

公安应用物理

GONGAN YINGYONG WULI

■ 马 竞 著



中国人民公安大学出版社

公安应用物理

马 竞 著

中国人民公安大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

公安应用物理 / 马竞著. —北京: 中国人民公安大学出版社, 2014. 5

ISBN 978 - 7 - 5653 - 1733 - 0

I. ①公… II. ①马… III. ①公安学—应用物理学
IV. ①D035. 3 ②059

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 086590 号

公安应用物理

马 竞 著

出版发行: 中国人民公安大学出版社

地 址: 北京市西城区木樨地南里

邮政编码: 100038

经 销: 新华书店

印 刷: 北京泰锐印刷有限责任公司

版 次: 2014 年 6 月第 1 版

印 次: 2014 年 6 月第 1 次

印 张: 9.75

开 本: 880 毫米 × 1230 毫米 1/32

字 数: 260 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5653 - 1733 - 0

定 价: 29.00 元

网 址: www.cppsups.com.cn www.porclub.com.cn

电子邮箱: zbs@cppsup.com zbs@cppsu.edu.cn

营销中心电话: 010 - 83903254

读者服务部电话 (门市): 010 - 83903257

警官读者俱乐部电话 (网购、邮购): 010 - 83903253

教材分社电话: 010 - 83903259

本社图书出现印装质量问题, 由本社负责退换
版权所有 侵权必究



前 言

大学物理作为公安院校刑事科学技术专业和道路交通过管理专业的专业基础课程,多年来一直采用普通大学的《普通物理》教材,此类教材理论知识深厚,但与公安业务联系较少,很难适应专业教育,如何进行大学物理课程改革,尤其是教材改革,使之更好地为专业服务,是公安教育工作者必须解决的问题。

本人在长期的教学实践及与外校的交流中发现,大学物理课程在教学过程中普遍存在以下现象:有的学生认为大学物理内容抽象、深奥,难以掌握运用;有的认为大学物理就是高中的物理加数学工具微积分,没有多少新知识;也有的认为大学物理的内容与自己所学专业联系不大,没有多大用处。由此,一部分学生学习大学物理的兴趣不高,主动性差,有厌学情绪,学习效果不佳。如何使公安院校学生提高物理的创新能力、综合素质,使物理知识在其将来的公安业务工作中发挥应有的作用,就需要在教学内容、课程体系、教学方法等方面进行改革,撰写一本适合公安特点的专业教材尤为重要。

本书针对大学物理课程主要研究的几大部分内容,包括力、声、电、光、磁、纳米技术等,根据刑事科学技术专业的特点,进行了融合、创新,形成了一套具有公安特色的全新大学物理

体系。本书适合各类公安院校刑事科学技术专业、道路交通管理等专业使用。

本书在撰写过程中，借鉴了一些专家、学者和同行的成果，在此表示衷心的感谢。受本人知识水平、能力和技术水平的限制，书中难免有误，欢迎广大读者提出批评意见，以便进一步修订完善。

马竞

2014年3月



目 录

第一章 痕迹力学在刑事科学技术中的应用	1
第一节 力学基础理论	1
第二节 手印的形成原理及变形手印的力学分析	27
第三节 工具痕迹的力学分析	39
第四节 弹子锁开启的力学分析	55
第二章 运动定律在刑事科学技术中的应用	65
第一节 运动定律基础理论	65
第二节 圆周运动、抛体运动在枪弹检验中的应用	89
第三节 交通事故车辆速度分析与计算	105
第四节 力矩平衡在机动车事故鉴定中的应用	116
第五节 车辆的碰撞分析	123
第三章 声学在刑事科学技术中的应用	133
第一节 声学基础理论	133
第二节 多普勒效应在车辆测速中的应用	146
第三节 声纹在鉴定技术中的应用	151
第四节 冲击波理论在痕迹形成中的分析利用	152
第四章 光学在刑事科学技术中的应用	158
第一节 光学基础理论	158
第二节 发光材料的原理及其应用	184
第三节 光照法在物证检验照相中的应用	188

第四节	光致发光原理在指纹显现中的应用	193
第五节	多波段光源在指印照相中的应用	199
第六节	激光在刑事照相中的应用	203
第七节	红外热感成像技术	209
第五章	光谱学在刑事科学技术中的应用	212
第一节	光谱学基础理论	212
第二节	光谱仪的使用及其应用	218
第三节	扫描电镜和能谱仪在刑事科学技术中的应用	222
第四节	光谱成像原理在刑事科学技术中的应用	224
第六章	电磁场理论在刑事科学技术中的应用	231
第一节	电磁场基础理论	231
第二节	扫描电镜与 X 射线能谱仪的工作原理	249
第三节	气相色谱 - 质谱联用仪的工作原理	252
第四节	电磁信息痕迹在刑事科学技术中的应用	254
第五节	雷达、雷射测速系统测速原理	261
第七章	纳米技术在刑事科学技术中的应用	263
第一节	纳米技术基础理论	263
第二节	纳米技术在刑事科学技术中的应用	268
第八章	物理分析仪器在刑事科学技术中的应用	275
第一节	显微镜在物证检验鉴定中的应用	275
第二节	测距仪在交通事故现场勘查中的应用	295
参考文献		302



第一章 痕迹力学在刑事科学技术中的应用

第一节 力学基础理论

一、力的属性

(一) 力的三要素

力是物体对物体的作用，物体间力的作用是相互的。力不仅有大小还有方向，力的大小、力的方向、力的作用点是力的三要素。力的三要素是力对物体的作用效果，可用一个有向线段来描述其方向与大小。用该有向线段的起点描述其作用点，线段所在的直线就称为力的作用线。力的三要素会影响力的作用效果（如图 1-1-1 所示）。

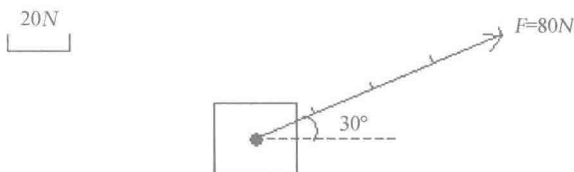


图 1-1-1 力的三要素示意图

(二) 力的分类

力是物体间的相互作用。各种力有两种不同的分类方法：

1. 按性质不同可分为重力、弹力、摩擦力、分子力和电磁力。
2. 按效果不同可分为压力、拉力、浮力、动力和阻力等。

现代科学研究告诉我们，通常见到的重力、弹力、摩擦力、分

子力和电磁力可以归结为两种基本的相互作用，即万有引力和电磁力。万有引力是由于物体具有质量而在物体之间产生的。

性质不同的力效果可以相同，效果相同的力性质可以不同。

（三）力的矢量性

物体受几个力共同作用，我们可以用一个力代替这几个力共同作用，其效果完全相同，这个力叫作那几个力的合力。已知几个力，求它们的合力叫作力的合成。

两个互成角度的力的合力，可以用表示这两个力的线段作邻边，作平行四边形，所夹的对角线就表示合力的大小和方向。这个法则叫作力的平行四边形定则（如图 1-1-2 所示）。

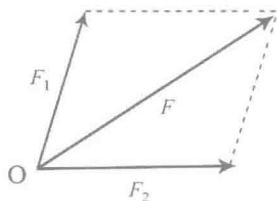


图 1-1-2 力的平行四边形定则

二、常见力和四种基本相互作用力

（一）常见力

日常生活中经常遇到的力有重力、弹力和摩擦力等。

1. 重力。地球表面附近的物体都受到地球的吸引作用，这种因地球吸引而使物体受到的力叫作重力（Gravity）。在重力作用下，任何物体产生的加速度都是重力加速度（ g ）。重力的方向和重力加速度的方向相同，都是竖直向下的。

重力的存在主要是由于地球对物体有引力。在地面附近和一些要求精度不高的计算中，可以认为重力近似等于地球的引力。对于地面附近的物体，所在位置的高度变化与地球半径（约为



6370 km) 相比极为微小, 可以认为它到地心的距离就等于地球半径, 物体在地面附近不同高度时的重力加速度也就可以看作是常量。则公式为:

$$G = mg \quad \text{式 (1-1-1)}$$

[注意] 由于地球自转, 重力并不是地球的引力, 而是引力沿竖直方向的一个分力, 地球引力的另一个分力提供向心力 (如图 1-1-3 所示)。

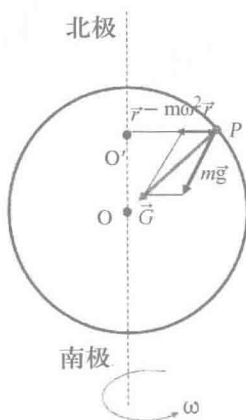


图 1-1-3 地球表面物体受到的万有引力
可分解为重力和向心力

2. 弹力。发生形变的物体, 由于要恢复原状, 对与它接触的物体会产生力的作用。这种力叫作弹力 (Elastic Force)。弹力是产生在直接接触的物体之间并以物体的形变为先决条件的。弹力的表现形式是多种多样的, 下面只讨论三种表现形式。

一种是两个物体通过一定面积相互挤压的情形。这时相互挤压的两个物体都会发生形变, 即使小到难以观察, 但形变总是存在的, 因而产生对对方的弹力作用。这种弹力通常叫作正压力 (Normal Force) 或支承力 (Support Force)。它们的大小取决于相

互挤压的程度，它们的方向总是垂直于接触面而指向对方（如图 1-1-4 所示）。

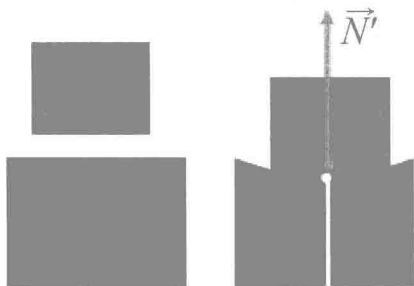


图 1-1-4 两个物体通过一定面积相互挤压时产生的弹力

另一种弹力是绳线对物体的拉力。这种拉力是因绳线发生了伸长形变而产生的，其大小取决于收紧的程度，它们的方向总是沿着绳线而指向绳线收紧的方向。绳产生拉力时，其内部各段之间也有相互的弹力作用。在张紧的绳上某处作一假想横截面，把绳分为两侧，这种内部两侧绳的相互拉力叫作张力。这时力都是相等的，而且就等于外力（如图 1-1-5 所示）。

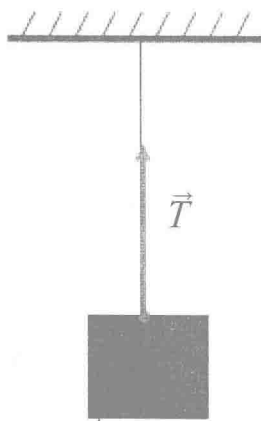


图 1-1-5 绳对物体的拉力

还有一种在力学中常讨论的力是弹簧的弹力。当弹簧被拉伸或压缩时，它就会对与之相连的物体有弹力作用（如图 1-1-6 所示）。

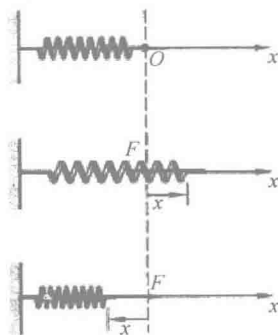


图 1-1-6 弹簧的弹力

这种弹力总是力图使弹簧恢复原状，所以叫作回复力。这种回复力在弹性限度内，其大小和形变成正比。以 F 表示弹力，以 x 表示形变亦即弹簧的长度变化，则：

$$F = -kx \quad \text{式 (1-1-2)}$$

式中 k 叫作弹簧的劲度系数或劲度 (Stiffness)，负号表示弹力的方向总是和弹簧位移的方向相反，这就是说，弹力总是指向要恢复它原长的方向。式 (1-1-2) 常被叫作胡克定律。

3. 摩擦力。两个相互接触的物体在沿接触面相对运动时，或者有相对运动的趋势时，在接触面之间会产生一对阻止相对运动的力，这种力叫作摩擦力 (Friction Force)。

相互接触的两个物体在外力作用下，虽有相对运动的趋势，但并不产生相对运动，这时的摩擦力叫作静摩擦力 (Static Friction Force)。所谓相对运动的趋势指的是，假如没有静摩擦，物体将发生相对滑动。正是由于静摩擦的存在，阻止了物体相对滑动的出现。其静摩擦力的方向与该物体相对于另一物体的运动趋势的方向相反。静摩擦力的大小视外力的大小而定，介乎 0 和某个最大静摩擦力 f 之间。当外力超过最大静摩擦力时，物体间产生了相对运动，这时也有摩擦力，叫作滑动摩擦力 (Sliding Friction Force)。

实验表明, 滑动摩擦力 f 也与正压力 N 成正比, 则:

$$f = \mu N \quad \text{式 (1-1-3)}$$

μ 叫作滑动摩擦因数 (Coefficient of Sliding Friction)。它也和相互接触的两物体的材料和表面情况有关, 而且还和物体的相对速度有关。

(二) 四种基本相互作用力

1. 万有引力。这是存在于任何两个物体之间的吸引力。它的规律是胡克、牛顿等发现的。按牛顿万有引力定律 (Law of Universal Gravitation), 质量分别为 m_1 和 m_2 的两个质点, 相距为 r 时, 它们之间的万有引力为:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{式 (1-1-4)}$$

式中 G 叫作引力常量 (Gravitational Constant), 在国际单位制中, 它的大小为:

$$G = 6.67259 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$$

式 (1-1-4) 中的质量反映了物体的引力性质, 叫作引力质量 (Gravitational Mass), 它和反映物体惯性的惯性质量 (Inertial Mass) 在意义上是不同的。实践证明, 只要选取适当的比例系数, 这两个质量是相等的, 因此可说它们是等价的。

重力是由地球对它表面附近的物体的引力引起的, 忽略地球自转的影响 (其误差不超过 0.4%), 物体所受的重力就等于它所受的万有引力。设地球的质量为 M , 半径为 R , 物体的质量为 m , 即由此得 $mg = G \frac{Mm}{R^2}$, 即得 $g = G \frac{M}{R^2}$ 。

2. 电磁力。存在于静止电荷之间的电性力以及存在于运动电荷之间的电性力和磁性力, 总称电磁力 (Electromagnetic Force)。在微观领域中, 还发现有些不带电的中性粒子也参与电磁相互作用。

电磁力和万有引力一样, 都是长程力, 但与万有引力不同, 它既有表现为引力的, 也有表现为斥力的, 而且它比万有引力大得多。两个质子间的电磁力要比同距离时的万有引力大 1036 倍。



由于分子和原子都是由电荷组成的系统，所以它们之间的作用力基本上就是它们电荷之间的电磁力。物体之间的弹力和摩擦力以及气体的压力、浮力等都是相邻原子或分子之间作用力的宏观表现，因此基本上也是电磁力。

3. 强力。当人们对物质结构的探索进入比原子还小的领域中时，发现在核子、介子和超子之间存在一种强力，又叫作强相互作用力（Strong Interaction）。正是这种力把原子内的质子以及中子紧紧地束缚在一起，形成原子核。强力是比电磁力更强的基本力，两个相邻质子之间的强力可达 10^4N ，比电磁力大 100 倍。强力是一种短程力，其作用范围很短。强力主要表现为引力和斥力。

4. 弱力。在亚原子领域中，人们还发现一种短程力，叫弱力，也叫弱相互作用力（Weak Interaction）。弱力在导致 β 衰变放出电子和中微子时会显示出它的重要性。两个相邻质子之间的弱力只有 10^{-2}N 左右。

人们对四种基本作用力的认识是 20 世纪 30 年代物理学的一大成就。从此以后，人们就企图发现这四种力之间的联系。爱因斯坦一生最大的愿望就是追求世界的和谐、简洁和统一，他企图把万有引力和电磁力统一起来，但没有成功。20 世纪 60 年代，格拉肖（S. L. Glashow）、温伯格（S. Weinberg）和萨拉姆（A. Salam）在杨振宁等提出的理论基础上，发展了弱力与电磁力相统一的理论，并在 20 世纪 70 年代和 80 年代初得到了实验的证明，这是物理学发展史上又一个里程碑。人们期待有朝一日，能建立起弱、电、强的“大统一”理论，以致最后创立统一四种基本力的“超统一”理论。这是当前理论物理界最活跃的前沿课题。

三、牛顿三大定律

牛顿运动定律是经典力学的基础。虽然牛顿运动定律一般是对质点而言的，但这并不限制定律的广泛适用性，因为复杂的物体在原则上可看作是质点的组合。从牛顿运动定律出发可以导出刚体、

流体、弹性体等的运动规律，从而建立起整个经典力学体系。牛顿集前人有关力学研究之大成，特别是汲取了伽利略的研究成果，在1687年发表了他的名著《自然哲学的数学原理》。它的出版标志着经典力学体系的确立。牛顿在书中概括的基本定律有三条，就是通常所说的牛顿运动三大定律。

（一）牛顿第一定律

任何物体都保持着静止或匀速直线运动状态，直到外力迫使它改变这种状态为止，这就是牛顿第一定律（Newton First Law）。

下面我们对牛顿第一定律作几点说明：

1. 牛顿第一定律表明，任何物体都具有保持其运动状态不变的性质，我们把这个性质叫作惯性（Inertia）。因此，牛顿第一定律常常被称为惯性定律（Law of Inertia）。惯性是物体本身的固有属性，在经典物理领域，惯性的大小与物体是否运动无关。

2. 牛顿第一定律还指出，由于任何物体都具有惯性，要使物体的运动状态发生变化就必须有外力作用。因此，该定律给出了力的概念，力就是物体与物体之间的相互作用。

3. 牛顿第一定律是大量观察与实验事实的抽象与概括。它无法用实验来证明，因为完全不受其他物体作用的孤立物体是不存在的。

4. 牛顿第一定律定义了惯性系。我们把牛顿第一定律在其中严格成立的参考系称为惯性系（Inertial System），而把牛顿第一定律不成立的参考系称为非惯性系。在一般精度范围内，地球可看成是惯性系。

（二）牛顿第二定律

物体受到外力作用时，它所获得的加速度的大小与外力大小成正比，并与物体的质量成反比，加速度的方向与外力的方向相同。

牛顿第二定律通常的数学表达式为：

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad \text{式 (1-1-5)}$$

在国际单位制中，质量的单位是 kg，加速度的单位是 m/s^2 ，力的单位则是 N。



一个有趣而常被忽视的历史事实是，牛顿对力学基本定律的表述并非式(1-1-5)的形式；方程式 $\vec{F} = m\vec{a}$ 在牛顿的名著《自然哲学的数学原理》中从未出现过。牛顿自己是怎样表述第二定律的呢？他原文的意思是这样的：运动的变化与所加的动力成正比，并且发生在这力所加的直线的方向上。

牛顿在定律中提出的“运动”一词是有其严格定义的，他把物体的质量和速度矢量之积定义为“运动”。我们知道，现在这个乘积 $m\vec{v}$ 叫作物体的动量（Momentum），用 $\vec{P}$ 表示，则：

$$\vec{P} = m\vec{v} \quad \text{式 (1-1-6)}$$

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F} \quad \text{式 (1-1-7)}$$

或
$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}dt \quad \text{式 (1-1-8)}$$

这就是牛顿第二定律的微分形式。

由式(1-1-8)可得 $\frac{d\vec{P}}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}dt$ 。即：

$$\vec{F} = m(\frac{d\vec{v}}{dt}) = m\vec{a}$$

这就是我们所熟悉的牛顿第二定律的数学表达式。

下面我们对牛顿第二定律作几点说明：

1. 牛顿第二定律所表示的外力和加速度的关系是瞬时关系。也就是说，加速度只有在有外力作用时才产生，外力改变了，加速度也随之改变。

2. 牛顿第二定律给出的是矢量式，具体应用的时候可以写成适当的分量形式。例如，在直角坐标系中，分量式为：

$$F_x = m \frac{d^2x}{dt^2}, F_y = m \frac{d^2y}{dt^2}, F_z = m \frac{d^2z}{dt^2}$$

在自然坐标系中，分量式为：

$$F_t = ma_t = m \frac{dv}{dt}, F_n = ma_n = m \frac{v^2}{r}$$

(三) 牛顿第三定律

作用在物体上的力都是来自其他物体的。但是，任何一个力还只是两个物体之间相互作用的一个方面。我们发现，不论何时，一

一个物体如对第二个物体施力，则第二个物体就同时对第一个物体也施力。一个单独的孤立的力实际上是不可能存在的。力的这种相互作用的性质已被牛顿第三定律所揭示。

两物体之间的作用力与反作用力总是大小相等、方向相反，在一条直线上，分别作用在两个物体上。这就是牛顿第三定律 (Newton third Law)。其数学表达式为

$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA} \quad \text{式 (1-1-9)}$$

我们把 $\vec{F}_{AB}$ 和 $\vec{F}_{BA}$ 中的一个叫作作用力 (Acting Force)，则另一个就叫作反作用力 (Reacting Force)。

下面我们对牛顿第三定律作几点说明：

1. 作用力和反作用力总是同时以大小相等、方向相反的方式成对出现，即它们同时出现、同时消失。

2. 作用力和反作用力是分别作用在两个相互作用的物体上的，不能相互抵消。

3. 作用力和反作用力总是属于同种性质的力。图 1-1-7 是关于第三定律的几个例子，从中可以看出，作用力和反作用力属于同一种性质。例如，图 1-1-7 (a) 中是一对磁力；图 1-1-7 (b) 中都是万有引力；图 1-1-7 (c) 中都是摩擦力；图 1-1-7 (d) 中是一对电力；图 1-1-7 (e) 中都是张力。

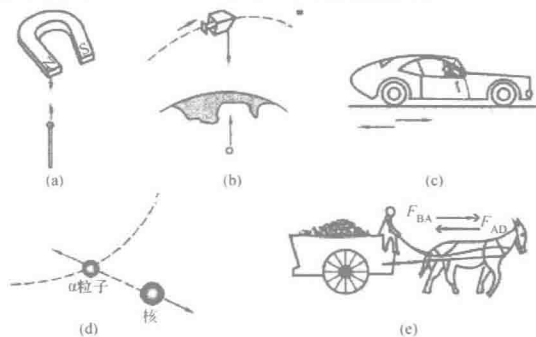


图 1-1-7 作用力和反作用力