录

附

# 实验测量中的误差和有效数字

在科学发展的历程中，意大利物理学家伽利略首先把科学的实验方法引入到物理学研究中来，从而使物理学走上了真正的科学道路。在物理学习的过程中，通过物理实验经历科学探究，可以帮助我们加深对物理观念的认识，建立科学思维，形成科学态度。测量是物理实验的基础，物理实验一般都离不开物理量的测量。测量分为两种：由仪器直接读出测量结果的称为直接测量；由直接测量结果经过公式计算才能得出结果的称为间接测量。

## 一、实验测量中的误差

每一个待测物理量在一定实验条件下具有确定的数值，称之为该物理量的真值。测量时，由于理论的近似性、实验仪器分辨率或灵敏度的局限性、环境条件的不稳定性等因素的影响，测量结果不可能绝对准确。待测物理量的真值同测量值之间总会存在某种差异，这种差异就称为测量误差。

由测量所得的一切数据，都毫无例外地包含一定的测量误差。没有误差的测量结果是不存在的。测量误差存在于一切测量之中，贯穿于测量过程的始终。随着科学技术水平的不断提高，测量误差可以被控制得越来越小，但不会降低到零。

产生测量误差的原因绝不是粗心造成的错误，而是来自测量仪器的有限精度和无法精确读取超出仪器分度值的数值，例如，如果我们使用分度值为 1 mm的刻度尺测量物体的宽度，其结果可以精确到刻度尺的分度值，即 1 mm，虽然这个值的一半也可以是有效的，但是我们很难在最小刻度之间进行估值。此外，刻度尺本身也可能存在刻度不够准确等缺陷。

由于在一定的实验条件下测量物理量时存在误差，为使测量结果尽可能接近真值，通常采取多次测量的方法，即在保持实验条件不变的情况下，多次重复测量某一个物理量，然后取所有测量值的算术平均值，并认为该算术平均值是比任何一个实际测量值都接近真值的测量结果。从原则上说，测量值越多，所得到的平均值就越逼近真值。

## 二、有效数字

任何一个物理量的测量结果既然都包含误差，那么该物理量的数值位数就不应该无限

附录

103

附录

104

制地写下去，测量结果只写到开始有误差的那一位数，即把测量结果中可靠的几位数字加上有误差的末位数字称为测量结果的有效数字。或者说，有效数字中最后一位数字是不确定的。可见有效数字是表示误差的一种粗略方法。

有效数字的位数与小数点的位置无关。如 1.23 与 123 都是三位有效数字。关于“0”是不是有效数字，可以这样来判别：从左往右数，以第一个不为零的数字为标准，它左边的“0”不是有效数字，它右边的“0”是有效数字。例如， 0.012 3是三位有效数字，0.012 30是四位有效数字。也就是说，当“0”只是用来表示小数点的位置时不是有效数字，反之，它就是有效数字。作为有效数字的“0”，不可以省略。例如，不能将1.350 0 cm写作1.35 cm，因为它们的准确程度是不同的。

有效数字位数的多少，大致反映误差的大小。有效数字的位数越多，则误差越小，测量结果的准确度越高。

有效数字的运算需遵循一定的规则。例如，2.2 + 0.214 3，可以认为第一个数的误差在0.1 的位上，它远大于第二个数的误差，结果就不应该写成2.414 3，而应写成2.4。即对于加减类型的运算，运算结果的末位应与具有最大误差位的数值的末位取齐，如 432.3 + 0.126 3 – 2 = 430，对于乘除类型的运算，运算结果的有效数字位数应与有效数字位数最少的对象（数值）相同，如 = 52。

附录

105

## 国际单位制词头

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 英文单词名称 | 中文词头名称 | 符号 | 因数 |
| yocto | 幺［科托］ | y | 10−24 |
| zepto | 仄［普托］ | z | 10−21 |
| atto | 阿［托］ | a | 10−18 |
| femto | 飞［母托］ | f | 10−15 |
| pico | 皮［可］ | p | 10−12 |
| nano | 纳［诺］ | n | 10−9 |
| micro | 微 | μ | 10−6 |
| milli | 毫 | m | 10−3 |
| kilo | 千 | k | 103 |
| mega | 兆 | M | 106 |
| giga | 吉［咖］ | G | 109 |
| tera | 太［拉］ | T | 1012 |
| peta | 拍［它］ | P | 1015 |
| exa | 艾［可萨］ | E | 1018 |
| zetta | 泽［它］ | Z | 1021 |
| yotta | 尧［它］ | Y | 1024 |

注：［］内的字，是在不致混淆的情况下，可以省略的字。

附录

106

## 索引

变化率 / 18

参考系 / 6

超重 / 96

导出单位 / 86

等效替代 / 61

动摩擦因数 / 53

反应时间 / 39

非共点力 / 69

分力 / 57

共点力 / 56

惯性 / 77

惯性定律 / 77

国际单位制 / 86

合力 / 57

胡克定律 / 51

滑动摩擦力 / 53

基本单位 / 86

加速度 / 18

劲度系数 / 51静摩擦力 / 53

控制变量法 / 80

力 / 47

力的分解 / 61

力的合成 / 57

路程 / 6

摩擦力 / 52

牛顿第二定律 / 82

牛顿第三定律 / 91

牛顿第一定律 / 76

平均加速度 / 19

平均速度 / 12

平均速率 / 12

平行四边形定则 / 58

失重 / 96

瞬时速度 / 13

速度 / 12

弹力 / 50

弹性形变 / 49

位移 / 6

物理模型 / 3

匀变速直线运动 / 36

匀速直线运动 / 11

质点 / 2

重力 / 48

重力加速度 / 32

重心 / 48

自由落体运动 / 27

最大静摩擦力 / 53

附录

107



# 后记

本教材根据教育部颁布的《普通高中物理课程标准（2017年版）》编写并经国家教材委员会专家委员会审核通过。

本教材是在上海市高中物理“二期课改”教材的基础上全面改写而成的，当年参加编写的主要人员有张越、徐在新、刘齐煌、谭玉美、唐一鸣、冯容士、蒋元方、倪闽景、王铁桦等。王铁桦、朱广天、汤清修、陈刚、金松、胡卫平、袁芳、桑嫣、潘苏东等给本教材的编写提出了不少宝贵意见。马世红、王祖源、陆昉、陈树德、蒋平、冀敏在本教材编写的各个阶段审阅了书稿。编写过程中，上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会专家工作委员会，上海市教育委员会教学研究室，上海市课程方案教育教学研究基地、上海市心理教育教学研究基地、上海市基础教育教材建设研究基地及基地所在单位华东师范大学、上海市物理教育教学研究基地（上海高校“立德树人”人文社会科学重点研究基地）及基地所在单位复旦大学给予了大力支持。在此一并致谢。

本教材出版之前，我们就教材中使用的照片、图片等选用作品，通过多种途径与作者进行了联系，得到了他们的大力支持，在此表示衷心的感谢！对于未联系到的作者，我们也希望作者能及时联系出版社，以便支付相应的稿酬。

欢迎广大师生来电来函指出教材的差错和不足，提出宝贵意见。

2020年5月