、量子力学……每一个分支学科都与一、两种运动形式相对应。人类对自然界的认识来源于实践,而实践的广度和深度有着历史的局限性,随着实践的扩展和深入,物理学的内容也不断扩展、深入。新的分支学科陆续形成,已有的分支学科日趋成熟,应用也日益广泛。

客观世界是一个内部存在着普遍联系的统一体,物理学各分支学科相互渗透,物理学家力图寻找物质的最基本规律,从而去统一地理解一切物理现象。建立统一理论是现代物理研究的重要方向之一,有时我们似乎已很接近目标,但随着新现象的不断出现,这一目标又变得更遥远。显然,人类对自然界的探索和研究将永无止境。

2. 研究范围

物理学所研究的范围极其宽广。研究对象的尺度从半径为 10^{-15}m 微小的质子,直到目前可探测到的、远在 10^{26}m 外的类星体。涉及的时间从短到 10^{-25}s 的最不稳定粒子的寿命,到长达 10^{39}s 的质子的寿命。

物理学所研究的粒子和原子,构成了蛋白质、基因、器官、生物体、一切人造的和天然的物质、陆地、海洋、大气……因此,物理学构成了化学、生物学、材料科学和地球物理学等学科的基础。物理学的基本概念、基本理论和科技成果广泛地应用在所有自然科学领域之中。所以,物理学是一切自然科学的基础。

3. 研究成果

物理学的研究成果,广泛而直接地影响着社会生产和人类生活的各个方面,是科学技术和社会发展的强大动力。18世纪60年代开始的第一次技术革命,主要的标志是蒸汽机的发明及广泛的应用,这是牛顿力学和热力学发展的结果。19世纪70年代开始的第二次技术革命,主要的标志是电力的广泛应用和无线电通信的实现,它是电磁学发展的结果。20世纪40年代兴起并一直延续到今天的第三次技术革命,出现了一系列的高新技术,并在此基础上诞生了大量的新产品和新装置,使人类的物质生产和精神生活产生了难



以想象的巨大变化,这是近代物理学发展的结果。

二、物理学发展史

可以简单地划分成两个时期,包含四个主要理论。

1. 经典物理学时期——19 世纪末以前

经典力学——研究人体尺度物体的运动($v \ll c$)及其相互作用。

电磁学——研究带电物体的运动及其相互作用,描述磁现象。

2. 近代物理学时期——19 世纪末至今

狭义相对论——澄清时间和空间的概念。

量子力学——研究各种物体的运动及其相互作用。

三、为什么要学习大学物理

1. 意义

物理学研究特别简单的系统,例如质点、刚体、弹簧振子、理想气体、单个原子等。揭示这些简单系统的基本性质和规律所采用的科学方法,常比其他自然科学中所用的方法要简明清晰得多。因此,物理学被认为是“科学方法”的典范。

物理学的基本理论渗透在自然科学的一切领域之中。以物理学最基本的概念、理论为内容的大学物理课程,它所包含的经典理论、近代理论以及它们的实际应用,处理问题、解决问题、寻找规律、建立基本理论的科学方法,这些都是一个高级工程技术人员所必须了解和掌握的。任何一门课程都不能像大学物理那样全面、系统、完整地培养学生各方面的能力。大学物理的基本概念以及基本原理固然重要,但更重要的却是它的科学思维方式,解决、处理、研究问题的方法。

物理学是一门实验科学,它的定律是观察和实验的概括,理论的正确与否最终要靠实验来检验。物理学的研究方法遵循实践—认识—再实践—再认识的认识论的法则。建立物理理论的一般过程为:实验—理论(建立理想模型,提出假设,找出规律)—实验—理论,整个过程始终贯穿着辩证唯物主义世界观和方法论。

2. 特色

在同学们学习的各门课程中,大学物理课肩负着特殊而又重要的任务。数学、英语和计算机等课程,在很多地方具有“工具”性质,而物理学则在很多地方具有“方法”性质。某种“方法”通常需将各种知识及理论相互贯通、融为一体,它已不是单独由那一门课程所能学到的东西了。学生在学习物理理论以及求解物理习题时,常常要根据实际情况、挖掘所有信息(已知条件),在头脑中进行分析、筛选、综合加工,直至获得正确的结论。对很多学生来说,物理难学,实际上难就难在这一点上。由于种种原因,一些学校急功近利,青睐题海战术,没给学生留出足够的思考分析时间,使他们对所学的知识,知其然而不知其所以然,囫圇吞枣、死记硬背。此种教学方式,使学生养成了依赖记忆简单地套用公式解题的习惯,甚至不分青红皂白、生搬硬套,有时结论大悖常理。久而久之,头脑难以快速灵活运转,面对那些需要多个理论和公式、已知条件不明显、过程比较复杂的物理题,也就脑中空空一筹莫展了。

3. 目的

低年级学生开设大学物理课,不仅是为了打好学习其他专业知识的基础,也是希望学



生能掌握更科学的学习方法和研究方法,以及培养他们独立获取知识、解决实际问题的能力。这是一门任何其他课程无法比拟和替代的课程,具有培养学生逻辑推理、归纳总结、综合分析等能力的重要作用。它的效果有时也不像其他课程那样直接而明显(如英语、计算机),在很多方面具有潜在的作用,而“潜力大”则正是我们培养理工科大学生具有“后劲”的基础。通过物理课的学习,还可以使学生养成严肃认真、一丝不苟、勤于思考、吃苦耐劳的优良品质。总之,学好大学物理不仅对学生在校期间的学习十分重要,而且对他们毕业后的工作和进一步学习新知识、新理论、新技术,以及进行科研创新等等,都将有极大的影响。

四、如何学好大学物理

1. 掌握正确的学习方法

明确“教材为心,多方突破,循序渐进,融会贯通”的普遍学习方法。通常,学习一种新理论或新知识,总是先选定一本具有代表性的、较好的书,而后采取种种手段(阅读、参考其他相关资料、多方求教、做实验……)将其弄懂、吃透。大学物理课程的教学就是按照这一过程展开的。为了掌握教材中的理论和知识,采取如下步骤:

(1)课前预习。培养自学能力,对有疑问的内容作针对性的听课和记录(看第一遍书)。

(2)听课。弄懂有疑问的部分,发现自学理解错误的内容,又出现问题(记笔记)。

(3)看书。进一步弄懂课堂讲授的内容,对照笔记解决出现的问题(看第二遍书)。

(4)做作业。发现新问题,培养解决处理问题的能力,养成踏踏实实、一丝不苟、仔细认真的良好习惯。

(5)辅导答疑、同学之间进行讨论。解决问题、发现问题,加深对教材的理解。

(6)批改作业。发现错误,纠正错误。

(7)总复习。逐字逐句通读全书,理解、掌握所学内容并将之串为一体(看第三遍书)。

(8)考试。检验学习情况,再次发现问题并解决之。

2. 抓住基本问题

深刻理解基本概念,牢固掌握基本规律,熟练应用基本理论。

(1)对相应的物理现象做仔细的观察和研究,加深概念的理解和掌握。

(2)注意物理规律的两种表述——文字描述和数学公式表示。

对于文字描述,要逐字逐句的仔细推敲,深刻理解其揭示的物理规律。

对数学公式表示,结合物理模型搞清其来龙去脉及物理意义,注意适用条件和单位。

(3)通过做题,深入理解并熟练应用所学基本理论。

3. 注意与中学物理的区别

标量 $\Rightarrow$ 矢量;恒量为主 $\Rightarrow$ 变量为主;定性分析 $\Rightarrow$ 定量计算。

4. 打好数学基础

要想学好物理,必须有良好的数学知识作为基础。尤其要注意以下几个方面:

坐标系的建立和使用;导数和积分的来历及意义;标量积;矢量积;通量与环流。

5. 基本要求

(1)课前预习,上课注意听讲,记笔记。

(2)由基本定律导出的定理和重要规律,课下都要认真推证(如质点和质点系的动能



定理、动量定理、动量守恒、机械能守恒,理想气体压强公式……)。

(3)按时完成作业,不抄袭。作业书写工整、论述清晰、有理有据,要分析结果的合理性。认真研究批改后的作业,做错的地方立即纠正或重做。

(4)有问题问老师或同学,及时弄懂,不要拖延。

(5)书上的例题要细心阅读、思考、动笔做,每章后面的“问题”要仔细分析论证。



第一章 质点运动学

【教学目的和要求】

1. 掌握位置矢量、位移、速度、加速度、角速度和角加速度等描述质点运动和运动变化的物理量(即描述质点的状态及状态的变化)。
2. 能计算质点在平面内运动时的速度、加速度。
3. 能计算质点作圆周运动时的切向加速度和法向加速度。

【重点和难点】

1. 描述质点运动的四个基本物理量——位置矢量、位移、速度和加速度。
2. 自然坐标系中切向加速度、法向加速度的计算。

【内容精讲】

1. 参考系与坐标系

自然界中物质的运动是永恒的,大到天体运行,小到分子的热运动,而静止是相对的,因此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。

坐标系是参考系的数学抽象,当然两者相对静止。常用的有直角坐标系、自然坐标系、平面极坐标系、球面和柱面坐标系等。自然坐标系是沿质点的运动轨道建立的坐标系。自然坐标系中一个单位矢量为切向单位矢量,沿质点所在点的轨道切线方向,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。可见这两个单位矢量的方向,也是随质点位置的不同而不同的。

2. 质点的运动方程

质点在空间的位置由坐标原点 O 指向质点位置 P 的一个矢量 $\mathbf{r} = \overrightarrow{OP}$ 来表示。 $\mathbf{r}$ 称为位置矢量,简称位矢,位矢的大小和方向与参照系选择有关。质点在空间运动时,位矢 $\mathbf{r}$ 为时间 t 的函数,也称为质点的运动方程。直角坐标系中表示为 $\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k}$,平面极坐标中表示为 $\mathbf{r} = r(t)\mathbf{e}_r$,可以写成两个方向分量方程: $r = r(t)$, $\theta = \theta(t)$ 。自然坐标系中以质点到原点的路程 s 作为坐标,运动方程写为 $s = s(t)$ 。质点



运动方程包含了质点运动的所有信息,可以进一步求速度和加速度等物理量,也可以求轨道方程,如平面上质点运动方程为 $x=t, y=t^2$, 得轨道方程为 $y=x^2$ (抛物线)。

3. 位移

质点在 Δt 时间内的位置矢量的增量: $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}' - \mathbf{r}$, 称为位移, 如图 1-1 所示。质点的矢量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, 只表示位置变化的实际效果, 为一矢量。

应注意以下两点:

(1) 位移大小一般与质点经历的路程不同, 即 $\Delta s \neq |\Delta \mathbf{r}|$, 但是当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时, $\Delta s = |\Delta \mathbf{r}|$, 记为 $ds = |d\mathbf{r}|$ 。

(2) $|\Delta \mathbf{r}|$ 与 Δr 也不同。 $\Delta r = |r_2| - |r_1|$, 为两位矢大小之差; 而 $|\Delta \mathbf{r}| = |r_2 - r_1|$, 为两位矢的矢量差的大小, 总有 $|\Delta \mathbf{r}| \geq \Delta r$, 只有在两位矢方向相同时才相等。

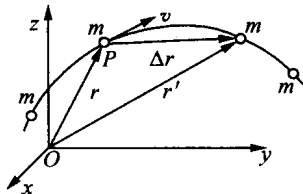


图 1-1

4. 速度

瞬时速度, 简称速度, 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: $\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}$ 。

速度为位矢对时间的一阶导数, 方向为轨道的切线方向。速度的大小称为速率, 速率总是一个正量。要注意平均速率一般不等于平均速度的大小, 即: $|\bar{\mathbf{v}}| \neq \bar{v}$ 。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。

(1) 速度在直角坐标系中表达为: $\mathbf{v} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k}$

其中: $v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$

因此速率为: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}$ 。

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

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

5. 加速度

瞬时加速度, 简称加速度, 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: $\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}$

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通常不与速度方向相同。

在直角坐标系中: $\mathbf{a} = a_x \mathbf{i} + a_y \mathbf{j} + a_z \mathbf{k}$

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 $\mathbf{a}$ 的大小为 $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ 。



在自然坐标系中: $\mathbf{a} = \mathbf{a}_n + \mathbf{a}_t$, 其中, 法向加速度 $\mathbf{a}_n = \frac{v^2}{\rho} \mathbf{e}_n$, 描述质点速度方向随时间变化的快慢; 切向加速度 $\mathbf{a}_t = \frac{dv}{dt} \mathbf{e}_t = \frac{d^2 s}{dt^2} \mathbf{e}_t$, 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。

6. 圆周运动

质点作平面圆周运动时, 可用自然坐标系或平面极坐标系描述, 运动方程为 $r = R$, $\theta = \theta(t)$, 角位置为时间的函数。

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 。

角加速度 $\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$, 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:

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

圆周运动常用到线量与角量的关系为: $s = R\theta, v = R\omega, a_t = R\beta, a_n = R\omega^2$

对于圆周运动完全可以用角量来描述, 以后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。

7. 质点运动学两类问题

一类问题是由运动方程求质点的各物理量以及运动轨迹。方法是通过求导来得到速度和加速度; 通过消参数来求轨道方程。

另一类问题是由速度或者加速度以及初始条件来求运动方程。方法是积分。

8. 相对运动

对于两个有相对运动的参考系 S, S' , 若 S' 相对于 S 作平动的速度为 $\mathbf{u}$, 质点相对于 S 的速度为 $\mathbf{v}$, 相对于 S' 的速度为 $\mathbf{v}'$, 则有

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}' + \mathbf{u}$$

其中 $\mathbf{v}$ 称为绝对速度, $\mathbf{v}'$ 称为相对速度, $\mathbf{u}$ 称为牵连速度。

9. 本章小结

(1) 描述运动物理量的矢量性。质点的运动的变化常常随着大小和方向的变化而变化, 因此描述质点运动的物理量——位置矢量、位移、速度、加速度等都是矢量。它们的运算遵循矢量的运算法则。并且要注意位移和路程、平均速度和平均速率的区别。

(2) 运动的相对性。物体运动的描述在不同的参考系中是不一样的, 因此在对物体的运动进行描述之前要选择合适的坐标系, 搞清楚有关物理量在各个参考系中的数值和方向, 在解题中要特别注意运算时的物理量的矢量性。

【例题精选】

例 1-1 两辆车 A 和 B , 在笔直的公路上同向行驶, 它们从同一起始线上同时出发, 且由出发点开始计时, 行驶的距离 x 与行驶时间 t 的函数关系式: $x_A = 4t + t^2, x_B = 2t^2 +$



$2t^3$ (SI), 它们刚离开出发点时, 行驶在前面的一辆车是_____; 出发后, 两辆车行驶距离相同的时刻是_____。

例 1-2 已知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. $\frac{dr}{dt}$ C. $\frac{d|r|}{dt}$ D. $\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}$

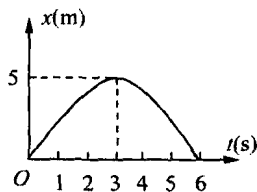
例 1-3 一质点在平面上作一般曲线运动, 其瞬时速度为 $\mathbf{v}$, 瞬时速率为 v , 某一时间内的平均速度为 $\bar{\mathbf{v}}$, 平均速率为 $\bar{v}$, 它们之间的关系必定有 ()

- A. $|\mathbf{v}| = v, |\bar{\mathbf{v}}| = \bar{v}$ B. $|\mathbf{v}| \neq v, |\bar{\mathbf{v}}| = \bar{v}$
C. $|\mathbf{v}| \neq \bar{v}, |\bar{\mathbf{v}}| \neq \bar{v}$ D. $|\mathbf{v}| = v, |\bar{\mathbf{v}}| \neq \bar{v}$

例 1-4 一质点在平面上运动, 已知质点位置矢量的表示式为 $\mathbf{r} = at^2\mathbf{i} + bt^2\mathbf{j}$ (其中 a 、 b 为常量), 则该质点作 ()

- A. 匀速直线运动 B. 变速直线运动
C. 抛物线运动 D. 一般曲线运动

例 1-5 如图所示, 一质点作直线运动, 其坐标 x 与时间 t 的关系曲线如图所示, 则该质点在第_____秒瞬时速度为零; 在第_____秒至第 6 秒间速度与加速度同方向。



例题 1-5 图

例 1-6 下列说法哪一条正确? ()

- A. 加速度恒定不变时, 物体运动方向也不变
B. 平均速率等于平均速度的大小
C. 不管加速度如何, 平均速率表达式可以写成 (v_1 、 v_2 分别为初、末速率) $\bar{v} = (v_1 + v_2)/2$
D. 运动物体速率不变时, 速度可以变化

例 1-7 某物体的运动规律为 $dv/dt = -kv^2t$, 式中的 k 为大于零的常量, 当 $t=0$ 时, 初速为 v_0 , 则速度 v 与时间 t 的函数关系是 ()

- A. $v = \frac{1}{2}kt^2 + v_0$ B. $v = -\frac{1}{2}kt^2 + v_0$
C. $\frac{1}{v} = \frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$ D. $\frac{1}{v} = -\frac{kt^2}{2} + \frac{1}{v_0}$

例 1-8 一艘正在沿直线行驶的电艇, 在发动机关闭后, 其加速度方向与速度方向相反, 大小与速度平方成正比, 即 $dv/dt = -kv^2$, 式中 k 为常量。试证明电艇在关闭发动机后又行驶 x 距离时的速度为: $v = v_0 \exp(-kx)$, 其中 v_0 是发动机关闭时的速度。

【证明】 $\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = v \frac{dv}{dx} = -kv^2$

因为 $dv/v = -kdx$

$$\int_{v_0}^v \frac{1}{v} dv = - \int_0^x k dx, \ln \frac{v}{v_0} = -kx$$

所以 $v = v_0 e^{-kx}$

例 1-9 一质点从静止出发, 沿半径 $R=3\text{m}$ 的圆周运动, 切向加速度 $a_t=3\text{m/s}^2$ 保持不变, 当总加速度与半径成角 45° 时, 所经过的时间 $t=$ _____在上述时间内质点经过



的路程 $s =$ _____。

例 1-10 在相对地面静止的坐标系内, A 、 B 二船都以 2m/s 速率匀速行驶, A 船沿 x 轴正向, B 船沿 y 轴正向。今在 A 船上设置与静止坐标系方向相同的坐标系(x 、 y 方向单位矢用 i 、 j 表示), 那么在 A 船上的坐标系中, B 船的速度(以 m/s 为单位)为 ()

- A. $2i+2j$ B. $-2i+2j$ C. $-2i-2j$ D. $2i-2j$

【练习题】

1-1 已知质点的运动学方程为 $r = 4t^2i + (2t+3)j$ (SI), 则该质点的轨道方程为 _____。

1-2 有一质点沿 x 轴作直线运动, t 时刻的坐标为 $x = 4.5t^2 - 2t^3$ (SI)。试求:

- (1) 第 2 秒内的平均速度;
(2) 第 2 秒末的瞬时速度;
(3) 第 2 秒内的路程。

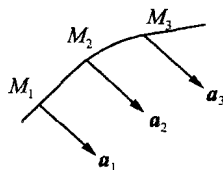
1-3 质点作曲线运动, r 表示位置矢量, v 表示速度, a 表示加速度, s 表示路程, a_t 表示切向加速度, 有下列表达式: (1) $dv/dt = a$, (2) $dr/dt = v$, (3) $ds/dt = v$, (4) $|dv/dt| = a_t$ 。其中 ()

- 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

1-4 如图所示, 质点作曲线运动, 质点的加速度 a 是恒矢量($a_1 = a_2 = a_3 = a$)。质点是否能作匀变速率运动? 简述理由。

1-5 质点作半径为 R 的变速圆周运动时的加速度大小为 (v 表示任一时刻质点的速率) ()

- A. $\frac{dv}{dt}$ B. $\frac{v^2}{R}$ C. $\frac{dv}{dt} + \frac{v^2}{R}$ D. $\left[\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^4}{R^2}\right)\right]^{1/2}$



习题 1-4 图

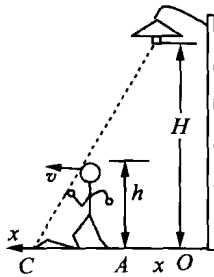
1-6 一质点沿 x 轴运动, 其加速度 a 与位置坐标 x 的关系为: $a = 2 + 6x^2$ (SI), 如果质点在原点处的速度为零, 试证明其在任意位置 x 处的速度大小为: $v = 2(x+x^3)^{1/2}$ 。

1-7 质点沿半径为 R 的圆周运动, 运动学方程为 $\theta = 3 + 2t^2$ (SI), 则 t 时刻质点的法向加速度大小为 $a_n =$ _____; 角加速度 $\beta =$ _____。

1-8 如图所示, 路灯距地面高度为 H , 行人身高为 h , 若人以匀速 v 背向路灯行走, 人头顶的影子的移动速度 v' 为多少?

1-9 某人骑自行车以速率 v 向西行驶, 今有风以相同速率从北偏东 30° 方向吹来, 人感到风从哪个方向吹来? ()

- A. 北偏东 30° B. 南偏东 30° C. 北偏西 30° D. 西偏南 30°



习题 1-8 图