

# 静电场的艺术魅力

刘耀康

人类总是试图解释千变万化、瑰丽多彩、奥妙无穷的自然界,因而产生了科学。科学从诞生的那一刻起就具有了美学价值——内在美和外在美。科学的内在美是:从简洁的定理、定律、公式出发,利用数学深刻、统一、和谐地解释各种自然现象,全面而正确地认识自然规律;科学的外在美是:根据这些简洁的定理、定律、公式绘制出赏心悦目的形体、图形,令人心旷神怡、遐思无限……深刻体会到符合自然规律的美是最有魅力的。物理学正是展现科学外在美的典型学科之一。这里先展示一些具有艺术魅力的图片,然后再介绍这些图片的内容和绘制方法。

## 一、一组美丽的图形

这些图形美丽而优雅、匀称而和谐,有的像盛开的花朵、有的像成熟的果实、有的像节肢动物,有的像三星堆的面具,似乎承载着数千年前的神秘信息;令人产生神奇联想。经过仔细观察,可能又觉得似曾相识——不错,这是静电学中的图形,只不过对不同物理量的数值赋予了渐变的灰度颜色。图 1~ 图

4 是电场线:图 1 是一对等量、同号点电荷的电场线,图 2 是电偶极子的电场线,图 3、图 4 分别是电量之比为 1:  $\pm 3$  的点电荷对的电场线。其余的都是点电荷系统的等势面,只是电荷个数与电量不同:图 5、图 6 是电量之比分别为  $\pm 1: 1$  的点电荷对的等势面,图 7 是电量之比为 1: 3 的电荷对的等势面;图 8、图 9 是 3 个等量电荷的等势面,图 8 中的电荷是 2 正 1 负,图 9 是 3 个正电荷,图 10、图 11 是两对电偶极子在同一条直线上按顺序、反序、电荷等距排列的等势面,图 12 是 4 个等量同号电荷放在正方形顶点上的等势面;图 13、图 14 是位于一个正方形顶点上的两对电偶极子电荷的等势面,图 13 的排列方式是对角线上的电荷同号,图 14 是对角线上的电荷异号;图 15~ 图 18 是等量的正、负电荷各 4 个按不同方式排列的等势面,图 15 中左边和正下方 4 个是正电荷、其余 4 个是负电荷,图 16 中的相邻电荷都为异号,图 17 的电荷两两同号分成 4 组、各组电荷异号相邻排列,图 18 右上角 3 个与左下角 1 个都是正

违背因果律。因此,将电力沿径向纳入库仑定律并当成是库仑得到的实验结果是不合适的,库仑定律描述的对象是点电荷之间的作用,因此点电荷是前提,所谓的“库仑定律比高斯定理包含更多的信息”其实是来自点电荷的模型而非实验。

由此可见,两点电荷间作用力沿连线方向,或者说点电荷的场沿径向都是对称性原理的结果。而静电场的环路定理即静电场的无旋性,则是电力沿径向的必然结果。因此,静电场的高斯定律与库仑定律的实质都是电力与距离平方成反比,两者是等价的。电力沿径向以及由此得到的环路定理都是点电荷模型及空间各向同性的必然结果。

## 三、形成不同观点的根本原因

如果将两点电荷间作用力沿连线方向作为库仑的实验结果而纳入库仑定律,自然会得到高斯定理加对称性原理等于库仑定律的结论,那么,高斯定理就与库仑定律不等价。

如果认为点电荷间作用力沿连线方向是对称性原理的结果,那么库仑定律和高斯定律的实质都是

电力大小与距离平方成反比,二者等价。

综上所述,两种不同观点的根本原因在于,把由对称性得到的结论或者说将对称性原理本身置于不同的地位、不同的层次。第一种观点将其作为库仑定律的一部分,而第二种观点则将其置于库仑定律以及高斯定律之上,认为它是更高层次的法则,库仑定律与高斯定律都应该遵循它,而不可能包含它。

赵凯华先生指出,自然界的规律是分层次的,正像一个国家,宪法是最高层次的法律;下面每个部门可以有自己具体的法规,但不能与宪法相悖,不应与上一层次的法规相抵触。物理学家孜孜以求的,主要是那些适用性更广泛的基本规律,如牛顿定律、麦克斯韦方程组等,而凌驾于这些基本规律之上的,还有更高层次的法则,对称性原理就是如此。因此,对称性原理是凌驾于库仑定律和高斯定律之上的,是更高层次的法则,它规定了库仑定律中的力只能取连线方向,把此结论纳入库仑实验的结果是不合适的。因此,第二种观点更为恰当、更体现本质。

(安徽省合肥工业大学理学院 230009)

现代物理知识

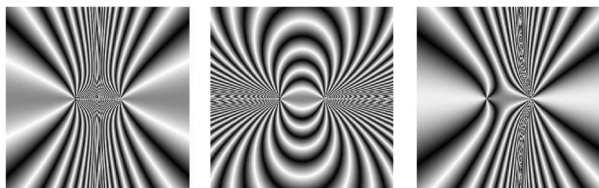


图 1

图 2

图 3

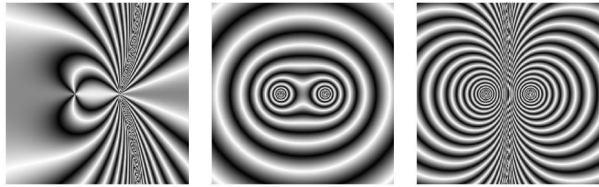


图 4

图 5

图 6

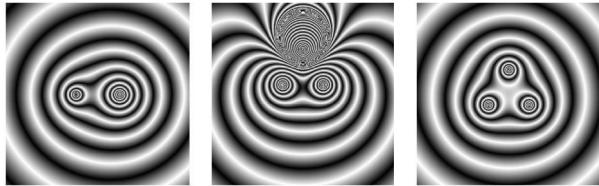


图 7

图 8

图 9

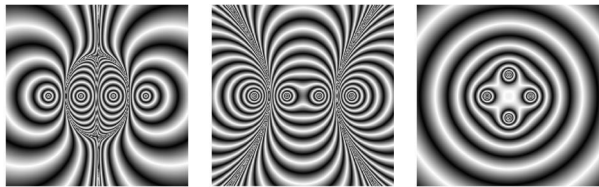


图 10

图 11

图 12

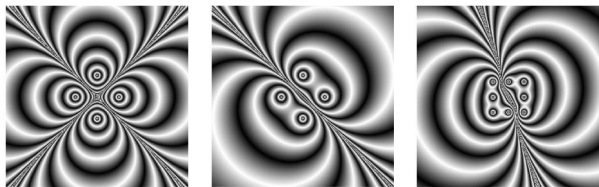


图 13

图 14

图 15

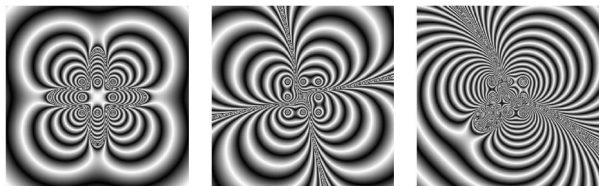


图 16

图 17

图 18

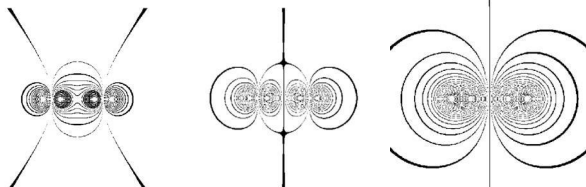


图 19

图 20

图 21

电荷、其余 4 个负电荷在剩余位置。前 18 幅都是根据各点的函数值采用对应的黑白灰度渐变色绘制,图 19~ 图 21 采用的是计算- 选点描绘法; 图 19 与

图 11、图 20 与图 10 的电荷分布完全一样,只是绘制方法不同; 图 21 是等量的电荷,左、右边分别是正、负各 2 个电荷等距排列。

上面的图形还可以绘制成非常漂亮的彩色图片,只要对不同的物理量值赋予不同渐变的红、绿、蓝三色的分量即可。

## 二、场线和等势面的方程

分别位于  $(l, 0)$  和  $(-l, 0)$ 、电量为  $q_1$  和  $q_2$  的点电荷对的电场线方程是  $f = f(x, y) = [q_2(x-l)/\sqrt{(x-l)^2+y^2} + q_1(x+l)/\sqrt{(x+l)^2+y^2}]/4\pi\epsilon_0 = C_1$ ,  $n$  个位于  $(x_i, y_i)$ 、电量为  $q_i (i = 1, 2, \dots, n)$  的点电荷系的等势面方程是  $U = U(x, y) = (1/4\pi\epsilon_0) \sum_{i=1}^n (q_i/\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2}) = C_2$ , 前面的图形就是用按照两个公式绘制的。

## 三、绘制方法

为简化计算,取  $f_1 = 4\pi\epsilon_0 f(x, y) = q_2(x-l)/\sqrt{(x-l)^2+y^2} + q_1(x+l)/\sqrt{(x+l)^2+y^2} = C_3$ ,  $U_1 = 4\pi\epsilon_0 U(x, y) = \sum_{i=1}^n (q_i/\sqrt{(x-x_i)^2+(y-y_i)^2}) = C_4$ . 本文的图形在 Windows 2000 操作环境中使用 Visual Basic 6.0 软件编程绘制,绘制步骤如下。

①选择要绘制的点电荷的个数和电量,设定电荷的位置。这里取  $1 \leq q_i \leq 3$  的整数,  $x_i, y_i$  取 0 或  $\pm 0.8$  或  $\pm 1, l = 1$ 。

②确定绘图的坐标系和步长。一般使绘图坐标关于坐标轴对称,取  $4 < |x|, |y| < 5$  即可;根据显示器的分辨率确定绘图的步长,如分辨率为  $800 \times 600$  可取步长  $stp = 0.02$ 。

③计算和绘图。从  $x, y$  坐标的最小值  $x_{\min}, y_{\min}$  开始,按  $x = x_{\min} + k \cdot stp, y = y_{\min} + k \cdot stp$  逐点计算出各点  $f_1(x, y) = C_3$  或  $U_1(x, y) = C_4$  的值,以  $C_3$  或  $C_4$  为标准根据某一个公式确定出渐变的颜色  $(r, g, b)$  分量,在该点描绘一个点,这样使函数值相等的点颜色相同,到坐标的最大值  $x_{\max}, y_{\max}$  结束,图形就绘成了。这一步如果先选择一套有合适间隔的数值  $U_s (s = 0, 1, 2, \dots)$ ,当满足条件  $|U_1(x, y) - U_s| < eps$  (一个适当的小量)时才将  $(x, y)$  点画出,这就是计算- 选点描绘法,图 19~ 图 21 就是这样画出的,教科书的图形也可如此绘制。

④渐变色的配色方案。如果已知某点的函数值为  $C_i$ ,在选取了初值  $a, b, c \in [0, 255]$  之后,  $r_k =$

# 高考物理中的动力学问题类型和解析

程 嗣 程首宪

牛顿运动三定律和万有引力定律,被世人称为经典力学的四大定律。高中物理动力学问题以牛顿定律和万有引力定律为核心(见图1),将物体的受力和对物体运动性质的分析有机地结合在一起,充分体现了知识与技能、过程与方法的融合。牛顿运动定律贯串于整个高中物理教学,它以知识综合性强、能力要求高而一直成为高考命题的热点,是历届高考试题中用来鉴别考生能力的重要内容之一,近10年来再现率为100%。

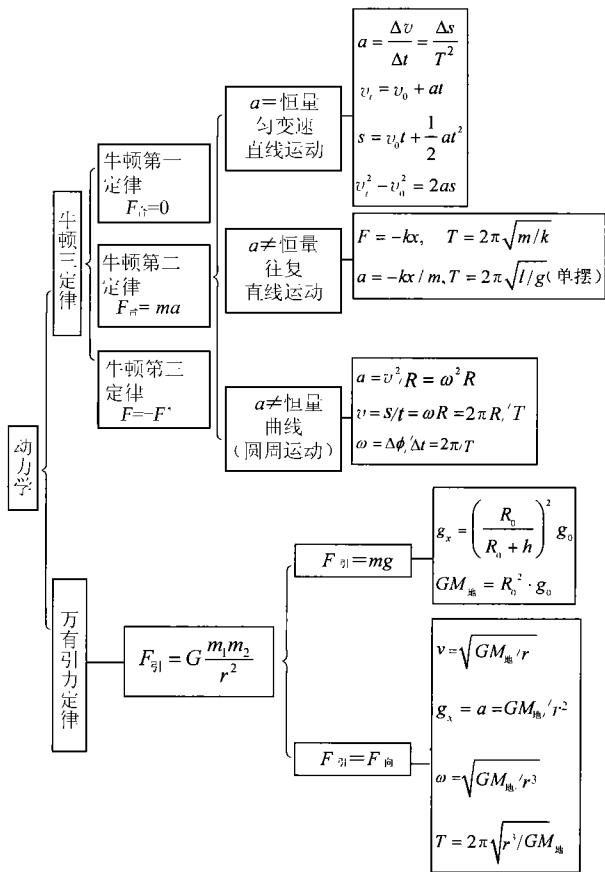


图1 高中物理动力学知识结构

动力学的任务是回答物体做各种不同运动的原因,即解决运动和力的关系。具体来说,需要处理两类基本问题:第一类是已知物体的受力情况,要求确定物体的运动情况。根据牛顿第二定律,已知物体的受力情况可以求出物体的加速度,再知道物体的初始条件(初位置和初速度),根据运动学公式求出物体在任意时刻的位置和速度,也就是确定物体的运动情况;第二类是已知物体的运动情况,由运动学公式求出加速度,再根据牛顿第二定律即可确定物体所受的合外力,从而求出未知力。

解决动力学问题,首先要确定研究对象,做好研究对象的受力和运动情况分析,弄清问题的物理情景,然后再着手计算。

综观历届高考物理试题,不妨将高考物理中的动力学问题分为四类:瞬时问题,单体和多体问题,临界和极值及图像问题,天体问题。

## 一、瞬时问题

研究某一时刻物体的受力和运动突变的关系,称为动力学的瞬时问题。它常伴随着一些标志性词语,如“瞬时”“突然”“猛地”“刚刚”“剪断”等等。此类问题常见于求解瞬时加速度。事实上,牛顿第二定律本来就是一个瞬时对应的规律,即研究力的瞬时效应——产生加速度。

求解瞬时问题时应注意两点:首先要掌握弹力变化的特点。由于弹力与物体的形变有关,而物体形变的发生或改变又总与一定的时间有关,故根据所研究的过程中物体弹力变化是否发生突变,可将瞬时问题中的弹力分为渐变型弹力和突变型弹力。如弹簧(尤其是软质弹簧)、弹性绳(如橡皮条)等物体,由于其形变发生或改变的过程需要一段时间,则在瞬间内形变量可以认为不变。因此在分析瞬时间

256- | { | a - m [ ( kb - 256 ) ln | Ci + 0.0001 | ] mod 512 - 256 | } | 是一个可选方案,式中  $k = 1, 2, 3$ , 分别对应于  $(r, g, b)$  各个分量。 $m$  为 5 以内的整数,取 1 时线稀、取 5 时线密。该方案的优点是,若  $a, b, c$  均取零值,则颜色是灰度渐变,否则是彩色渐变,选择不同的  $a, b, c$  值可给出千变万化的色彩。

可以取另外的  $n$ 、不同的  $q_i$ 、以及对称或不对称的位置,用以上方法绘制出更多美丽的图形。这将使学生对物理学产生浓厚的兴趣,心灵也会在自然美和科学美中净化。

(德阳市四川建筑职业技术学院计算机工程系 618000)