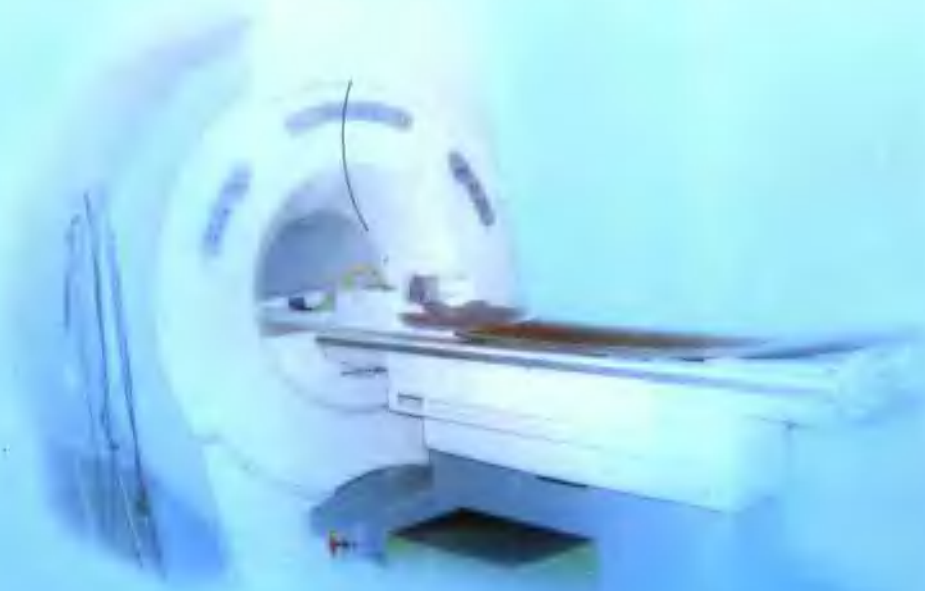


● 主 编 肖 珊

Y 医用物理学

IYONG
WULIXUE



江西高校出版社

医用物理学

主 编:肖 珊

副主编:胡志强(江西医学院上饶分院)

孙利娟(江西医学院上饶分院)

彭友霖(赣南医学院)

李亚琳(赣南医学院)

江西高校出版社

图书在版编目(CIP)数据

医用物理学/肖珊编著. —南昌:江西高校出版社,
2006.8

ISBN 7-81075-198-0

I. 医… II. 肖… III. 医用物理学 IV. R312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006) 第 098374 号

江西高校出版社出版发行

(江西省南昌市洪都北大道 96 号)

邮编:330046 电话:(0791)8529392,8504319

江西太元科技有限公司照排部照排

江西教育印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 13.25 印张 330 千字

印数:1~4200 册

定价:21.00 元

(江西高校版图书如有印刷、装订错误,请随时向承印厂调换)

Y
IYONG
WULIXUE



YIYONG MULIXUE

责任编辑 董 纲 封面设计 邓家珏 责任印制 赵晓琴

目 录

绪论.....	1
---------	---

第一篇 力学

第一章 运动和力.....	5
第一节 机械运动.....	5
第二节 力.....	9
第三节 牛顿运动定律	13
第四节 骨的力学性质	17
思考与练习	20
第二章 功和机械能	22
第一节 功和功率	22
第二节 机械能	24
第三节 机械能守恒定律	26
思考与练习	28
第三章 振动和波	30
第一节 振动	30
第二节 机械波	33
第三节 声波	35
第四节 超声波	40
思考与练习	43
第四章 液体的流动	46
第一节 理想液体的流动	46
第二节 粘滞性液体的流动	48
第三节 血液的流动、血压计.....	50
思考与练习	53

第二篇 热学

第五章 分子运动论、热力学第一定律.....	57
第一节 分子运动论	57
第二节 热力学第一定律	59
思考与练习	62
第六章 气体、液体和固体.....	63

第一节 气体的状态参量	63
第二节 理想气体	66
第三节 固体、液体和液晶	70
第四节 空气的湿度	76
思考与练习	82

第三篇 电磁学

第七章 恒定电流	85
第一节 简单电路	85
第二节 闭合电路欧姆定律	88
第三节 惠斯通电桥	92
第四节 电表仪表	93
思考与练习	98
第八章 电磁现象	100
第一节 磁场	100
第二节 磁感应强度	102
第三节 电磁感应	103
思考与练习	109
第九章 交变电流	110
第一节 交变电流的产生和变化规律	110
第二节 表征交变电流的物理量	111
第三节 变压器	112
第四节 安全用电常识	114
思考与练习	117

第四篇 光学

第十章 几何光学	121
第一节 光的折射、全反射	121
第二节 透镜成像	129
第三节 眼睛	134
思考与练习	140
第十一章 光学仪器	142
第一节 放大镜	142
第二节 检眼镜	143
第三节 光学显微镜	144
第四节 照相机	146
思考与练习	148

第五篇 原子物理学

第十二章 原子结构和辐射	153
第一节 原子的核式结构	153
第二节 激光	154
第三节 X 射线	158
思考与练习	162
第十三章 原子核的放射性	164
第一节 原子核的组成	164
第二节 天然放射性现象、衰变	164
第三节 核反应	166
第四节 放射性核素的医学应用	168
思考与练习	171

实 验

绪论	172
实验一 长度的测量	175
实验二 共点力的合成	178
实验三 验证牛顿第二定律	179
实验四 血压计的使用练习	180
实验五 验证气体状态方程	181
实验六 干湿泡湿度计的使用	183
实验七 用伏安法测量电阻	184
实验八 测定电源电动势和内阻	186
实验九 多用电表的使用	187
实验十 电磁感应现象	189
实验十一 电烙铁和测电笔的使用	190
实验十二 照明电路的安装	193
实验十三 凸透镜焦距的测定	194
实验十四 照相机的使用	196

附 录

附录一 国际单位制(SI)	199
附录二 常见物理量的符号及国际制单位	200
附录三 物理教学基本要求	201

绪 论

一、什么是物理学

物理学是一门自然科学。社会经过三个多世纪的发展,它已经成为一门有众多分支的、硕果累累的科学,为人类的发展起到了加速器的作用。

我们的身边处处有物理现象,苹果熟了为什么会从树上掉下来?火箭为什么能将杨利伟和他乘坐的神州六号推上天?电视中精彩的节目是怎样传到你眼前的?等等,这些都是物理现象!

仔细观察我们周围的世界,会发现,世界是物质的,物质是运动的,运动是绝对的,而静止是相对的,运动是物质存在的形式。物理学就是研究物质结构、物质运动和物质间相互作用的基本规律的科学。可以说,远到宇宙深处,近到咫尺之间,大到广袤苍穹,小到分子原子,都是物质,都是物理学的研究范畴。因此,物理学又是其他自然科学和工程技术的重要基础。

物理学的内容非常广阔、非常丰富,它有许多分科,如力学、热学、电磁学、光学、统计物理学、量子力学、原子和原子物理学、凝聚态(固态和液态)物理学、粒子物理学(高能物理)等等。随着物理学各分科的发展,人们发现物质的不同存在形式和不同运动形式之间存在着联系,于是各科之间开始互相渗透。物理学也逐步发展成为各分科彼此密切联系的统一整体。

二、物理学与医学的关系

随着生命现象的认识逐渐深入,基础医学、临床医学、预防医学等各门医学科学愈来愈多地把它们的理论和技术建立在精确的物理科学基础之上,并以物理学作为理论基础、工具和阶梯。物理学必将为医学的发展与进步起到愈来愈重要的作用。概括起来,物理学与医学的密切关系有以下两个方面。

第一,在医学领域中,物理学是深入认识机体生理和病理的特点、性质、过程等方面的基础之一。例如血液流动要涉及流体力学的知识,人体对能量的吸收遵循能量转换守恒规律,神经传导的过程涉及电学知识,视觉的形成与光学知识密切相关。而且,人类生活在大自然中,生活环境对人体也有很大的影响。例如,温度、湿度、压强、电磁场和放射线等,与人的生存关系就很密切。大量事实说明了物理学是生命医学的基础。

第二,物理学的理论、技术为医学研究、疾病预防、疾病诊断治疗等提供了技术服务。例如测体温、测脉搏、量血压、听诊、输液等应用的是物理原理。显微镜、X射线、超声波、激光、放射性核素计算机断层摄影($R-CT$)、核磁共振($NMR-CT$)、纤维镜等技术成果,都在医学上得到了广泛应用,为医学的发展提供了强有力的技术服务。显微镜导致了细胞、细菌、微生物的发现;意大利医学和解剖学家马尔比尼用显微镜发现了毛细血管,并观察了小鸡在鸡蛋中的发育过程,发展了胚胎学研究。目前,医学已从宏观进入微观领域,由解剖医学水平和细胞医学水平发展到分子、原子医学水平,这一切与物理学的发展是分不开的。因此,作为21世纪医护工作者,掌握物理学的基础知识是十分必要的。

三、物理学对推动社会发展有重要作用

物理学许多重要的技术发明推动着社会和人类文明的发展。如 18 世纪蒸汽机的发明让人类进入到机械化时代;19 至 20 世纪在电磁学基础上发展起来的电力开发与利用,给生产和生活带来深刻的变革和影响,使人类进入到电器化、电信息时代,本世纪原子核能的开发,展示了新的能源,人类社会进入核能时代,预计到本世纪末,核能发电将达到世界总发电量的 30%。同时,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,许多高新技术如航空间技术、现代通信技术、激光技术、现代医疗技术、电子与计算机技术等的发展都与物理学密不可分。当前科学中最引入注意的课题,如生命科学、宇宙起源、材料科学等,都与物理学的研究成果和研究方法密切相关。可以说社会的每一次巨大的进步都是在物理学发展的基础上完成的,没有物理学的发展就没有人类社会和文明的进步。

物理学在发展过程中形成了一套完整的科学方法,它对其他学科的研究和发展,如天文学、化学、生物学、地质学、医学、农业科学乃至哲学,都有重要意义。例如,1843 和 1845 年,英国剑桥大学大学生亚当斯和法国天文学家勒威耶根据万有引力定律先后计算出海王星的运行轨道和质量,1846 年德国天文学家伽勒通过天文望远镜首次发现海王星。1944 年,量子波动力学创立者薛定谔出版了《生命是什么——活细胞的物理学观》,受该书影响,美国生物学博士沃森和英国物理学研究生克里克于 1953 年发现脱氧核糖核酸(DNA)的双螺旋结构,开启了分子生物学的新时代。物理学的发展提高了人类认识世界的能力,改变着人们的思维方式,引导着创新。

四、认真学好物理学

在实际的教学中,物理课时少,内容多,因而进度快。这就要求同学们在学习中,要做好预习,勤于动脑,善于思考,善于联系身边的实际,多问几个为什么,注意思维能力、学习方法和能力的培养。为了更好地掌握知识、运用知识,我们还必须做适量的习题。练习要认真,忌生搬硬套,死记公式。

物理学又是一门实验科学,因此做实验时要认真观察、研究、分析和综合,进一步理解物理概念和定律,巩固所学的知识,并加以灵活地运用。

在学习中形成思考问题的科学方法十分重要。同学们以后不从事物理学研究,在此学过的很多知识在若干年后也会忘记许多,但在学习中形成的好的思维习惯和好的科学素养将成为同学们的潜意识,会使你们的思维有条理、看问题不片面、善于认识新事物,会使同学们终身受益。

第一篇 力 学

力学作为物理学的起源,发展了大概 300 年,现已成为物理学的重要分支。它是研究通常尺寸的物体在受力下的形变,以及速度远低于光速的运动过程的一门自然科学。力学是物理学、其他自然科学的基础,也是医学的基础,研究生命运动、血液循环、医学器械等等都离不开力学知识,随着科技的发展,古老的力学又不断焕发着青春,派生出许多新兴学科,如力学与生物医学相结合形成的生物力学。

力学可粗分为静力学、运动学和动力学三部分,静力学研究力的平衡或物体的静止问题;运动学探讨物体怎样运动;动力学探讨物体运动和所受力的关系及其过程中的功、能。本篇我们将学习这些基础知识。

第一章 运动和力

本章我们将学习如何描述物体的运动,力的基本知识,牛顿运动定律等知识及这些知识在生活、实践中的应用。

第一节 机械运动

构成世界的物质处于永恒的运动之中,在各种运动形式中,最简单最普遍的就是一个物体相对于另一个物体的位置变化,这就是机械运动,简称运动。要了解物体的运动,首先来学习几个基本概念。

一、基本概念

1. 参照系

躺在运动的救护车上的病人是静止还是运动着?要准确回答这个问题就必须先选择一个假定不动的物体,这就是参照系。以救护车为参照系,病人是静止的,以地球为参照系,病人就是运动着的。可见,选择不同的参照系来描述同一个物体的运动,其结果是不同的。一般习惯选择地球为参照系,选择参照系的原则是使运动的描述尽可能简单。

2. 质点

形状各异的物体在运动时,要准确地描述各点位置变化不是简单的事,然而在某些情况下,物体形状、大小往往对运动的结果影响很小或几乎没有影响,这时,我们便将物体看成一个只具有物体质量而无形状大小的点,称之为质点。显然,质点是理想的模型。

在什么情况下可以把物体看作质点?这就要视具体情况而定。如在研究地球绕太阳公转时,地球半径(约 $6.37 \times 10^3 \text{ km}$) 小于公转的轨道半径(即地球与太阳的距离约 $5.5 \times 10^8 \text{ km}$) 万分之一,地球上各处相对于太阳的运动基本上可看作是相同的,因而可忽略地球的大小和形状看着质点。但是,在研究地球自转时,就不能忽略地球的大小看作质点。还有一类运动,它的各个部分的运动情况都相同,任何一点的运动都可以代表整个物体的运动,这样的物体可看成质点。例如电梯的上上下下运动过程中,各点的运动情况相同,电梯就可看成质点。本篇学习的都是把物体看作质点关系来处理。

3. 标量和矢量

我们把仅由它的大小就可以完全确定的物理量叫标量。如人的身高、血细胞的数量等。还有一类物理量,不仅由它的大小,而且还要由它的方向才能完全确定的物理量叫做矢量,如速度、力等。

标量和矢量不仅概念不同,它们的表示方法和运算法则也不同。标量的大小可用一线段的长度来表示,而矢量则必须用一带箭头的线段来表示,线段的长度表示大小,箭头则表示方向。

标量的运算只要单位相同就可以用代数方法运算,而矢量则不行。比如盐水瓶受到 $F_1 = 10 \text{ N}$, $F_2 = 10 \text{ N}$ 两个力作用,你能说出这两个力的合计多少吗?在不知道它们的方向时肯定不

行,在后续课中,我们将学习矢量的运算法则——平行四边形法则。

4. 时间与时刻

时间与时刻是两个经常用到的不同概念的物理量,时间涵盖一个过程。例如:手术于8点开始,10点结束,这指的都是时刻,从8点到10点则是时间,这段时间是2小时。若用数轴表示,时刻对应一个点,时间对应一线段。

5. 路程和位移

初中,我们学习了路程的概念,它是运动质点所经过的轨迹的长度,它只有大小没有方向,是标量。其大小决定于质点的路径。如图1-1,从A点到B点,路径ADB的路程小于路径ACB。

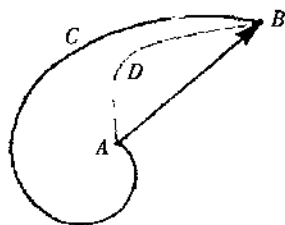


图 1-1

为了准确地描述运动质点的位置随时间的变化,我们引入位移。位移就是指运动质点从始点指向终点的有向线段,是矢量。ACB、ADB两个运动过程始、终点一样,所以它们的位移都是 $\overrightarrow{AB}$,可见,位移与运动质点的路径无关,只决定于始、终点位置。

路程和位移是两类不同的物理量,在一般情况下,位移的大小与路程的大小不同,只有当质点做方向不变的直线运动时,二者的大小才相等。

6. 平均速度与即时速度

速度是反应物体运动快慢的物理量。在初中,我们学过平均速度,物体的位移 S 与通过这段位移所用的时间比值,即 $\bar{v} = \frac{S}{t}$

平均速度只能粗略地描述物体的运动情况,要精确描述就必须用即时速度。

即时速度就是指物体在某一时刻或通过某一位置时具有的速度,又称瞬时速度,简称速度。速度是矢量,速度的大小就是速率,速度的方向就是物体运动的方向,在国际单位制中速度的单位是米/秒(m/s),读作米每秒。

我们平常看到汽车上速度计的示数,都是即时速率。仔细观察,会看到指针所指的数值随着行驶的快慢而改变。

7. 加速度

定义 在变速运动中,物体的速度是时刻在改变的,不同的变速运动,速度改变的快慢往往也不相同。火车进站时速度减小的很慢,子弹在枪膛里速度增加的很快,为了描述速度改变的快慢,我们引入一个新的物理量——加速度。

加速度是描述物体速度改变快慢的物理量,它等于速度的改变跟发生这一改变所用时间的比值。

公式 用 v_0 表示物体开始时刻的速度(初速度),用 v_t 表示经过一段时间 t 末了时刻的速度(末速度),用 a 表示加速度,则

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (1-1)$$

单位 在国际单位制中,加速度的单位是米/秒²(m/s²),读作米每二次方秒。

加速度不但有大小,而且还有方向,是矢量,加速度的方向决定于 $v_t - v_0$ 。

二、匀变速直线运动

1. 匀变速直线运动

在直线运动中,物体运动的速度均匀的增加或均匀的减少,即做直线运动的物体在相等的时间内速度的变化相等,这种运动叫做匀变速直线运动。它包括匀加速直线运动和匀减速直线运动。日常生活中我们所观察到的火车进、出站,物体从斜面滑下,子弹在枪堂内的运动等都可近似看作匀变速直线运动。

2. 匀变速直线运动加速度

在任何相等的时间内速度的改变相等,意味着在单位时间内速度的变化 $\frac{v_t - v_0}{t}$ 为一个定值,根据加速度定义 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 为一个不随时间变化的恒定值。因此,匀变速直线运动是加速度不变的运动。加速度是矢量,通常我们取开始运动时的速度 v_0 为正方向,若 $v_t > v_0$, $a > 0$ 为正值,表示加速度 a 的方向与初速度 v_0 方向相同,物体做匀加速直线运动;若 $v_t < v_0$, $a < 0$ 为负值,表示加速度 a 的方向与初速度 v_0 的方向相反,物体做匀减速直线运动,在匀速直线运动中, $v_t = v_0$, $a = 0$ 。可见,可由加速度来判断物体所处的运动状态,因此,加速度又是反应物体运动状态的物理量。

例 1-1 救护车在 6 秒内速度由 12.0 米/秒均匀减小到 3.0 米/秒,试求其加速度?

解:已知 $t = 6 \text{ s}$, $v_0 = 12.0 \text{ m/s}$, $v_t = 3.0 \text{ m/s}$, 求 a 。

由加速度公式 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$

$$\text{得} \quad a = \frac{3.0 - 12.0}{6} = -1.5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

a 为负值,表示其方向与 v_0 方向即车运动的方向相反,作减速运动。

答:救护车的加速度为 -1.5 米/秒^2 。

3. 匀变速直线运动规律

(1) 速度和时间的关系。

由加速度公式 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 可得

$$v_t = v_0 + at \quad (1-2)$$

这个公式表明了做匀变速直线运动质点的即时速度 v_t 随时间 t 变化的规律,称为匀变速直线运动的速度公式。

当物体从静止开始作匀变速直线运动时, $v_0 = 0$, 则 $v_t = at$

(2) 位移和时间的关系。

我们知道位移 $s = \bar{v}t$, 对于匀变速直线运动,平均速度可用初速度 v_0 和末速度 v_t 来表示:

$$\bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2}, \text{代入 } s = \bar{v}t, \text{有 } s = \frac{v_0 + v_t}{2} t$$

又 $v_t = v_0 + at$, 代入上式,得

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \quad (1-3)$$

这个式子表明了位移随时间变化的关系,称为匀变速直线运动的位移公式。

当初速度 $v_0 = 0$ 时, $s = \frac{1}{2}at^2$ 。

(3) 速度与位移的关系。

由 $a = \frac{v_t - v_0}{t}$ 可知, $t = \frac{v_t - v_0}{a}$ 代入 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$, 化简整理得

$$v_t^2 - v_0^2 = 2as \quad (1-4)$$

它直接表明了 v_t 、 v_0 、 a 、 s 四个物理量之间的关系, 称为速度与位移的关系式。

当初速度 $v_0 = 0$ 时, $v_t^2 = 2as$ 。

例 1-2 某人骑自行车从静止开始由斜坡的顶端而下, 已知其加速度为 0.2 m/s^2 , 经 20 s 后到达坡底, 问坡有多长? 到达坡底的速度是多少?

解: 已知 $a = 0.2 \text{ m/s}^2$, $t = 20 \text{ s}$, $v_0 = 0$, 求 s , v_t 。

根据位移公式 $s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$,

有 $s = \frac{1}{2}at^2$

$$s = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 400 = 40 \text{ (m)}$$

又根据速度公式 $v_t = v_0 + at$, 有 $v_t = at$

所以 $v_t = 0.2 \times 20 = 4 \text{ (m/s)}$

或由 $v_t^2 = 2as$ 可得 $v_t = \sqrt{16} = 4 \text{ (m/s)}$

答: 斜坡的长为 40 m , 人到达坡底的速度为 4 m/s 。

三、自由落体运动

1. 自由落体运动

物体在重力作用下自由下落的运动是一种常见的运动, 不同物体下落的快慢是否相同? 历史上很长一段时间, 人们认为重的物体下落的快, 轻的物体下落的慢, 直到 16 世纪人们才正确地认识到在没有空气阻力时, 轻重不同的物体下落的速度是相同的。

在没有空气阻力时, 物体只在重力作用下从静止开始下落的运动, 叫做自由落体运动。如果空气阻力的作用比较小, 可忽略不计, 那么物体在空中由静止开始下落的运动也可看做自由落体运动。

伽利略首先研究了这类运动, 指出: 自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动。

2. 重力加速度

两个质量不同的物体在同一地点, 从同一高度同时自由下落, 它们同时到达地面的事实说明它们在下落过程中速度变化情况完全相同, 它们具有完全相同的加速度。

在地球上, 同一地点, 一切物体作自由落体运动时, 加速度大小和方向都相同, 这个加速度叫做自由落体加速度, 它是由重力产生的, 故叫重力加速度。通常用 g 表示, 方向竖直向下, 大小通常取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ 。

实验证明, 在地球上不同地方, g 略有差异, 例如在北京 $g = 9.801 \text{ m/s}^2$; 在赤道 $g = 9.7801 \text{ m/s}^2$, 在两极 $g = 9.832 \text{ m/s}^2$ 等等, 近似计算中取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。

3. 自由落体运动规律

由于自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动,所以匀变速直线运动的基本公式适用于自由落体运动,将重力加速度 g 代替 a ,用高度 h 代替位移 s ,且 $v_0 = 0$,

于是

$$v_t = gt \quad (1-5)$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1-6)$$

$$v_t^2 = 2gh \quad (1-7)$$

这三个公式就是自由落体运动的规律。

【小知识】

宇宙速度

在近代的火箭技术上,人类早已实现了三种宇宙速度。第一宇宙速度:从地面上发射出去的人造卫星绕地球运转所需的最小速度,为 7.91 km/s ;第二宇宙速度:从地球上发射的航天器如欲飞离地球而不再返回的最低的发射速度,为 11.19 km/s ;第三宇宙速度:飞出太阳系的最低发射速度,为 16.66 km/s ;第四宇宙速度:是指冲出银河系的最低的发射速度。由于人类对银河系的了解尚在进行中,它的精确质量和半径尚未清楚。因此,飞出银河系的第四宇宙速度的数值只能估算,大约在 $110 \sim 220 \text{ km/s}$ 之间。目前,人类还没能实现第四宇宙速度。

【做一做】

挂在线上的大小两个石头,同时把线剪断,落地有几个声音?说明了什么?

【想一想】

1. 一人在半径为 R 的圆形跑道上从 A 点出发顺时针方向运动,第一次经过 C 点时的位移、路程是多少?经一圈回到 A 点时的位移、路程又是多少?

2. 下面描述的运动中,可能的是_____ ① 速度变化很大,但加速度很小;
② 速度向东,加速度向西;③ 速度变化越来越快,而加速度越来越小;④ 速度越来越大,加速度越来越小。

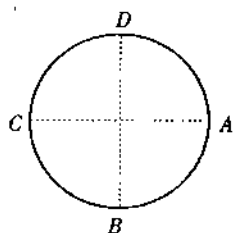


图 1-2

第二节 力

一、力的概念

1. 力的定义

力是物体之间的相互作用,用手提书包,手对书包施加了力,同时我们感到书包向下拉手,即书包对手也施加了力。手压弹簧,手对弹簧施加了力,同时弹簧对手也施加这种作用。前者是施力物体,后者是受力物体,只要有力发生,就一定有受力物体和施力物体。

2. 力的表示

力不但有大小,而且还有方向,力是矢量,在国际单位制中,力的单位是牛顿(N),力可以用一根按一定比例画出的带箭头的线段来表示,其长度表示力的大小,箭头表示力的方向,箭头或箭尾表示力的作用点,这种表示力的方法,叫做力的图示,如图 1-3, F 为作用在小车上的 50 N 力的图示。

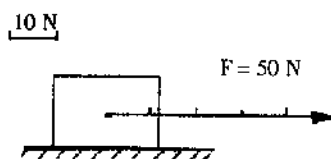


图 1-3 力的图示