

# 大学物理学习指导

张金春 王 杰 编  
李江南 王国卫

黑龙江教育出版社

# 大学物理学习指导

张金春 王 杰 编  
李江南 王国卫

黑龙江教育出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习指导/张金春等编. —哈尔滨: 黑龙江教育出版社, 2006. 1

ISBN 7-5316-4473-8

I. 大… II. 张… 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 (2006) 第 005964 号

## 大学物理学习指导

Daxue Wuli Xuexi Zhidao

张金春 王 杰 编  
李江南 王国卫

责任编辑: 梁 昌

封面设计: 傅 旭

责任校对: 尚 言

---

黑龙江教育出版社出版(哈尔滨市南岗区花园街 158 号)

黑龙江省印刷技术研究所印刷厂印刷·黑龙江教育出版社发行

开本 787×1092 1/16·印张: 25·字数: 420 千

2006 年 1 月第 1 版·2006 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1-2000

---

ISBN 7-5316-4473-8/G·3393 定价: 28.00 元

如有印装质量问题, 请与印刷厂联系调换.

# 前 言

大学物理课程是高等学校一门非常重要的基础理论课程,也是整个自然科学和现代科学技术发展最主要的源泉之一.因此,学习大学物理学除掌握物理学的基本概念、基本规律和基本方法,培养运用物理学的知识分析问题和解决问题的能力外,对培养和提高学生的科学素质、科学思维方法、科学研究能力、创新意识和创新能力方面具有重要的作用和地位.

要学好大学物理首先要了解本门课程的知识结构体系,掌握基本概念和基本规律;其次要学会科学的思维,全面地分析、正确地解决实际问题.这就要求除在课堂上的学习和练习外,还需结合教学要求和教材内容,做一定数量的练习题,通过独立思考和反复练习,以达到不断巩固和深化内容,进而培养学生自觉运用所学物理知识,提高提出问题、分析问题、解决问题的能力.为此,我们根据大学物理课程教学的基本要求,结合多年来在大学物理教学中积累的教学经验和教学体会,编写成这本《大学物理学习指导》.

本书共分六篇十七章,涵盖了大学物理学的全部内容.每章按六个模块编写,即:基本要求、知识点归纳、学习与解题指导、典型题详解、练习题和部分练习题答案.提出基本要求,有利于学员在学习中抓住基本要求、分清主次.知识点归纳模块中,在简练、准确小结各章的各个知识点及基本概念、基本规律和重要公式及使用该公式条件的基础上,对物理学的概念、定律及原理的表述,物理定义、定理与定律的表述,通过对这些难以理解、易于混淆的概念及学习中常犯错误的分析,使学生知道错误所在,进而建立正确的物理概念.这也是学好物理学、解好物理题的关键.在学习与解题指导部分里,我们对每一章可能出现的类型题进行了归纳总结,并针对学生在解题过程中可能出现的问题进行了较为详尽的说明.全书共精选了200余道典型的例题进行解析,通过对具体问题的题意解析,理解掌握物理学定义、定理和定律及表达式的意义,确定内在联系,明确解题步骤,把握解题的关键,找出解题方法,最终达到提高分析问题和解决问题的能力.同时,为进一步提高学员对物理知识的理解和掌握,提高学员应用物理知识的能力,有针对性地精选了220余道具有代表性的练习题并附上了答案.

本书的编写是我们多年从事物理教学实践和教学研究的结晶，可作为学习大学物理学的参考书和配套教科书，也可作为从事大学物理教学工作者的参考书目。

由于编者水平有限，书中仍会存在疏漏和不妥之处，敬请各位同行和同学提出宝贵意见和建议。

编 者

2005 年 10 月

于海军航空工程学院

# 目 录

## 第 1 篇 力学基础

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第 1 章 质点运动学         | 1  |
| 1.1 基本要求            | 1  |
| 1.2 知识点归纳           | 1  |
| 一 质点 参考系 坐标系        | 1  |
| 二 位置矢量 运动方程 轨迹方程    | 2  |
| 三 位移                | 3  |
| 四 速度                | 4  |
| 五 加速度               | 5  |
| 六 圆周运动的角量描述         | 7  |
| 七 相对运动              | 8  |
| 1.3 学习与解题指导         | 9  |
| 1.4 典型题详解           | 10 |
| 1.5 练习题             | 18 |
| 1.6 部分练习题答案         | 20 |
| 第 2 章 质点动力学         | 21 |
| 2.1 基本要求            | 21 |
| 2.2 知识点归纳           | 21 |
| 一 牛顿运动定律            | 21 |
| 二 力学中常见的三种力         | 23 |
| 三 非惯性系 惯性力          | 25 |
| 四 力学相对性原理           | 25 |
| 2.3 学习与解题指导         | 26 |
| 2.4 典型题详解           | 27 |
| 2.5 练习题             | 39 |
| 2.6 部分练习题答案         | 41 |
| 第 3 章 动量守恒定律和能量守恒定律 | 43 |
| 3.1 基本要求            | 43 |
| 3.2 知识点归纳           | 43 |
| 一 动量定理              | 43 |
| 二 动量守恒定律            | 45 |
| 三 动能定理              | 45 |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| 四 保守力的功.....                | 47        |
| 五 势能 .....                  | 49        |
| 六 功能原理 机械能守恒定律.....         | 49        |
| 七 碰撞 .....                  | 50        |
| 3.3 学习与解题指导.....            | 51        |
| 3.4 典型题详解 .....             | 52        |
| 3.5 练习题 .....               | 60        |
| 3.6 部分练习题答案.....            | 63        |
| <b>第4章 刚体的定轴转动.....</b>     | <b>65</b> |
| 4.1 基本要求 .....              | 65        |
| 4.2 知识点归纳 .....             | 65        |
| 一 刚体及其基本运动形式.....           | 65        |
| 二 刚体定轴转动的描述.....            | 66        |
| 三 转动定律.....                 | 67        |
| 四 转动惯量.....                 | 68        |
| 五 质点的角动量定理和角动量守恒定律.....     | 70        |
| 六 刚体定轴转动的角动量定理和角动量守恒定律..... | 71        |
| 七 刚体定轴转动的转动动能定理.....        | 72        |
| 4.3 学习与解题指导.....            | 73        |
| 4.4 典型题详解 .....             | 74        |
| 4.5 练习题 .....               | 84        |
| 4.6 部分练习题答案.....            | 87        |

## 第2篇 热 学

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>第5章 热力学基础.....</b> | <b>89</b> |
| 5.1 基本要求 .....        | 89        |
| 5.2 知识点归纳 .....       | 89        |
| 一 理想气体状态方程.....       | 89        |
| 二 功 热量 内能.....        | 90        |
| 三 热力学第一定律及其应用.....    | 91        |
| 四 循环过程.....           | 95        |
| 五 热力学第二定律.....        | 97        |
| 六 熵 熵增原理.....         | 98        |
| 5.3 学习与解题指导.....      | 99        |
| 5.4 典型题详解 .....       | 100       |
| 5.5 练习题 .....         | 112       |
| 5.6 部分练习题答案.....      | 115       |

|                  |     |
|------------------|-----|
| <b>第6章 气体动理论</b> | 117 |
| 6.1 基本要求         | 117 |
| 6.2 知识点归纳        | 117 |
| 一 气体分子运动论的基本概念   | 117 |
| 二 理想气体的微观模型      | 117 |
| 三 理想气体的压强公式      | 118 |
| 四 理想气体的温度公式      | 118 |
| 五 理想气体的内能        | 119 |
| 六 麦克斯韦气体分子速率分布率  | 120 |
| 七 分子平均碰撞次数 平均自由程 | 121 |
| 八 玻耳兹曼能量分布律      | 122 |
| 九 气体的迁移现象        | 122 |
| 十 理想气体的范德瓦尔斯方程   | 124 |
| 6.3 学习与解题指导      | 124 |
| 6.4 典型题详解        | 125 |
| 6.5 练习题          | 132 |
| 6.6 部分练习题答案      | 134 |

## 第3篇 机械振动和机械波

|                 |     |
|-----------------|-----|
| <b>第7章 机械振动</b> | 137 |
| 7.1 基本要求        | 137 |
| 7.2 知识点归纳       | 137 |
| 一 简谐振动          | 137 |
| 二 简谐振动的旋转矢量     | 140 |
| 三 简谐振动的合成       | 141 |
| 四 阻尼振动          | 142 |
| 五 受迫振动          | 144 |
| 7.3 学习与解题指导     | 144 |
| 7.4 典型题详解       | 145 |
| 7.5 练习题         | 159 |
| 7.6 部分练习题答案     | 161 |
| <b>第8章 机械波</b>  | 163 |
| 8.1 基本要求        | 163 |
| 8.2 知识点归纳       | 163 |
| 一 机械波的几个概念      | 163 |
| 二 平面简谐波的波函数     | 165 |
| 三 波的能量          | 165 |



|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 四 惠更斯原理 波的衍射 反射 折射 ..... | 167 |
| 五 波的干涉 .....             | 167 |
| 六 驻波 .....               | 169 |
| 七 声波 超声波 次声波 .....       | 171 |
| 八 多普勒效应 .....            | 172 |
| 8.3 学习与解题指导 .....        | 172 |
| 8.4 典型题详解 .....          | 173 |
| 8.5 练习题 .....            | 183 |
| 8.6 部分练习题答案 .....        | 188 |

## 第 4 篇 电磁学

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第 9 章 真空中的静电场 .....      | 191 |
| 9.1 基本要求 .....           | 191 |
| 9.2 知识点归纳 .....          | 191 |
| 一 电荷 库仑定律 .....          | 191 |
| 二 电场强度 .....             | 193 |
| 三 真空中静电场的高斯定理 .....      | 194 |
| 四 静电场中的环路定理 电势能 .....    | 195 |
| 五 电势 电场强度与电势关系 .....     | 196 |
| 9.3 学习与解题指导 .....        | 198 |
| 9.4 典型题详解 .....          | 201 |
| 9.5 练习题 .....            | 213 |
| 9.6 部分练习题答案 .....        | 216 |
| 第 10 章 静电场中的导体和电介质 ..... | 219 |
| 10.1 基本要求 .....          | 219 |
| 10.2 知识点归纳 .....         | 219 |
| 一 基本概念 .....             | 219 |
| 二 基本规律 .....             | 222 |
| 10.3 学习与解题指导 .....       | 223 |
| 10.4 典型题详解 .....         | 223 |
| 10.5 练习题 .....           | 235 |
| 10.6 部分练习题答案 .....       | 239 |
| 第 11 章 稳恒磁场 .....        | 241 |
| 11.1 基本要求 .....          | 241 |
| 11.2 知识点归纳 .....         | 241 |
| 一 基本概念和基本物理量 .....       | 241 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 二 基本规律.....                  | 242        |
| 11.3 学习与解题指导.....            | 245        |
| 11.4 典型题详解.....              | 247        |
| 11.5 练习题.....                | 261        |
| 11.6 部分练习题答案.....            | 266        |
| <b>第 12 章 电磁感应 电磁场</b> ..... | <b>269</b> |
| 12.1 基本要求 .....              | 269        |
| 12.2 知识点归纳 .....             | 269        |
| 一 电磁感应定律.....                | 269        |
| 二 动生电动势 感生电动势.....           | 271        |
| 三 自感 互感.....                 | 271        |
| 四 磁场能量.....                  | 273        |
| 五 麦克斯韦方程组.....               | 273        |
| 12.3 学习与解题指导.....            | 274        |
| 12.4 典型题详解 .....             | 276        |
| 12.5 练习题 .....               | 288        |
| 12.6 部分练习题答案.....            | 293        |

## 第 5 篇 光学基础

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| <b>第 13 章 光的干涉</b> ..... | <b>295</b> |
| 13.1 基本要求 .....          | 295        |
| 13.2 知识点归纳 .....         | 295        |
| 一 光 光的干涉.....            | 295        |
| 二 杨氏双缝实验.....            | 297        |
| 三 薄膜干涉.....              | 299        |
| 四 麦克耳逊干涉仪.....           | 303        |
| 13.3 学习与解题指导.....        | 304        |
| 13.4 典型题详解 .....         | 305        |
| 13.5 练习题 .....           | 311        |
| 13.6 部分练习题答案.....        | 313        |
| <b>第 14 章 光的衍射</b> ..... | <b>315</b> |
| 14.1 基本要求 .....          | 315        |
| 14.2 知识点归纳 .....         | 315        |
| 一 光的衍射.....              | 315        |
| 二 单缝衍射.....              | 317        |
| 三 圆孔衍射 光学仪器的分辨率.....     | 320        |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 四 衍射光栅.....             | 321        |
| 14.3 学习与解题指导.....       | 324        |
| 14.4 典型题详解.....         | 324        |
| 14.5 练习题.....           | 332        |
| 14.6 部分练习题答案.....       | 333        |
| <b>第 15 章 光的偏振.....</b> | <b>335</b> |
| 15.1 基本要求.....          | 335        |
| 15.2 知识点归纳.....         | 335        |
| 一 自然光 偏振光.....          | 335        |
| 二 起偏 检偏 马吕斯定律.....      | 336        |
| 三 布儒斯特定律.....           | 337        |
| 四 光的双折射 旋光现象.....       | 338        |
| 15.3 学习与解题指导.....       | 339        |
| 15.4 典型题详解.....         | 340        |
| 15.5 练习题.....           | 346        |
| 15.6 部分练习题答案.....       | 349        |

## 第 6 篇 近代物理学基础

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| <b>第 16 章 狭义相对论基础.....</b> | <b>351</b> |
| 16.1 基本要求.....             | 351        |
| 16.2 知识点归纳.....            | 351        |
| 一 经典力学时空观 伽利略变换.....       | 351        |
| 二 狭义相对论的基本原理.....          | 353        |
| 三 洛伦兹变换.....               | 353        |
| 四 狭义相对论的时空观.....           | 355        |
| 五 狭义相对论中的质量 动量 能量.....     | 357        |
| 16.3 学习与解题指导.....          | 358        |
| 16.4 典型题详解.....            | 359        |
| 16.5 练习题.....              | 368        |
| 16.6 部分练习题答案.....          | 369        |
| <b>第 17 章 量子物理基础.....</b>  | <b>371</b> |
| 17.1 基本要求.....             | 371        |
| 17.2 知识点归纳.....            | 371        |
| 一 普朗克量子假设.....             | 371        |
| 二 光电效应 爱因斯坦光子理论.....       | 373        |
| 三 氢原子的玻尔理论.....            | 376        |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 四 德布罗意波假设.....    | 378 |
| 五 不确定性关系.....     | 378 |
| 六 波函数 薛定谔方程.....  | 379 |
| 七 原子中电子的分布规律..... | 380 |
| 八 电子运动的四个量子数..... | 380 |
| 17.3 学习与解题指导..... | 381 |
| 17.4 典型题详解 .....  | 381 |
| 17.5 练习题 .....    | 388 |
| 17.6 部分练习题答案..... | 390 |

# 第 1 篇 力学基础

## 第 1 章 质点运动学

力学研究的是物体的机械运动. 所谓机械运动是指一个物体相对另一个物体的位置(或者一个物体的某一部分相对于其他部分的位置)随时间变化的过程. 其基本运动形式有平动和转动. 质点运动学是研究描述质点运动的方法以及质点的空间位置随时间变化规律, 而不研究质点位置随时间变化规律的原因.

### 1.1 基本要求

- 1 理解质点、参考系、惯性系和非惯性系等概念, 会选用合适的坐标系解决相关问题.
- 2 理解描述质点运动的物理量, 加强对这些物理量的矢量性、相对性和瞬时性的理解.
- 3 熟练掌握在几种常用坐标系下描述质点运动时各物理量的表达式.
- 4 掌握质点运动学两类问题的解决方法, 即已知质点的运动方程, 用微分方法求速度、加速度; 已知质点的加速度或速度及初始条件, 用积分方法求质点的运动方程.
- 5 熟练掌握描述圆周运动的几个物理量, 掌握角量和线量之间的关系; 能利用自然坐标熟练计算质点的角速度、角加速度、切向加速度和法向加速度.
- 6 理解相对运动的概念, 能分析和计算简单的质点相对运动问题.

### 1.2 知识点归纳

#### 一 质点 参考系 坐标系

##### 1 质点

在所研究的问题中, 若物体的大小和形状不起作用, 或者所起的作用很小可以忽略不计, 可以把物体视为一个只具有质量、而无大小和形状的一个点, 这样一个从实际物体中抽象出来的理想化力学模型称为质点.

需要指出的是, 一个实际物体能否可以抽象为一个质点, 不是取决于它的形状和大小, 而是取决于研究问题的性质. 一般说来, 在所研究的问题中, 可以不考虑与物体转动有关的问题、不涉及物体内部各部分的相对运动, 就可以看成“质点”了.

## 2 参考系

宇宙中的一切物体都处在永恒的运动中,这是物体运动的绝对性.但是对同一个物体的运动,选择不同的物体作参考来观察,所获得的结果就会不同,这是物体运动的相对性.因此要描述一个物体的运动,必须选定另外一个物体作为参考.被选作参考的物体就称为参考系.一般来说,研究物体的运动时,参考系的选择是任意的.

## 3 坐标系

参考系选择后,只能定性的描述质点的运动.为了定量的描述物体的运动,还必须在参考系上选取一个与其固定的坐标系.通常用到的坐标系有直角坐标系、极坐标系、自然坐标系等.坐标系的选择是任意的,但选取合适的坐标系,可以简化对质点运动的描述.

## 二 位置矢量 运动方程 轨迹方程

### 1 位置矢量

$t$ 时刻,由所选坐标系的坐标原点 $O$ 向质点所在位置所引的有向线段,称为该时刻质点的位置矢量,简称位矢,用 $\mathbf{r}$ 表示.位矢的国际单位是 $\text{m}$ .

(1). 直角坐标系中,位矢 $\mathbf{r}$  (如图 1-1) 可表示为

$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k} \quad (1-1)$$

式(1-1)中 $\mathbf{i}$ ,  $\mathbf{j}$ ,  $\mathbf{k}$ 分别表示 $x$ ,  $y$ ,  $z$ 三个坐标轴方向的单位矢量.

位矢 $\mathbf{r}$ 的大小为

$$r = |\mathbf{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1-2)$$

其方向可用 $\mathbf{r}$ 与三个坐标轴夹角的方向余弦来表示,即

$$\cos\alpha = \frac{x}{r} \quad \cos\beta = \frac{y}{r} \quad \cos\gamma = \frac{z}{r} \quad (1-3)$$

且

$$\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1 \quad (1-4)$$

(2). 位置矢量反映了质点某一时刻在空间的位置,它具有以下特性:

① 矢量性:  $\mathbf{r}$ 是矢量,具有大小和方向;

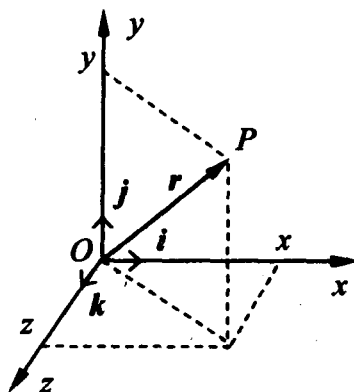


图 1-1 位置矢量

- ② 瞬时性：质点在运动过程中，不同的时刻其位置矢量不同；  
 ③ 相对性：对于不同的坐标系，同一质点某时刻的位矢是不同的。

## 2 运动方程

当质点运动时，其位矢是时间的函数，即在不同的时刻  $t$ ，有

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t) \quad (1-5)$$

式(1-5)描述了质点在任一时刻  $t$  相对于坐标原点的距离和方位，称为质点的运动方程。在直角坐标系中

$$\mathbf{r} = x(t)\mathbf{i} + y(t)\mathbf{j} + z(t)\mathbf{k} \quad (1-6)$$

其分量式为

$$\begin{aligned} x &= x(t) \\ y &= y(t) \\ z &= z(t) \end{aligned} \quad (1-7)$$

质点的运动学方程在运动学中的地位非常重要，只要知道了运动方程，就可以得到质点的轨迹方程、速度、加速度和任一时刻的位置。也就是说，若已知运动方程，则质点的运动情况就知道了。因此，运动学中一个重要的任务就是求解质点的运动方程。

## 3 轨迹方程

运动质点所经空间各点连成的曲线称为运动轨道。消去运动方程式(1-6)中的时间  $t$ ，就可以得到质点的轨道方程，即  $z = z(x, y)$ 。

## 三 位移

质点在某一时间间隔内由起点指向终点的有向线段，称为它在该时间间隔内的位移矢量，简称位移，用  $\Delta \mathbf{r}$  表示。即位移等于该时间间隔内位矢的增量（规定：增量是末量减初量，下同），位移的国际单位制是  $\text{m}$ 。

设  $t$  时刻，质点的位矢为  $\mathbf{r}_1$ ，经  $\Delta t$  时间间隔后，位矢为  $\mathbf{r}_2$ （图 1-2 中以平面为例），则  $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1$  称为质

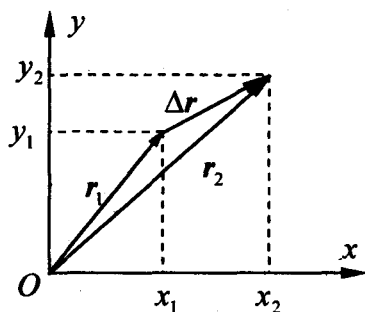


图 1-2 位移矢量

点在  $\Delta t$  时间间隔内的位移. 它是描述质点在  $\Delta t$  时间间隔内空间位置随时间变化的物理量.

1. 直角坐标系中, 设  $t_1$ ,  $t_2$  时刻的位矢分别为

$$\mathbf{r}_1 = x_1 \mathbf{i} + y_1 \mathbf{j} + z_1 \mathbf{k} \quad \mathbf{r}_2 = x_2 \mathbf{i} + y_2 \mathbf{j} + z_2 \mathbf{k}$$

由定义可知,  $\Delta t$  时间间隔内的位移为

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{r} &= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = (x_2 - x_1) \mathbf{i} + (y_2 - y_1) \mathbf{j} + (z_2 - z_1) \mathbf{k} \\ &= \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j} + \Delta z \mathbf{k} \end{aligned} \quad (1-8)$$

位移的大小为

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2} \quad (1-9)$$

方向由方向余弦表示.

2. 若质点在平面内运动, 则位移为

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{r} &= \mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1 = (x_2 - x_1) \mathbf{i} + (y_2 - y_1) \mathbf{j} \\ &= \Delta x \mathbf{i} + \Delta y \mathbf{j} \end{aligned} \quad (1-10)$$

位移大小

$$|\Delta \mathbf{r}| = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (1-11)$$

方向由下式决定

$$\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-12)$$

$\theta$  为  $\Delta \mathbf{r}$  与  $x$  轴正向的夹角.

## 四 速度

### 1 平均速度

质点在  $\Delta t$  时间间隔内的位移  $\Delta \mathbf{r}$  与  $\Delta t$  的比值称为该时间间隔内的平均速度, 用  $\bar{\mathbf{v}}$  表示. 即

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{t_2 - t_1} \quad (1-13)$$

平均速度只能粗略的描述质点在某时间间隔内运动状态的变化情况, 其方向即为  $\Delta \mathbf{r}$  的方向. 平均速度的国际单位制是  $\text{m/s}$ .



## 2 瞬时速度

当  $\Delta t \rightarrow 0$  时, 平均速度  $\frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$  的极限值, 称为质点在  $t$  时刻的瞬时速度, 简称速度.

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (1-14)$$

速度是描述质点在某一瞬时的运动状态的物理量, 方向沿轨道上质点所在位置的切线, 并指向质点前进的方向. 其单位同平均速度. 速度能精确描述质点位置随时间的变化 (大小和方向) 情况.

直角坐标系中

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = v_x \mathbf{i} + v_y \mathbf{j} + v_z \mathbf{k} = \frac{dx}{dt} \mathbf{i} + \frac{dy}{dt} \mathbf{j} + \frac{dz}{dt} \mathbf{k} \quad (1-15)$$

其分量式为

$$\begin{aligned} v_x &= \frac{dx}{dt} \\ v_y &= \frac{dy}{dt} \\ v_z &= \frac{dz}{dt} \end{aligned} \quad (1-16)$$

速度  $\mathbf{v}$  的大小为 
$$v = |\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

需要注意:

- (1) 速度具有矢量性、瞬时性和相对性;
- (2) 平均速度是对时间间隔而言, 而速度是对时刻而言的;

- (3) 速度的大小称速率, 用  $v$  表示, 即  $v = |\mathbf{v}| = \left| \frac{d\mathbf{r}}{dt} \right|$ .

## 五 加速度

### 1 平均加速度

质点在  $\Delta t$  时间间隔内速度的增量  $\Delta \mathbf{v}$  与  $\Delta t$  的比值, 称为质点在该时间间隔内的平均加速度, 用  $\bar{\mathbf{a}}$  表示.