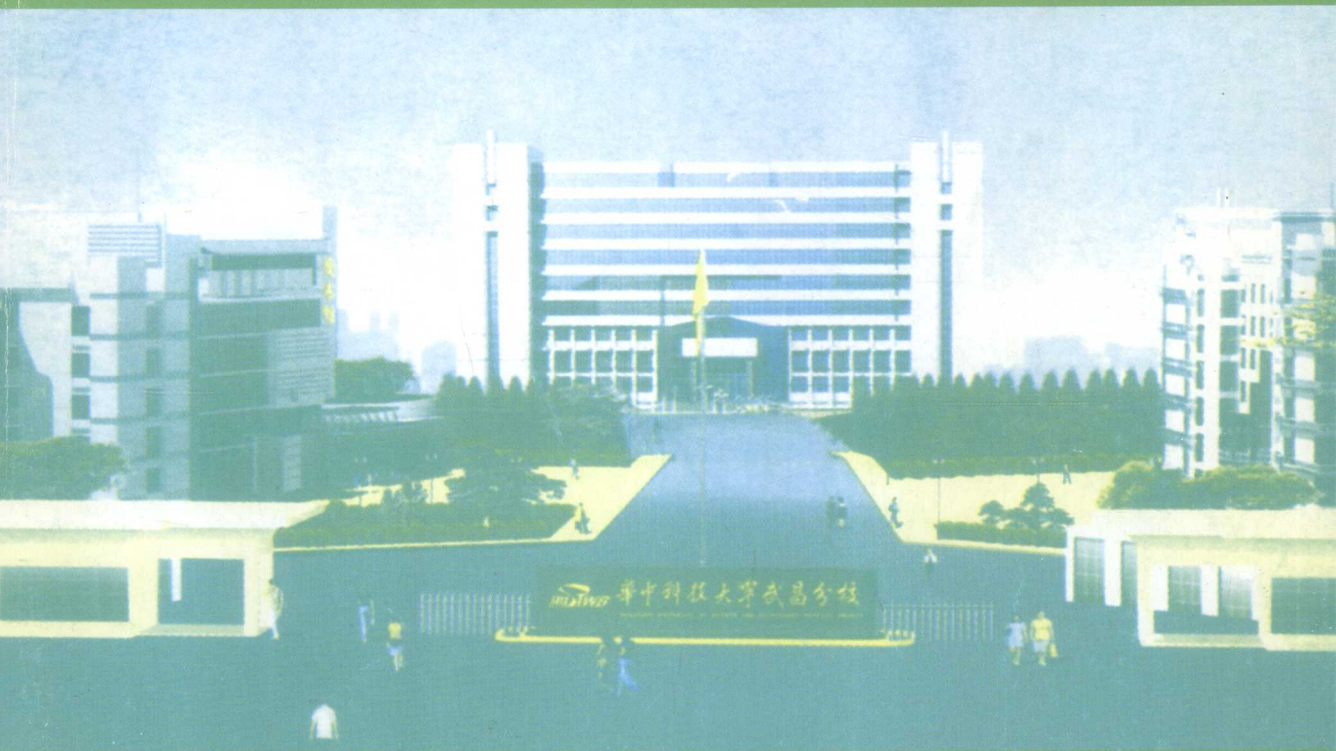


物 理



华中科技大学武昌分校

物 理

华中科技大学武昌分校

《物理》编写说明

为了提高全民族的科学文化素质,探索和推动华中科技大学武昌分校的教学改革,学校教材编审委员会组织物理教师编写一本适合基础部学生使用的物理教材。我们在调查研究和阅读大量相关教材的基础上,完成了新编物理教材目录,并邀请专家、教授进行了审察。根据他们提出的宝贵意见,修改并确定了物理教材目录,完成了本教材的编写。

本教材编写力求体现以下特点:

1. 科学性:教材中所有的概念和规律的表述以及其它相关内容我们都参照了国内几种优秀教材的版本,力求准确无误。

2. 实用性:教材内容以满足学生进一步学习大学物理所必须具备的物理基础知识和基本技能为主,突出重点,兼顾系统。不求全面,只求有效。

3. 针对性:针对基础部学生的实际水平,教材难度适中,例题、习题注重易、中、难的层次,中档题为主。“练习与思考”以活跃思维、理解和掌握概念、规律为目的,学习分析问题、解决问题的方法,不搞题海。

4. 时代性:本教材基本内容是属于经典物理范畴。我们在编写中有意识地介绍了经典物理知识在近代科技上应用的新成就,介绍了一些现代物理的观点,通过编入的“阅读材料”还介绍了一些物理学前沿知识。

5. 启发性:本教材注重介绍一些重要概念规律的来龙去脉,还选编了几篇“科学家简介”。一方面是为了向学生提供必要的物理学史,另一方面也希望学生能从科学家成长的历程中学习他们的学习态度、创新精神,不怕困难的意志品德以及为人类造福的精神境界。

“人材为本,教材领先”。教材的重要性一目了然。虽然我们有着编写一本具有本校特色好教材的强烈愿望以及兢兢业业的工作态度、踏踏实实的负责精神,但是,由于编写工作量大,不足之处在所难免。敬请各位行家不吝赐教,也请读者在学习过程中多提宝贵意见,以便我们不断充实完善。

本教材的编写纲目曾得到容敏丽、张琳、周述文三位教授的审阅,我们再次表示衷心感谢。

本教材编写中主要参考借鉴了以下教材:1. 教育部新编高中教材;2. 清华大学编《大学物理学》;3. 海淀《大归纳》;4. 中国人民大学编《大学物理基础》;5. 高等教育出版社《成人高考复习资料》。在此,对上述教材的编者一并致谢。

华中科技大学武昌分校教材编审委员会

《物理》编写组

2003年8日

绪 言

物理学是研究物质的结构及其运动基本规律的学科。物理学的研究范围是非常广阔的。从 150 亿年前大爆炸产生的浩瀚的宇宙到存在寿命只有 10^{-25} 秒的微观粒子,它们的构成和运动,都是物理学的研究对象,真可谓包罗万象。

物理学是自然科学的基础。物理学的研究成果和研究方法,在自然科学的各个领域都起着重要的作用。它促进了化学、天文学、地理学、气象学、生物学的发展,并形成了许多交叉学科,如物理化学、天体物理、生物物理、地球物理、大气物理等等。当前科学中最活跃、最引人注目的前沿课题,如生命科学、宇宙起源、材料科学都与物理学的研究方法密切相关。

物理学对推动社会发展和科学技术进步具有巨大作用。17 世纪,伽里略、牛顿的卓越贡献使物理学真正成为了一门科学。18 世纪中叶,热学的研究促进了蒸汽机的诞生,人类社会发生了第一次工业革命。19 世纪下半叶在电磁学研究基础上发展起来的电力开发和利用,使人类社会进入了电的时代。原子和原子核物理的研究,给人类的生存和发展提供了新能源。20 世纪初诞生的量子力学,带来了现代科学技术的飞速发展,创造了激光技术、全息技术、信息技术、生物技术。可以说,没有量子力学,就没有现代技术、就没有网络化、智能化的现代生活。

物理学是个巨大的知识方法宝库,是理工科大学生重要的一门基础课。学习物理,既要掌握物理学的基础知识,更要在理解知识的来龙去脉中学习科学家们发现问题、研究问题的思维方法,培养严密审慎的逻辑思维能力,切实提高我们的科学素质。物理学有许多分科。《物理》涉及的分科有力学、热学、电磁学、光学、原子和原子核物理。《物理》的内容是进一步学习其它学科的重要基础。愿我们的认真和努力,在你们打开知识和方法宝库之门中能助一臂之力。

物 理

物 理

出版：华中科技大学武昌分校
印刷：湖北省农业科学院印刷厂
开本：787×1092 1/16
印张：17 字数：42万字
印数：1-2000册

华中科技大学武昌分校

目 录

(00)	绪 言	(1)
(00)	力学发展简史	(1)
(05)	第一章 物体的运动	(2)
(05)	一、描述机械运动的基本概念	(2)
(45)	二、匀变速直线运动的规律	(6)
(25)	三、自由落体运动 竖直上抛运动	(12)
(05)	四、运动的合成与分解 抛体运动	(15)
(05)	五、匀速圆周运动	(20)
(05)	六、机械振动	(23)
(05)	思考题	(24)
(05)	习题	(24)
(08)	第二章 力 牛顿运动定律	(27)
(08)	一、力的概念	(27)
(001)	二、物体受力分析 隔离法	(29)
(101)	三、力的合成与分解 矢量运算法则	(31)
(101)	四、牛顿运动定律	(33)
(104)	五、国际单位制	(35)
(104)	六、牛顿定律的应用	(38)
(104)	七、牛顿定律在圆周运动中的应用	(42)
(101)	阅读材料 四种相互作用	(50)
(101)	科学家简介 牛顿	(51)
(101)	思考题	(53)
(101)	习题	(55)
(130)	第三章 物体的平衡	(59)
(130)	一、平面共点力作用下物体的平衡	(59)
(134)	二、力臂 力矩 有固定轴物体的平衡	(60)
(134)	三、一般物体的平衡	(64)

思考题	(66)
习题	(66)

第四章 动量 机械能 (70)

一、冲量和动量 动量定理.....	(70)
二、动量守恒定律.....	(74)
三、碰撞 反冲.....	(75)
四、功和功率.....	(79)
五、动能和动能定理.....	(82)
六、势能.....	(85)
七、机械能守恒定律 功能原理.....	(87)
思考题.....	(100)
习题.....	(101)

热学发展简史..... (104)

第五章 分子热运动 能量守恒..... (104)

一、分子动理论	(105)
二、物体的内能	(107)
三、改变物体内能的途径 热力学第一定律	(108)
四、能量转化与守恒定律	(109)
五、热力学第二定律 能源	(112)
思考题.....	(114)
习题.....	(114)

第六章 气体..... (116)

一、气体的状态 状态参量	(116)
二、气体实验定律	(118)
三、理想气体状态方程	(122)
四、摩尔气体常量 克拉珀龙方程	(123)
科学家简介 开尔文.....	(128)
思考题.....	(130)
习题.....	(130)

电磁学发展简史..... (133)

第七章 静电场..... (134)

一、电荷守恒 库仑定律	(134)
-------------------	-------

(705)	二、电场强度 场强的叠加	章(136)
(705)	三、电势能	(140)
(808)	四、电势 电势差 等势面	(140)
(910)	五、带电粒子在电场中的运动	(143)
(111)	六、电容器 电容	(147)
(114)	思考题	(149)
(133)	习题	(150)
(133)		
第八章	恒定电流	(154)
(159)	一、电流 电流强度	(154)
(159)	二、电阻 电阻定律 超导现象	(155)
(159)	三、欧姆定律 电路的连接 电路分析	(156)
(159)	四、电表的改装	(159)
(159)	五、电流的功 电功率	(161)
(159)	六、电源的电动势 闭合电路欧姆定律	(162)
(159)	七、电阻的测量	(168)
(159)	阅读材料 超导在技术中的应用	(170)
(159)	思考题	(172)
	习题	(173)
(145)		
第九章	磁场 电磁感应	(176)
(141)	一、磁场 电流的磁场 安培定则 地磁场	(176)
(141)	二、磁感应强度 磁通量	(178)
(141)	三、磁场对通电导线的作用——安培力	(179)
(141)	阅读材料 I 电流磁效应的发现	(183)
(141)	II 磁与生物	(184)
(141)	四、洛伦兹力及其应用 质谱仪 回旋加速器	(184)
(141)	五、电磁感应现象	(191)
(141)	六、感应电流的方向	(191)
(141)	七、法拉第电磁感应定律	(192)
	阅读材料 I 电磁感应现象的应用	(196)
(141)	II 直线电动机和磁悬浮列车	(198)
	科学家简介 法拉第	(199)
	思考题	(201)
	习题	(201)

第十章 交流电	(207)
一、交流发电机的工作原理 正弦交流电 周期频率	(207)
二、交流电的最大值 瞬时值 有效值	(208)
三、交流电的图象	(210)
四、理想变压器 电能的输送	(211)
阅读材料 电磁场和电磁波	(214)
思考题	(223)
习题	(223)
第十一章 几何光学	(226)
一、光的直线传播	(226)
二、光的反射定律	(227)
三、光的折射定律 折射率 全反射 光导纤维	(229)
四、透镜 透镜成像规律	(233)
五、显微镜 望远镜	(234)
阅读材料 大气中的光现象	(236)
思考题	(237)
习题	(238)
第十二章 原子和原子核	(240)
一、原子的核式结构	(240)
二、玻尔的原子模型	(241)
三、天然放射性现象和原子核的人工转变	(242)
四、原子核的组成	(243)
五、核反应方程	(243)
六、核能 质能方程 重核的裂变 轻核的聚变	(244)
七、人类对物质结构的认识	(245)
阅读材料 放射性的应用	(250)
科学家简介 爱因斯坦	(255)
习题	(256)
附:习题答案	(258)

力学发展简史

力学是研究物体机械运动规律的科学,是物理学这栋大厦的坚固基石.物理学中最早发展起来的是力学,其渊源在西方可追溯到公元前4世纪古希腊学者柏拉图认为圆运动是天体最完美的运动和亚里士多德关于力产生运动的说教,在中国可以追溯到公元前5世纪《墨经》中关于杠杆原理的论述.但力学(以及整个物理学)成为一门科学理论应该是从17世纪伽里略论述惯性运动开始.

在力学的发展历程中,最具影响力的科学家当为意大利物理学家和天文学家伽里略(1564—1642)、英国物理学家和数学家牛顿(1642—1727)和20世纪最有影响力、最著名的德国物理学家和科学家阿尔伯特·爱因斯坦(1879—1955).

伽利略一生最伟大的贡献是坚定支持哥白尼的“太阳中心说”.他科学地论证了地球的转动和行星绕日运动,第一次用观测和实验驳倒了亚里士多德(公元前384—公元前322)的地心说.他因此受到当时罗马教皇和教士们的反对和迫害.在开创性地将实验方法引入对力学问题的研究后,伽利略于1638年(此时他已双目失明)出版了《两种新科学的对话》,书中用实验论证了惯性运动无需受力、匀加速运动的路程与时间的平方成正比.更难得的是,他还根据密闭船舱中的物体运动与船匀速还是静止无关的现象,提出了运动的相对性思想,这一伟大的思想为后来的相对论奠定了坚实的基础.伽利略因其在科学上的伟大成就而被人们尊称为近代科学之父.

在伽利略的思想和方法影响下,物理学界做了许多力学实验,例如单摆的运动规律、自由落体运动等,对很多力学问题进行了研究,取得了一些经验和认识.1642年,伽利略离世的同年,伟大的理论物理学家牛顿诞生了.长大了的牛顿不仅具有非凡的数学基础,而且对物理学问题兴趣盎然.1687年,牛顿在总结和发展当时的力学研究成果后,发表了《自然哲学的数学原理》一书,书中用简洁的语言和完美的数学公式将宏观物体运动规律表述为三大定律,从而完成了物理学史上的第一次理论大综合.

牛顿的三大定律及其所依存的绝对时空观一直指导了我们二百多年,直到19世纪末20世纪初,人类进入微观世界的研究领域后,发现了很多奇妙的物理现象,而实验的结果却与牛顿定律的理论不相一致.在人们突然感到似乎陷入了困境时,在德国的苏黎士大学,一位勇于追求、从小就富于奇想的年轻人——爱因斯坦,于1905年创立了狭义相对论,1915年又建立了适用范围更广的广义相对论.爱因斯坦相对论理论的诞生,不仅解决了牛顿力学难以解决的问题,促进了20世纪量子力学的快速发展,而且极大地推动了整个世界科学技术的进步.爱因斯坦还致力于自然力的大统一的研究等,1921年,他因在光量子理论方面的贡献而获得诺贝尔物理学奖.爱因斯坦也成为全世界都认识和崇敬的科学家和物理学家.

在力学领域蓬勃发展的同时,热力学、电磁学和光学也有了极其快速的进步,从而描绘出一幅崭新的物理图景.

第一章 物体的运动

缤纷的世界是由运动的物体组成的,浩渺的宇宙也是由运动的物体组成的.从基本粒子到天体,从引力场到核力场,从蛋白质到人,一切物体都处在运动和变化中.运动是物质的根本属性.物质的运动形式多种多样、千差万别.如何研究物体的运动呢?研究不同的运动有不同分科,力学研究物体的机械运动.

本章首先学习描述机械运动的几个重要概念;其次学习匀变速直线运动的规律;最后学习运动的合成与分解的方法.并应用此方法结合直线运动的规律来研究两种常见的曲线运动.本章知识是运动学的重要基础,研究运动的方法(公式法、图象法、正交分解法)是我们分析、解决问题的基本方法,也是我们应该具有的能力.

一、描述机械运动的基本概念

1. 机械运动 参考系 一个物体相对于另一个物体系统的位置变化叫做机械运动,简称运动.通常说一个物体是运动还是静止,总要先选一个假定静止的物体系统作为标准,这个被选为标准的物体系统叫做参考系.选取的参考系不同,对同一物体的同一运动描述就不同.这表明,运动是绝对的,但运动的描述具有相对性.

描述物体的运动,可以根据研究问题的方便而任意选取参考系.牛顿运动定律成立的参考系为惯性系;牛顿运动定律不成立的参考系称为非惯性系.研究地面上物体的运动,地面以及相对地面作匀速直线运动的物体可以认为是惯性系,研究行星公转时,太阳可以作为惯性系.在本书中,我们一般都是以惯性系作为参考系.

2. 坐标系 确定了参考系之后,为了把运动的物体在各个时刻相对参考系的位置定量地表示出来,就要在参考系上取一适当的坐标系.通常用直角坐标系,即选择某一固定点为坐标原点,过原点作互相垂直的坐标轴.物体的位置就可以用坐标的数值来表示.若所讨论的物体沿一条直线运动,只需作出 x 轴或选定正方向就可以了.

3. 质点 质点就是具有一定的质量而没有大小和形状的物体.质点是个理想模型.一个物体是否可以作为质点,应具体问题具体分析.理想化的方法是科学研究的基本方法.它使我们能抓住问题的主要方面,突出现象和过程的本质而不被枝节问题所干扰.

4. 位置、位移和路程 位置是个状态,是坐标系中的一个点.位移是描述物体位置变化大小和方向的物理量,位移是矢量.是表示一个过程.用由初位置指向末位置的有向线段来表示.位移大小与路径无关.

路程是运动物体所经历的实际路径的长度,它是标量.

5. 速度 平均速度 瞬时速度

速度是表示运动快慢的物理量,它是矢量.它的数值等于位移跟发生这段位移所用时间的比值,它的方向就是物体运动的方向.

$$v = \frac{s}{t}$$

单位 m/s km/h cm/s

在变速直线运动中,上式计算的速度就是在时间 t 内或位移 s 中的平均速度.

在求平均速度时,必须明确是求哪段时间或哪段位移的平均速度.平均速度对运动快慢的描述是粗略的.

平均速率是标量,它的大小算于路程和时间的比值,常用在曲线运动中.

瞬时速度表示运动物体经过某一时刻或某一位置运动的快慢程度.是矢量.它的大小叫瞬时速率,简称速率.

6. 加速度

加速度是表示速度改变快慢的物理量.它等于速度改变跟发生这一改变所用时间的比值.若初速用 v_0 表示,经时间 t 的末速用 v_t 表示,加速度用 a 表示

$$a = \frac{v_t - v_0}{t}$$

单位 m/s^2 cm/s^2

加速度是矢量.它的方向是速度变化量 Δv 的方向($\Delta v = v_t - v_0$).直线运动中,在选定正方向前提下用代数量表示,在曲线运动中,需作图求出矢量差方可确定.

在匀加速运动中,加速度的大小方向不变,在变加速运动中,加速度可区分为平均加速度和瞬时加速度.

说明 前面学习的有关运动的概念都是非常重要的,在理解和掌握时要注意:

- (1)位移与位置、路程的区别;
- (2)速度与速率的区别;速度与速度变化的区别;
- (3)速度变化与速度对时间变化率即加速度的区别;
- (4)加速度概念比较抽象,要多联系实际加以理解.

7. 一些实际物体的速度和加速度数值表

表 1.1 某些速率 单位: m/s

光在真空中

3.0×10^8

北京正负电子对撞机中的电子

99.999 998% 光速

类星体的退行(最快的)

2.7×10^8

太阳在银河系中绕银河系中心的运动

3.0×10^5

地球公转

3.0×10^4

人造地球卫星

7.9×10^3

现代歼击机	约 9×10^2
步枪子弹离开枪口时	约 7×10^2
由于地球自转在赤道上一点的速率	4.6×10^2
空气分子热运动的平均速率(0°C)	4.5×10^2
空气中声速(0°C)	3.3×10^2
机动赛车(最大)	1.0×10^2
猎豹(最快动物)	2.8×10
人跑步百米世界记录(最快时)	1.205×10
大陆板块移动	约 10^{-9}

表 1.2 某些加速度的数值

单位: m/s^2

超速离心机中粒子的加速度	3×10^6
步枪子弹在枪膛中的加速度	约 5×10^5
使汽车撞坏(以 27m/s 车速撞到墙上)的加速度	约 1×10^3
使人发晕的加速度	约 7×10
地球表面的重力加速度	9.8
汽车制动的加速度	约 8
月球表面的重力加速度	1.7
由于地球自转在赤道上一点的加速度	3.4×10^{-2}
地球公转的加速度	6×10^{-3}
太阳绕银河系中心转动的加速度	约 3×10^{-10}

例 1 一个人在某点 O 出发,向正东走 3m 后又向正北走 1m ,最后又向东北方向走 2m 到达 P 点.试求此人的位移大小和方向.

解:依题意作位移合成图由图 1-1 可知合位移大小 S

$$S^2 = (3 + \sqrt{2})^2 + (1 + \sqrt{2})^2$$

$$S = 5.02\text{m}$$

合位移方向设为东偏北 θ

$$\tan\theta = (1 + \sqrt{2}) / (3 + \sqrt{2}) = 0.5460 \quad \theta = 28^\circ 40'$$

例 2 一质点 m 沿 x 轴运动,它的位置与时间关系

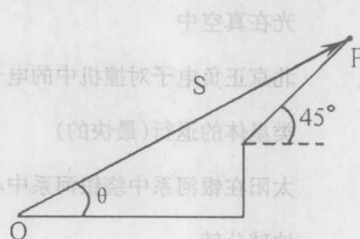


图 1-1 位移合成

为 $x = 10 + 5t^2$, 式中 x 单位为厘米、 t 单位为秒. 试求 m 的初位置、初速度和加速度.

解: 该质点作初速为零的匀加速直线运动. 由 $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$ 可以看出加速度 a 为恒
 定值 $a = 10 \text{ cm/s}^2$

$t = 0$ 时, 初位置 $x_0 = 10 \text{ cm}$

初速度 $v_0 = 0$

例 3 有一质点沿 x 方向作直线运动, t 时刻的坐为 $x = 4.5t^2 - 2t^3$. 式中 x 的单位为米, t 的单位为秒, 试求: 第 2 秒内的位移和平均速度.

解: 质点 1 秒末的位置坐标 x_1

$$x_1 = 4.5 - 2 = 2.5 \text{ m}$$

质点在 2 秒末的位置坐标 x_2

$$x_2 = 4.5 \times 2^2 - 2 \times 2^3 = 2 \text{ m}$$

质点在第 2 秒内位移 s_2 大小和方向

$$s_2 = x_2 - x_1 = -0.5 \text{ m}$$

负号表示位移方向沿 x 负方向.

质点在第 2 秒内平均速度 $\bar{v}_2$

$$\bar{v}_2 = \frac{s_2}{t} = -0.5 \text{ m/s}$$

负号表示平均速度方向沿 x 轴负方向

例 4 如图 1-2 所示, 一质点沿半径为 $r = 20 \text{ cm}$ 的圆周自 A 点
 出发, 逆时针运动 2s, 运动 $\frac{3}{4}$ 圆周到达 B 点, 求:

(1) 质点的位移和路程;

(2) 质点的平均速度和平均速率.

分析: 根据位移、路程、平均速度和平均速率的概念求解.

解: (1) 质点的位移是由 A 点指向 B 点的有向线段, 位移大小为
 线段 AB 的长度, 由图中几何关系可知

$$s = \sqrt{r^2 + r^2} = \sqrt{2} \cdot r = \sqrt{2} \times 20 \text{ cm} \approx 28.3 \text{ cm}.$$

位移方向由 A 点指向 B 点.

质点的路程为质点绕 $\frac{3}{4}$ 圆周的轨迹长度, 则 $l = \frac{3}{4} \times 2\pi r = \frac{3}{4} \times 2\pi \times 20 \text{ cm} \approx 94.2 \text{ cm}.$

(2) 根据平均速度定义 $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{28.3}{2} \text{ cm/s} = 14.2 \text{ cm/s}.$

平均速度方向是由 A 指向 B . 与 AO 夹角为 45° .

质点的平均速率为

$$\bar{v} = \frac{l_{\text{路程}}}{t} = \frac{94.2}{2} \text{ cm/s} = 47.1 \text{ cm/s}.$$

例 5 如图 1-3 所示, 一质点在 xOy 平面内做匀变速运动, $t_1 = 1 \text{ s}$ 时的速度 $v_1 = 5 \text{ m/s}$, 方向
 与 x 轴正方向成 53° 角, $t_2 = 2 \text{ s}$ 时的速度 $v_2 = 3 \text{ m/s}$, 方向与 x 轴正方向相同, 求质点运动过程

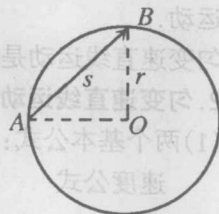


图 1-2

中加速度的大小

分析:质点速度由 v_1 变为 v_2 所用时间 $\Delta t = t_2 - t_1 = 1\text{s}$, 只要求得速度变化量 Δv , 由加速度定义 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 便可求得质点运动的加速度.

解:质点在 $\Delta t = t_2 - t_1 = 1\text{s}$ 内速度改变量为

$\Delta v = v_2 - v_1$

这是矢量关系式, 则 $v_2 = v_1 + \Delta v$, 其矢量三角形如图 1-4 所示. 应用几何知识, 质点速度改变量的大小为

$$\begin{aligned}\Delta v &= \sqrt{v_1^2 - 2v_1 \cdot v_2 \cos 53^\circ + v_2^2} \\ &= \sqrt{5^2 - 2 \times 5 \times 3 \times 0.6 + 3^2} \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}.\end{aligned}$$

根据加速度定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, 则质点运动的加速度大小为

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4 \text{ m/s}}{1 \text{ s}} = 4 \text{ m/s}^2.$$

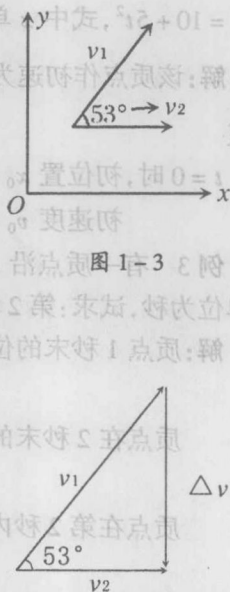


图 1-3

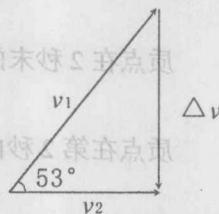


图 1-4

二、匀变速直线运动的规律

1. 匀变速直线运动

物体沿一条直线运动, 如果在任何相等的时间内, 速度变化量都相等, 这种运动叫匀变速直线运动.

匀变速直线运动是最简单的变速直线运动.

2. 匀变速直线运动的规律:

(1) 两个基本公式:

速度公式

$$v_t = v_0 + at$$

位移公式

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

(2) 两个推论

速度—位移公式

$$v_t^2 = v_0^2 + 2as$$

平均速度公式

$$\bar{v} = \frac{1}{2} (v_0 + v_t)$$

(3) 匀变速直线运动的速度—时间图象

匀变速直线运动的 $v-t$ 图象是一条倾斜直线. 对于物理图象首先要理解它的物理意义, 即图象的横轴纵轴各表示什么物理量, 图线的斜率和截距有什么实际意义, 图线和坐标轴围成的“面积”值有没有物理意义. 其次, 要学会作图、用图, 让图象成为我们分析、解决实际问题的有力工具.

说明 (1) 以上公式是矢量式, v_0 、 v_t 、 a 、 s 均为矢量, 应用时要建立坐标轴, 规定正方向. 凡与正方向相同者取正值, 相反者取负值; 所求量为正值, 表明该量方向与正方向相同, 为负值与正方向相反.

通常以 v_0 方向为正方向, 以 $t_0 = 0$ 的位置为初始位置.

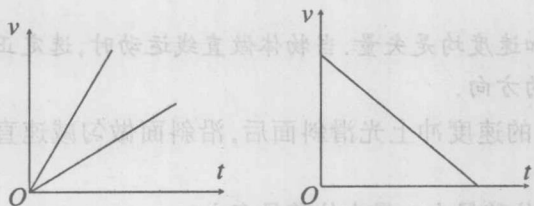


图 1-5

(2) v_0 、 a 对物体运动起关键作用,若 v_0 、 a 未知,常需列方程组求解.

(3) $a=0$,物体作匀速直线运动; $v_0=0$,物体由静止开始作匀加速直线运动.当 $v_0=0$ 时,公式形式变为单项式,利用比例来解题往往比较方便.

例 1 物体从静止开始作匀加速直线运动,第 1 秒内通过的位移是 2m,物体在第 3 秒内的位移是多少? 前 3 秒内平均速度是多少?

解:作匀加速运动物体 a 为定值,根据 $s = \frac{1}{2}at^2$ 可知 $s \propto t^2$

即

$$s_1 : s_2 = 1 : 2^2 \quad s_2 = 4 \times 2 = 8\text{m}$$

$$s_1 : s_3 = 1 : 3^2 \quad s_3 = 9 \times 2 = 18\text{m}$$

第 3 秒内位移

$$S_{\text{III}} = s_3 - s_2 = 18 - 8 = 10\text{m}$$

前 3 秒内平均速度 $\bar{v}_3 = \frac{s_3}{3} = \frac{18}{3} = 6\text{m/s}$.

此题解法有多种,自己可以练一练.

例 2 小孩以 2m/s 速度弹出一玻璃球,球在地板上做匀减速运动,加速度是 0.2m/s^2 ,求 15s 内小球通过的位移是多大?

解:以初速度方向为正,由 $v_t = v_0 - at$ 可得小球运动总时间 $t = \frac{v_0}{a} = \frac{2}{0.2}\text{s} = 10\text{s}$ 即小球 15s 内的位移与 10s 内位移相等,大小 s_{15} 为:

$$s_{15} = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 = 2 \times 10 - \frac{1}{2} \times 0.2 \times 10^2 \text{m} = 10\text{m}$$

例 3 某质点 P 从静止开始以加速度 a_1 做匀加速直线运动,经 $t(\text{s})$ 立即以反向的加速度 a_2 做匀减速直线运动,又经 $t(\text{s})$ 后恰好回到出发点,试证明 $a_2 = 3a_1$.

第一个 $t(\text{s})$ 时速度为

$$v_1 = a_1 t$$

位移

$$s = \frac{1}{2}a_1 t^2$$

第二个 $t(\text{s})$ 的位移为

$$s' = v_1 t - \frac{1}{2}a_2 t^2$$

$\therefore$

$$s = -s'$$

$\therefore$

$$v_1 t - \frac{1}{2}a_2 t^2 = \frac{1}{2}a_1 t^2$$

$$a_1 t^2 - \frac{1}{2}a_2 t^2 = \frac{1}{2}a_1 t^2 \quad \frac{3}{2}a_1 t^2 = \frac{1}{2}a_2 t^2$$

证得 $a_2 = 3a_1$.

说明 位移、速度、加速度均是矢量. 当物体做直线运动时, 选定正方向后, 运用“+”、“-”号来表示 s 、 v_0 、 v_1 和 a 的方向.

例4 物体以 10m/s 的速度冲上光滑斜面后, 沿斜面做匀减速直线运动, 加速度大小是 5m/s^2 设斜面足够长, 问:

(1) 物体在什么时候位移最大? 最大位移是多少?

(2) 物体从斜面折回途中到达位移为 6.4m 处的速度为多大? 到达该点需多少时间?

解: (1) 物体沿斜面向上作匀减速直线运动, 速度为零时位移最大. 由 $v_0^2 = 2as_m$ (3)

物体运动的最大位移及到最大位移的时间: $0 = v_0 - at$; $0 = v_0 - at$ (3)

$$s = \frac{v_0^2}{2|a|} = \frac{10^2}{2 \times 5} \text{m} = 10\text{m} \quad t_1 = \frac{v_0}{a} = \frac{10}{5} \text{s} = 2\text{s}$$

(2) 位移为 6.4m 处离开转折点的距离

$$d = 10\text{m} - 6.4\text{m} = 3.6\text{m}$$

物体通过该点的速度大小为

$$v = \sqrt{2|a|d} = \sqrt{2 \times 5 \times 3.6} \text{m/s} = 6\text{m/s}$$

物体从 6.4m 处运动到转折点的时间为

$$t_2 = \frac{v}{a} = \frac{6}{5} \text{s} = 1.2\text{s}$$

因此物体从转折点运动到该点的时间为 1.2s . 于是得到物体从开始冲上斜面到向下返回 6.4m 处所用的时间是

$$t = t_2 + t_1 = 2\text{s} + 1.2\text{s} = 3.2\text{s}$$

例5 有一做匀加速直线运动的质点, 它在连续相等的时间间隔内通过的位移分别是 24m 和 64m , 每一时间间隔为 4s , 求质点的初速度与加速度.

分析: 质点的运动过程如图 1-6 所示, 质点由 1 到 2 的位移为 24m , 所用时间为 $t = 4\text{s}$; 质点由 2 到 3 的位移为 64m , 所用时间 $t = 4\text{s}$.

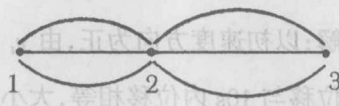


图 1-6

应用做匀变速直线运动的物体, 在某段时间内的平均速度等于这段时间的中间时刻的瞬时速度, 即

$v_{t/2} = \bar{v} = \frac{1}{2}(v_0 + v_1)$ 求解本题.

解: 1、2 两点中间时刻的速度大小为

$$v'_{12} = \bar{v}_{12} = \frac{s_1}{t} = \frac{24}{4} = 6\text{m/s}$$

3、2 两点中间时刻的速度大小为

$$v'_{23} = \bar{v}_{23} = \frac{s_2}{t} = \frac{64}{4} = 16\text{m/s}$$

根据加速度定义 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$, 质点的加速度大小为 $a = \frac{v'_{23} - v'_{12}}{t} = \frac{16 - 6}{4} \text{m/s}^2 = 2.5\text{m/s}^2$.

2 位置瞬时速度等于 1 到 3 的平均速度, 即 $v_2 = \bar{v}_{13} = \frac{s_1 + s_2}{2t} = \frac{24 + 64}{2 \times 4} \text{m/s} = 11\text{m/s}$.