

普通物理實驗

華南師範學院

物理系

普通物理教研組編著



華南師範學院印

普通物理实验

序 言

普通物理实验这门课程，不论就物理学本身的存在和发展来看，或它在工业技术上的作用来看，都显得非常重要。因为物理学就是从实验到理论，再从实验到更新更高级的理论这一过程中发展起来的；同时物理实验和理论的发展，也大大地促进了工业的发展。这门课程的目的，就是在于有系统地介绍给学生运用实验的方法来研究物理学。

在苏联的实验文献中，特别指出：实验课是培养学生独立工作能力最好而又最重要的一个环节。此因在实验课里，必须不仅是教给学生怎样作实验，而且尤须是通过这些实验知识技能，从而培养学生独立工作能力，而不是某些测量仪器的机械操作者。

要达成上述的目的和任务，编好实验大纲及其指导书，是首要的工作。我们认为实验内容和项目必须首先按照普通物理实验本身的系统，因为它本身就是具有独立性的一门课程，不论在系统上，不论在目的和任务上，它不是作为辅助和附属于普通物理课堂演讲课程而存在的，它是教学计划中不可分割的一门重要的课程。但在无伤其本身系统范围内，亦应儘量照顾课堂讲课的内容和进度，因为这样可以使学生对课堂讲授有更深刻更具体的了解，也可以减少学生在进行实验时所碰到的理论上的困难，不过这只是实验教学的效果，而不是实验课程的主要目的。

本大纲及其指导书就是根据上述基本原则而编订和编写的。整个内容是由最基本的量度到一般，由简单的到比较复杂的，由初级的到比较高级的，不但照顾了理论上的难易，而且考虑到技术的繁简。各个实验本身有它独立完整的系统，使学生细阅后，基本上能独立进行实验，不受课堂讲课进度的牵制。这是符合目前普遍采用循环制进行实验的要求的。实验项目相当齐全（力、声学有21个，分子物理有12个，电磁学有19个，光学有17个，总共69个。），本系、外系或专科均可按情况酌加选择。比如有些较繁复的（如用交流桥测定自感系数）可选做一个方法；有些较简单的（如测定空气中的声音传播速度，和金属中的声音传播速度）可两个结合在

一次做完。力学和分子物理各个实验还附有实验报告格式，以备学生初学写实验报告之用。至若测量误差的产生、误差的估计、有效数字的计算以及实验前应注意的事项等问题，就在实验开始前的实验绪论中简明介绍，使学生在动手实验之前，对这些基本的实验知识能有初步的了解。

师范教育的特点，应在实验课程的构成中，和教师指导实验的过程中反映出来，但这并不是多作几个有关高中需要的实验，而是在诱导学生注意未来物理教师的工作和如何从思想方法，科学方法，以及教学方法去正确地说明问题指导实践。这样才有可能培养成具有独立工作能力合乎规格为国家所要求的人民教师。

本实验指导书的内容是根据我系设备逐年发展情况及学生水平实际，通过集体力量逐步修增而成的，也是我们普通物理教研组同人近数年来的实验工作总结，它是符合1955年部颁普通物理实验教学大纲的要求的。然而，由于各种条件的限制，其中错误（尤其校对工作）仍属难免。希望采用这指导书的师友们多予指教，俾便以后有所改进。

本指导书中的绘图工作，得到熊如芳同志帮助不少，于此谨表谢意。

普通物理教研组 1957年10月于物理楼

1957年3月初版 印数 500

1957年10月二版（增订本）印数 500—1700

1958年8月三版（增订本）印数 1700—2700

普通物理实验目录

序 言	
总 論	0 - 1

力 學 部 分

实 驗 一	游标尺及螺旋测微計的应用	1 - 1
实 驗 二	球徑計的使用	1 - 6
实 驗 三	分析天平使用法	1 - 9
实 驗 四	時間的測量	1 - 13
实 驗 五	固体及液体的密度測定	1 - 16
实 驗 六	重力加速度的測定	1 - 19
实 驗 七	以阿德武特机研究运动定律與牛頓第二定律	1 - 23
实 驗 八	力的合成	1 - 26
实 驗 九	匀速圓周运动中向心力的測量	1 - 30
实 驗 十	动量守恒定律的檢驗	1 - 33
实 驗 十一	弹性碰撞中恢复系数的測定	1 - 38
实 驗 十二	用天平模型攷查力矩的平衡	1 - 40
实 驗 十三	物体轉动慣量的測定	1 - 44
实 驗 十四	楊氏弹性模量	1 - 48
实 驗 十五	切变模量的測定	1 - 52
实 驗 十六	用定积比重計測定固体及液体的比重	1 - 55
实 驗 十七	測定液体的內摩擦系数	1 - 58
实 驗 十八	扭摆	1 - 62
实 驗 十九	用弦音計驗證弦的振动定律	1 - 65
实 驗 二十	測定空气中的声音传播速度	1 - 69
实 驗 二十一	測定金属中的声音传播速度	1 - 71

分子物理部分

实验二十二	玻义耳——馬略特定律	2-1
实验二十三	空气压强系数的测定	2-3
实验二十四	用混合法测定固体的比热	2-6
实验二十五	用冷却法测定液体的比热	2-9
实验二十六	固体的綫膨胀系数	2-13
实验二十七	液体的体膨胀系数	2-14
实验二十八	水的汽化热	2-17
实验二十九	黄铜导热系数的测定	2-20
实验三十	测定空气的定压比热與定容比热的比值	2-23
实验三十一	热功当量的测定	2-26
实验三十二	绝对湿度與相对湿度的测定	2-29
实验三十三	液体表面张力系数的测定	2-31

电学部分

实验三十四	静电場中等位面的測繪	3-1
实验三十五	直流电路	3-2
实验三十六	用直流电桥测量电阻	3-5
实验三十七	电流計电阻的测定	3-7
实验三十八	电池內阻的测定	3-9
实验三十九	用开耳芬雙比电桥测定电阻率	3-11
实验四十	用补偿法测定电池的电动势	3-15
实验四十一	温差电偶的分度和温差电势的测定	3-17
实验四十二	电流計分路及伏特計的串联电阻的研究	3-20
实验四十三	铜的电化当量	3-23
实验四十四	用霍夫曼电量計测定氫离子电荷	3-25
实验四十五	磁电式电流計的研究	3-28
实验四十六	应用冲击电流計测定电容器的电容	3-35

实验四十七	用电容漏电法测量高电阻	3 - 39
实验四十八	用张弛振荡法测定高电阻	3 - 41
实验四十九	用交流电桥测量电容	3 - 46
实验五十	用交流电桥测定线圈的自感系数	3 - 49
实验五十一	用磁强计测定地磁水平强度	3 - 54
实验五十二	铁磁性物质的磁感应曲线和磁滞回线的测绘	3 - 57

光 学 部 分

实验五十三	光度计及其使用	4 - 1
实验五十四	会聚透镜及发散透镜焦距的测定	4 - 3
实验五十五	用测节器测量透镜组的焦距	4 - 7
实验五十六	研究透镜的像差	4 - 9
实验五十七	望远镜放大率及显微镜放大率的测定	4 - 12
实验五十八	用显微镜测定物质的折射率	4 - 16
实验五十九	用阿贝折射计测定液体固体的折射率	4 - 18
实验六十	用分光计测定玻璃稜镜的折射率	4 - 21
实验六十一	稜镜的色散及其分辨本领	4 - 26
实验六十二	用牛顿环测定光波的波长	4 - 29
实验六十三	用双稜镜测定光波的波长	4 - 32
实验六十四	单狭缝衍射的研究	4 - 35
实验六十五	用衍射光栅测定光波波长、光栅色散率及分辨本领	4 - 38
实验六十六	分光镜的校准和光谱线波长的测定	4 - 42
实验六十七	用直视分光镜测定吸收光谱	4 - 44
实验六十八	观察光偏振的基本现象	4 - 47
实验六十九	研究光的偏振面旋转现象	4 - 52

附 錄

(一)光源說明.....	5-1
(二)物理数值表.....	5-7
(三)对数表.....	5-24
(四)三角函数表.....	5-26
(五)参考書.....	5-30

普通物理实验

总 論

§ 1 普通物理实验的目的要求

物理学是自然科中最重要的部門之一，它是以实验为基础的科学。实验就是通过测量或验证现象间定量的关系，从而确定物理学定律；每一个定律的正确与否是由实践或实验来决定的。由此可知实验在物理学中有何等重要的意义！

物理实验由于目的要求不同，大致上可分为三种类型：(1) 研究实验，(2) 演示实验，(3) 教学实验。普通物理实验是属于第(3)种教学实验这一类型，它是按照一定的教学计划，作有系统地进行的。

这一类型的实验的目的是：

1. 教给学生比较充分的和必要的基础实验知识，使学生熟悉最基本最重要的仪器及其性能，并通晓物理学测量的基本方法。
2. 使学生更深刻地掌握理论的主要内容，使理论密切地联系实际。
3. 培养学生积极独立工作的能力和良好的实验习惯。
4. 培养学生辩证唯物主义世界观和热爱科学、热爱劳动、遵守纪律、爱护公共财产的道德品质。

为了达到上述目的，要求在实验开始前，必须细心阅读实验教材中的有关部分和讲授课中的有关的理论部分，必要时还要参考一些有关的文献（由教师指定）。在充分了解所做实验的原理，目的，要求，程序，以及仪器的构造及其用法，实验进程中要注意的事项等后，方可开始实验，决不可单按指导中所列的手续，不开动脑筋，机械地去进行实验，也不能急于求成，草率了事。做实验不在乎多，而在于对每一有代表性的实验能够充分体会它所代表的装置上、操作上和计算上的特点。做实验的主要目的更不在于仅仅求得实验结果（数据），而在于原理、方法的理解和正确的实验态度的培养。

有些人因盲目地进行实验，当得不到满意的结果或所得数据和书上所说的不符时，便埋怨仪器不好或因而丧失信心，这是由于不明白上面所说的普通物理实验的目的要求的原故。没有明确的目的要求，没有正确的方法和态度，即使使用最高级的精密仪器，也得不到好的结果。相反地，如果我们在实验时有明确的目的性，在实验的进程中能够使用正确的方法和保持正确的态度，那么，尽管仪器差一些，也可以发挥仪器的最大效用，在一定的仪器性能的条件下，求得尽可能准确的数据，甚至能够进一步，对所给的仪器作一些检验，校准和修理的工作，（这些工作非经指定，不要随便去做！）。

有一句话，在实验中我们始终不要忘记：“做实验的是人，不是仪器”。

§ 2 实验时应注意的事项

实验时要注意的事项很多，在这里只能按上节所说的目的要求将一般性的较基本的问题说一说。每一物理实验可以分为下列几个步骤来进行：

- (一) 实验的准备工作。
- (二) 进行观测和读数。
- (三) 数据的整理和计算。
- (四) 写实验报告。
- (五) 使用仪器。

现在将以上四个步骤中要注意的事项列举于下：

(一) 实验的准备工作

(1) 实验开始前必须将有关的教材（指导书等）仔细阅读。要做到明确这实验的目的要求，实验所根据的原理，实验的装置，每一步骤的做法及其意义，并估计可能发生的困难，误差的避免或减少，及其他应注意的地方。

(2) 必须准备一本实验笔记簿（用订好的练习本，不可用活页本），以备实验时记录数据及计算等之用。实验报告则用另外的簿子或纸去写。

(3) 为了实验时便于记录数据，可在笔记簿中预先按当前实验所需记录的物理量划制表格，以备实验时填入。

(4) 实验开始前先要将实验所需用的仪器加以检点，如有用具、零件或材料等

不夠，可向儀器管理員補領。如發現儀器有破損，須即向教師申明，由教師檢查後處理。

(5) 如有各組共同使用的儀表，各組事前可商定使用時間的先后，然後來安排自己的實驗，且使用時要儘可能節省時間，以免妨礙他組實驗的進行。

(6) 儀器的安裝是實驗中的一件重要工作，儀器必須有正確的安置，應注意實驗時的各種外部與內部的情况及測量的條件。例如溫度、濕度、壓力的影響，水平及豎直方向，電路中的連接，操作上的便利等等，在事前必須加以仔細的考慮。

(二) 進行觀測和讀數

(1) 實驗必須親自動手，充分發揮獨立工作的能力，每一動作必須在理解有關實驗的基本知識之後，才能進行。

(2) 在觀測過程中，應注意儀器的性能、使用方法和操作技術。

(3) 遇有困難或發生問題，必須開動腦筋，尋求解決，不能解決時，才問教師。必須在困難問題解決之後，方可繼續實驗。

(4) 每一操作階段完畢，應作檢查(如初步數據的概算，方法的正確與否等)，然後再進行下一階段操作。

(5) 觀測時應集中注意，保持冷靜客觀的態度來進行。一切主觀上的偏見，都會妨礙讀數的準確性。

(6) 讀數時應設法儘可能減少“視差”。

(7) 實驗中所觀察的現象及測得的數值(原始數據)須一一即時記錄在實驗筆記本上，不得寫在另外的紙片，然後再抄在筆記簿上。無論若何簡單之運算，都不應僅記其運算結果而略去原數據。

(8) 每一參加實驗的成員都要有自己的數據，所以在某些實驗中觀測與記錄兩項工作最好輪流來做；在規定的實驗時間內不能做兩次的實驗(如熱學方面的實驗)，則須事前考慮如何使每人對於每一物理量都有觀測和讀數的機會。

(9) 一切實驗要在規定時間內完成，一般不許在另外時間補做或重做。

(10) 每次實驗完畢即將實驗筆記簿交指導教師審查並簽字。

(11) 實驗完畢在離實驗室前應將所用儀器檢查整理，如有損壞，應登記賠償。

(三) 數據的整理及計算

(1) 实验结果的整理及计算，必须在实验时间内完成。如遇有比较麻烦的实验，在实验时间内不能完成的，亦要在当晚计算，不可搁置。

(2) 计算应尽量使用对数表。（每一位同学应该有一本对数表）。

(3) 计算的主要过程要在实验笔记簿上进行，并要写入实验报告上。

(4) 在计算开始时及演算中，要注意测定量的误差及有效数字（见§4）。

(5) 计算务必要层次分明，整整有条，如此可以避免错误，即有错误亦容易查出。

(四) 实验报告

(1) 实验报告须于实验后在规定时间内缴交指导教师批阅，如经发还修改者，须于退还后一星期内缴交。

(2) 实验报告应按照规定格式填写，注意修理、整齐、明确，并将主要演算过程写上。

(3) 如系采用循环制进行实验，则儘可能在这次实验完毕后，争取一些时间去观摩下一次实验的情况。

(五) 使用仪器

在这里再谈谈使用仪器应注意事项。实验室内设置的一切仪器、工具、材料都是宝贵的人民财产，从事实验者必须加以爱护，合理使用，严禁一切以粗暴的态度对待仪器及浪费材料等行为。

使用每一件仪器前，都应先了解其性能及用法，然后方可使用。每一种仪器使用时都有它应注意的特点，这些特点和用法只能在实际上去学习，不能在这里一一列举，现在只将使用仪器时一般应注意的事项，列举如次：

(1) 一般地说，愈高级的精密仪器，则构造愈复杂和愈灵敏，因而愈容易弄坏（失灵），故使用时要特别小心。

(2) 调节任何仪器的任何部分，都不能生硬地使用腕力。

(3) 精密仪表上的固定螺旋不可随便旋动。

(4) 仪器的金属部分上的刻度，游标等切不可用手摸。

(5) 光学仪器的透镜及镜棱等不可用手摸。

(6) 搬动高级或较重的仪器时必须用双手。

(7) 不可将电表直接插入电源。

- (8) 不可直接盛化学药品及潮湿物于天平皿上。
- (9) 使用工具必须适合, 否则工具本身及施工对象都会损坏。
- (10) 要避免将仪器搁置在高热源的近傍或潮湿的地方。

§ 3 关于测量的误差

测量可分作直接测量与间接测量。直接测量就是要直接测定某一量, 要知道它等于单位量的多少倍。例如以直尺测长度, 用天平测质量等。但在大多数的情形中, 直接测出的不是所求的量, 而是若干个与它有着已知关系的其他各量, 这些量是出现在现象的定律或表出各量与所求量间关系的公式中的。例如重力加速度可以由摆长和摆动周期来测定, 这种测量称为间接测量。

物理量数值的测定, 不能单靠人类易于变化的感觉(如视觉、听觉等)来实施, 而必须利用适当的仪器去测定才能得到客观的判断, 但是无论使用如何精密的仪器, 无论选择什么良好的实验方法和提高实验技术, 测定值的最后决定, 仍基于观察者的感觉(主要是视觉)来作最后的判断。这是所有的观测都不可避免的事情。所以观测中经常带有一定程度的不准确性。观测所得的值叫做观测值。观测值所带的不准确度叫做误差。设某物理量的观测值为 N , 其真值(通常是不知道的)为 M 则其误差 ΔN 如次:

$$\Delta N = M - N.$$

(一) 误差产生原因:

1. 系统误差

(1) 个人的误差: 是由于观察者的习惯和实验修养不好生成的误差。例如用停表测时间时, 有人常常按表较早, 而有人常常按表稍迟。

(2) 理论的误差: 当求不能直接测量的物理量时, 必先测定与该量有关而可以测定的其他量, 然后利用这些量之间的关系, 把所要寻求的物理量计算出来。如果所用的关系式含有理论上的误差, 则无论怎样精密地去测量这些有关的量, 其计算结果必然存在着误差, 这种称为理论的误差。

例: 如在推出单摆中的周期 T , 摆长 l 和重力加速度 g 的关系式时, 曾假定摆角 θ 甚小, 则 $\sin \theta$ 可用 θ 代之。如 θ 角在 2° 以下则误差在万分之几以内, 若 θ 角在 10° 左右其理论误差几达百分之一。又如测量物体重量时, 没有考虑空气对

物体产生的浮力。

(3) 仪器的误差：这是由于所用仪器不正确而产生的。例如天平的两臂不等长，米尺的制作是在 0°C 时，而用时是在 10°C 等，温度计的零点不够正确等是。

以上三种误差均可按其产生原因的不同，分别加以适当的注意或用适当的办法加以补正或纠正。例如米尺因温度变化而不正确时，可按米尺材料的膨胀系数作温度的补正。

2. 偶然误差。

在实验中，如果选择了精密的仪器，利用了恰当的方法和正确的理论，经过细心的测定，免除了上述误差；但是同一个人使用同一仪器，以同样的注意程度反复测定一物理量，所得测定值的最末一两位数字往往是不一样的。这是因为我们进行的实验决不可能与外界所有的事物都不发生关系，而外界的事物又在时刻变化着，这些变化着的周围事物使实验过程中的现象发生变化，其对于仪器精确度的影响也随时在变化；其次也是由于每次读数不准确而产生，这种不准确是任何实验者都完全可能无意地引入的，其产生原因是由于我们的感觉有缺点。所以这些变化或缺点是难以控制或确定的，因此这种误差也必然不可避免的。这些误差一般称为偶然误差。偶然误差服从或然率的定律。这就是说，如果在某次测量中得到的结果较真值为大，那么在其后某次测量中得到的结果就有同样可能较真值为小。在这样情形之下，完全可以看出，多次反复进行同一测量就可以减少这种偶然误差的影响，因为我们没有根据认为测量结果对真值的偏差在某一方面比另一方面更为可能。所以无疑的，由多次测量结果而得的算术平均值比所有各次测量结果更接近于所测量的真值。

除了上述的系统误差和偶然误差之外，尚有因实验不小心将指针的示度读错，（例如指针的示度是 3.4，却误读为 8.4）或记录数据时将数字或小数点的位数弄错等。这些都由于实验者的粗枝大叶而产生的过错或错误，一般不称之为误差（或称过失误差）。实验时必须小心注意才能使观测不犯错误，并使误差在可能范围内减至最小。

一般在误差论中所讲的误差，皆属上面所说的偶然误差。

（二）误差的估计和表示：

在测量中总会有估计的数,例如:用米尺测量长度,米尺上最小的刻度是毫米,观测者在测量时发现物体的长度是在 6.4 厘米与 6.5 厘米之间,还可以估计物体的长度到 1/10 毫米,这时,就得到比毫米更小的一位数字。但这个估计的数字,例如是 0.3 毫米,很可能比实际的长度大一些或小一些(假定实际上是 0.2 毫米或 0.4 毫米),这样我们就说这一长度的误差是 0.1 毫米,而表示为:

$$6.43 \pm 0.01 \text{ 厘米}$$

误差有绝对误差和相对误差两种,兹举例说明如下:

设 $N_1, N_2, N_3, \dots, N_K$ 是各次测量的结果, K 是测量的总次数,则

$$N = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_K}{K} \dots\dots\dots (1)$$

是最接近于被测量之真值。各次测量与这平均值之差,即

$$N - N_1 = \pm \Delta N_1, N - N_2 = \pm \Delta N_2, \dots\dots$$

叫做各次测量的绝对误差。在考虑误差时,不必考虑正负号,仅注意绝对值就够了。

而
$$\Delta N = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \dots + \Delta N_K}{K} \dots\dots\dots (2)$$

则叫做平均绝对误差。

我们又把比值
$$\frac{\Delta N_1}{N_1}, \frac{\Delta N_2}{N_2}, \dots\dots, \frac{\Delta N_K}{N_K}$$

各量,叫做各次测量的相对误差。而平均相对误差由平均绝对误差与各次测量的平均值之比来决定,即

$$\frac{\Delta N}{N} = \pm E \dots\dots\dots (3)$$

通常是以百分数表相对误差,如

$$\left[\pm E \times \frac{100}{100} \right] = \left[\pm E \times 100 \right] \% \dots\dots\dots (4)$$

在实际运算中,一般是考虑误差的最大值。例如,我们用最小刻度为毫米的尺

量长度,测得结果中误差的最大值不超过0.5毫米。这是因为在估计时,无论如何也不可能错到0.5毫米以上。如果测量值为3.65厘米,则表示其真值在〔3.65±0.05〕厘米之间。也就是我们用仪器的精确度立刻可以定出最大的绝对误差;同时也可以得到最大的相对误差,即用绝对误差的最大值比上测量的近似值。在上例中,相对误差的最大值为:

$$\frac{0.05}{3.65} = \frac{5}{365} = \frac{1}{75} = 0.01$$

这种计算可以帮助我们确定在四则运算中的有效数字个数,此问题在后面再详细来说明。

用百分数表相对误差是比较重要的,它可以表示出测量结果的好坏,而仅仅考虑绝对误差就不能做到这一点。例如,秤得两物体的质量为〔489.5±0.1〕克和〔5.06±0.01〕克,在绝对误差来说,第一量的误差为第二量的误差的十倍,但如用百分数的相对误差来表示时,第一量的相对误差为0.02,而第二量的相对误差为0.2。由此可见测定值的准确度不在于绝对误差的大小,而决定相对误差的大小。所以相对误差在判断实验结果的准确度时有更大的实际意义。

(三) 误差的计算:

实验中常常要对所测得的量进行计算,因此就有必要研究总结果中的误差。现在把误差的计算方法简单介绍如下:

(1) 两量之和或差的绝对误差,等于各分量绝对误差之和。

$$\text{设 } N = A + B \dots\dots\dots (5)$$

式中 A, B 是被测量的近似值,它们的误差各为 $\pm\Delta A$ 及 $\pm\Delta B$, 和的值也是近似的,并与准确值相差 $\pm\Delta N$, 则

$$N \pm \Delta N = (A \pm \Delta A) + (B \pm \Delta B)$$

计算在中应该考虑到最坏的情况,所以我们取 $\Delta A, \Delta B$ 为同号,故

$$\pm\Delta N = \pm(\Delta A + \Delta B) \dots\dots\dots (6)$$

故两量之和的相对误差为：

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A + B} \dots\dots\dots (7)$$

同理，如 $N = A - B \dots\dots\dots (8)$

则 $N \pm \Delta N = (A \pm \Delta A) - (B \pm \Delta B)$

考虑 $\Delta A, \Delta B$ 为异号，则有

$$\pm \Delta N = \pm (\Delta A + \Delta B) \dots\dots\dots (9)$$

故两量之差的相对误差，为：

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A + \Delta B}{A - B} \dots\dots\dots (10)$$

(2) 两量之积或商的相对误差，等于各个量的相对误差之和。

設 $N = A \cdot B \dots\dots\dots (11)$

與(1)同理：

$$\begin{aligned} N \pm \Delta N &= (A \pm \Delta A) \cdot (B \pm \Delta B) \\ &= AB \pm A \cdot \Delta B \pm B \cdot \Delta A \pm \Delta A \cdot \Delta B \end{aligned}$$

略去高級微量 $\Delta A \cdot \Delta B$ ，并将(11)代入，得：

$$\Delta N = A \cdot \Delta B + B \cdot \Delta A$$

故

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \dots\dots\dots (12)$$

如果設

$$N = \frac{A}{B} \dots\dots\dots (13)$$

則

$$\begin{aligned} N \pm \Delta N &= \frac{A \pm \Delta A}{B \mp \Delta B} = \frac{(A \pm \Delta A)(B \pm \Delta B)}{B^2 - \Delta B^2} \\ &\cong \frac{AB \pm A \Delta B \pm B \Delta A}{B^2} \end{aligned}$$

故

$$\Delta N = \frac{B \Delta A + A \Delta B}{B^2}$$

故

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B} \dots\dots\dots (14)$$

我們掌握上面的規律和公式，就不難求出計算結果中的总誤差。

§ 4 关于有效数字

根据前节所述，实验所得的测定值代表着一定的精确程度，因此在记数值时，应以表示所能测到的位数为限，切不可随意增加或减少。这样写出的数字，除以表示小数点的位置的“0”以外所有的数字位数称为有效数字。而小于最小刻度的奇零数（即在测量时只能用目力估计得到的部分）叫做可疑数字。有效数字的最后一位数是包括了这一位可疑数字。例如：用最小刻度为厘米的尺来测量某二点间的距离得185.4厘米或1.854米，这时最后的数字“4”是用眼力估计的可疑数字也包括在测定值中，故这数值的有效数字为四位。

設以毫米分度的量尺长约数十厘米的长度时，眼力估计可达0.01厘米，则测定值的有效数字共有四位，譬如說36.88厘米，若是少记一位，将其四舍五进记作36.9厘米，将使讀者以为测定值的准确仅达0.1厘米，这样便沒有正确地把测定值的准确度表达出来。反之如果在小数后多记一位零，写作36.880厘米，即使加上的是一个“0”（在数学上，小数点数字后虽可以任意加減“0”，但物理学上的数值則不能如此），实际上就使数值的准确度增加十倍，这和测量的实际情况不符，因而失却其所代表的真实性。

有效数字的位数不受小数点位置的影响，也就是說在計算时，與所取的单位无关。如果测量某长度得68.40厘米，是四位有效数字的测定值，若改写为684.0毫米，或0.6840米或0.0006840千米，則此三数的有效数字均仍为四位，测定值的准确度不变。但須注意，若将76千米改写为76,000米或7600,000厘米时，則意义有很大的不同。因此时后两数各表五位和七位的有效数字。在此情况下，应分别写作 7.6×10^4 米和 7.6×10^5 厘米，表示有效数字仍为两位。同样过小的量可用10的負乘方相乘来表示，如紅色光的波长可写作 6.660×10^{-5} 厘米。这种写法的好处不但能够把有效数字的位数正确地表示，而且計算时簡洁，易于查看，可以避免錯誤，并且在用对数表时很方便（因10的指数可作为对数的首数）。