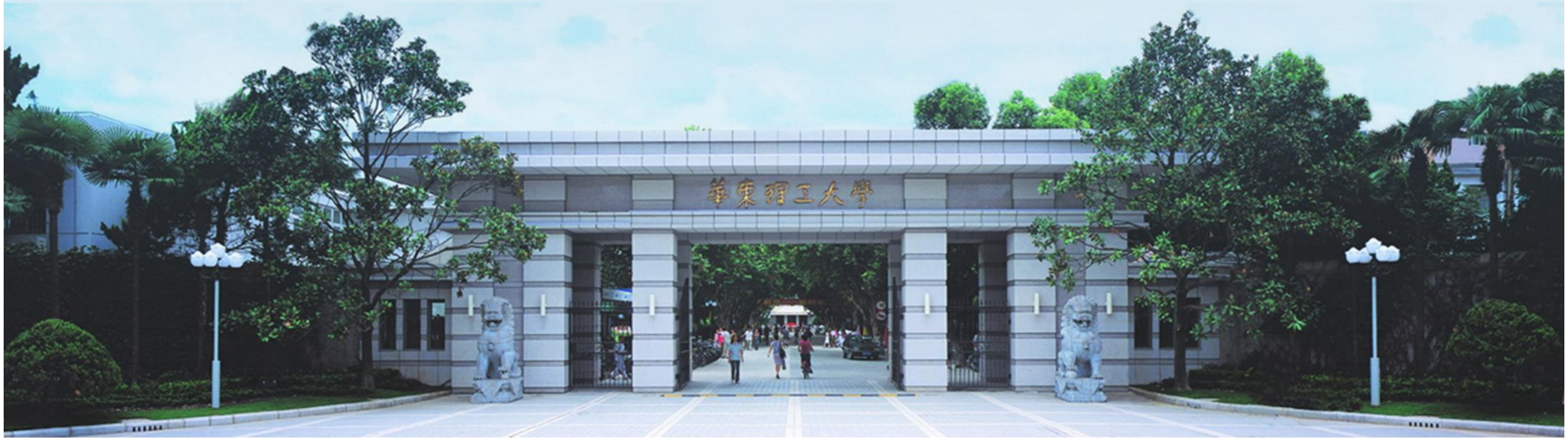
误差及分析数据的统计处理

华东理工大学分析化学教研组



第2章
误差及分析数据的统计处理

§1 分析化学中的误差

一、误差的表示方法

二、准确度和精密度的关系

三、误差的分类及减免方法

四、误差的传递（自学）

一、误差的表示方法

1、准确度和误差

准确度：反映测量值与真实值的接近程度。

误差——分析结果与真实值之间的差值。

绝对误差=个别测定值-真实值　　$E = x_i - \mu$

相对误差 $E_r = \dfrac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\% = \dfrac{E}{\mu} \times 100\%$

误差越小，准确度越高。

一、误差的表示方法

例如：分析天平称量两物体的质量各为1.6380g和0.1637,假设两者的真实质量分别为1.6381g和0.1638g。

两者的绝对误差分别为

E=1.6380-1.6381=-0.0001(g)

E=0.1637-0.1638=-0.0001(g)

两者的相对误差分别为

Er=-0.0001/1.6381=-0.006%

Er=-0.0001/0.1638=-0.06%

绝对误差相等，相对误差并不一定相同。同样的绝对误差，当被测量的量较大时，相对误差就比较小，测定的准确度就比较高。

∴ 常用相对误差衡量准确度

一、误差的表示方法

2. 精密度与偏差

精密度：测定数据间的接近程度。

[重现性(同条件, 本人), 再现性(他人, 各自条件)]

偏差—— 测量值与平均值的差值。

绝对偏差=个别测定值−测定的平均值

$$d = x_i - \bar{x}$$

相对偏差 $d_r = \dfrac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\%$

偏差越小， 精密度越高

☞绝对偏差：

$$d = x_i - x$$

☞相对偏差：

$$d_r = \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \times 100\ \%$$

☞平均偏差：

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - \bar{x}|}{n}$$

☞标准偏差：

$n = \infty$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu)^2}{n}}$$

$n<20$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

☞相对标准偏差(变异系数)：

$$s_r = \frac{s}{\bar{x}}$$

一、误差的表示方法

请看下面两组测定值：

甲组：2.9 2.9 3.0 3.1 3.1

乙组：2.8 3.0 3.0 3.0 3.2

	甲组	乙组
平均值	3.0	3.0
平均偏差	0.08	0.08
标准偏差	0.08	0.14

∴ 平均偏差不能很好地反映测定的精密度

一、误差的表示方法

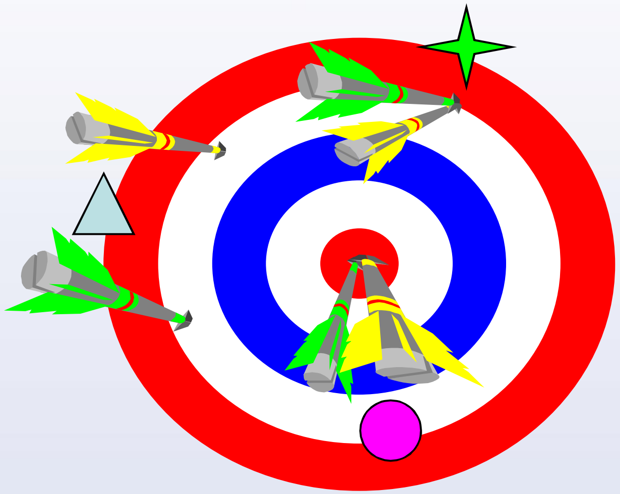
小结：

● 准确度常用误差来表示，误差越小，准确度越高，而且用相对误差更为确切。

● 精密度的大小常用偏差表示。在偏差的表示中，用标准偏差更合理，因为将单次测定值的偏差平方后，能将较大的偏差显著地表现出来。

● *在科研论文中*，常用标准偏差表示精密度；*在学生实验中*，常用相对平均偏差或绝对偏差表示精密度。

二、准确度和精密度的关系



	准确度	精密度
	不好	不好
	不好	好
	好	好

精密度高，准确度不一定高，

∴精密度是保证准确度的必要条件。

测定结果从精密度、准确度两方面评价

三、误差的分类及减免方法

误差类型

系统误差=可测误差　　影响准确度

单向性，重复性，可测性

误差的大小和正负有规律

随机误差=偶然误差　　影响精密度

不恒定，可变

误差值的大小和正负无一定的规律

三、误差的分类及减免方法

系统误差产生原因

1.方法误差：　　方法不够完善而引入的误差。

如：滴定分析中指示剂选择不当等。

2.仪器误差：　　使用了未经校正的仪器而造成的误差。

3.试剂误差：　　使用的试剂或蒸馏水，含有干扰测定的杂质而引起的误差。

4.操作者主观误差：　　如操作者对指示剂终点颜色判断的差异等因素引入的误差。

三、误差的分类及减免方法

随机误差产生的原因：

- 无法控制的不确定因素所引起

如环境温度、湿度、电压、污染情况等的变化引起试样质量、组成、仪器性能等的微小变化，操作人员实验过程中操作上的微小差别，以及其他不确定因素等。时大时小，时正时负，难以找到具体的原因，更无法测量它的值。

实际工作中，随机误差与系统误差并无明显的界限，当对其产生的原因尚未知时，往往当作偶然误差对待，进行统计处理。

三、误差的分类及减免方法

减免误差的方法

1）系统误差的减免

对照试验：纠正方法误差

标准试样
测定试样
同条件下平行试验，找出校正值

空白试验：纠正试剂、器皿带入的系统误差

不加入试样
测定试样
同条件下试验，找出校正值

仪器校正：求出校正值

三、误差的分类及减免方法

2）随机误差的减小

增加测定次数

一般测定3~4次，可使随机误差减小；

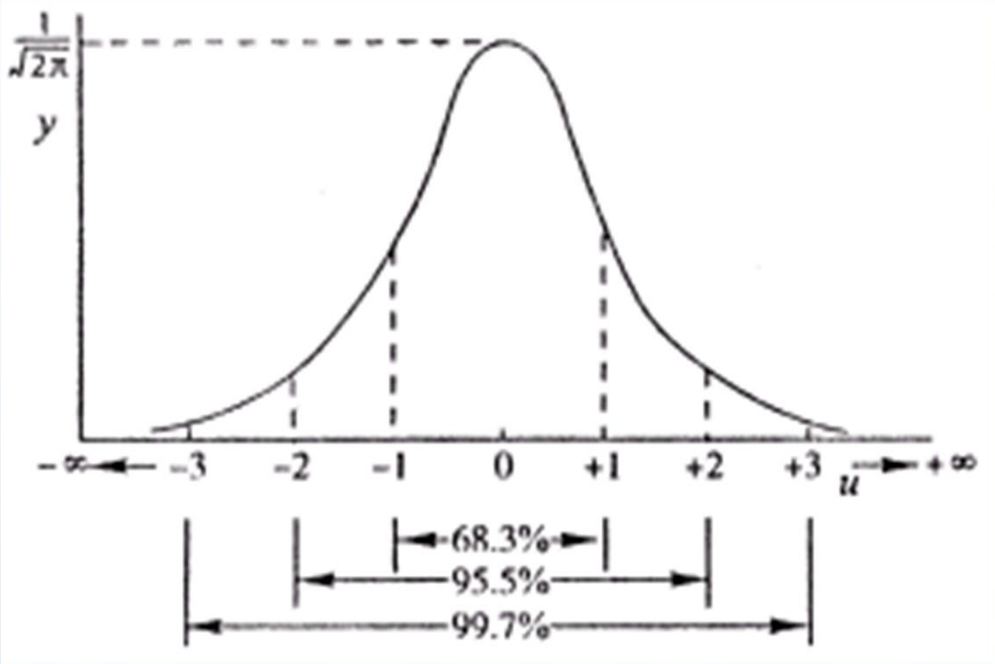
高要求测定6~10次，随机误差已减至很小。

四、随机误差的分布服从正态分布

1. 服从的前提

测定次数无限多；

系统误差已经排除。



2. 定义

$$u = \frac{x-\mu}{\sigma}$$

横坐标：偶然误差的值，

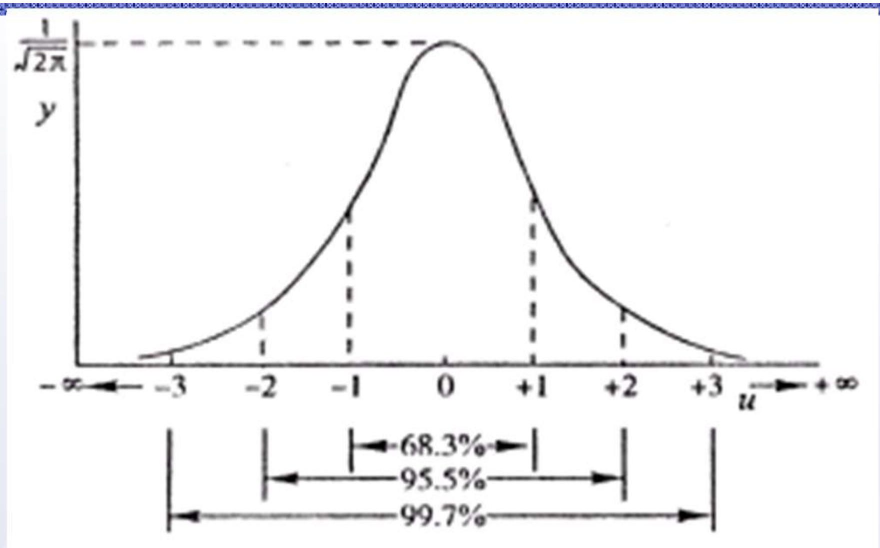
纵坐标：误差出现的概率大小。

四、随机误差的分布服从正态分布

随机误差分布性质

1）对称性　2）单峰性

3）有界性　4）抵偿性



1. 大小接近的正误差和负误差出现的概率相等，误差分布曲线是对称的。

2. 小误差出现的概率大，大误差出现的概率小，很大误差出现的概率非常小。误差分布曲线只有一个峰值。误差有明显的集中趋势。

3. 仅仅由于偶然误差造成的误差不可能很大，即大误差出现的概率很小。如果发现误差很大的测定值出现，往往是由于其他过失误差造成，此时，对这种数据应作相应的处理。

4. 误差的算术平均值的极限为零。

四、随机误差的分布服从正态分布

误差范围与出现概率的关系

x-μ	u	概率
[$-\sigma$，$+\sigma$]	[-1，+1]	68.3%
[-1.96σ，$+1.96\sigma$]	[-1.96，+1.96]	95%
[-2σ，$+2\sigma$]	[-2，+2]	95.5%
[-3σ，$+3\sigma$]	[-3，+3]	99.7%

测定值或误差出现的概率称为置信度或置信水平(confidence level)，图 2-2中68.3%，95.5%，99.7%即为置信度，其意义可以理解为某一定范围的测定值(或误差值)出现的概率。$\mu\pm\sigma$、$\mu\pm2\sigma$、$\mu\pm3\sigma$等称为置信区间(confidence interval)，其意义为真实值在指定概率下，分布在某一个区间。置信度选得高，置信区间就宽。

五、有限次测定中随机误差的t分布

置信度与平均值的置信区间

在分析测试中，测定次数是有限的，一般平行测定3-5次，无法计算总体标准差σ和总体平均值μ，而有限次测定的随机误差并不完全服从正态分布，而服从类似于正态分布的*t*分布，*t*分布是由英国统计学家与化学家 W．S．Gosset提出，以Student的笔名发表的。*t*的定义与*u*一致，只是用*s*代替σ，即

$$\boxed{u = \frac{x-\mu}{\sigma}} \qquad t = \frac{x-\mu}{s} \qquad t = \frac{\bar{x}-\mu}{s}\sqrt{n}$$

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{ts}{\sqrt{n}}$$

在一定置信度下(如90%、95%)，真值(总体平均值)将在测定平均值附近的一个区间$\left(\bar{x}-\frac{ts}{\sqrt{n}}, \bar{x}+\frac{ts}{\sqrt{n}}\right)$存在，把握程度相应地为90%、95%。

五、有限次测定中随机误差的t分布

1） 若n↑，则t↓；于是，置信区间缩小，可信度↑

即，*增加测定次数，有利于提高分析结果的可信度*。但，当n>20时，t值减小无几，对提高分析结果的可信度已无实际意义。

（2） 若置信度P↑，则t↑；于是，置信区间扩大，可信度↓

即，*提高所选置信度，置信区间扩大，分析结果的可信度差*。

（3） 若置信度P↓，则t↓；于是，置信区间缩小，可信度↑

即，*降低所选置信度，*置信区间变窄，*分析结果的可信度可以提高，*但此时估计的成功把握变小，也无实际意义。

因此，*测定次数太多也无意义*，一般为3~5次；*所选置信度不宜太大、也不宜太小*，通常选95%或90%

§2 分析结果的数据处理及评价

一、可疑数据的取舍

二、分析方法准确性的检验

一、可疑数据的取舍

可疑数据的取舍 ——判断过失误差

方法：

Q检验法

格鲁布斯(Grubbs)检验法

作用： 确定某个数据是否可用。

1、Q 检验法

Q 检验法： 测定次数在10次以内

步骤：

（1） 数据排列 $x_1 \ x_2 \ \ldots\ldots \ x_n$

（2） 求极差 $x_n - x_1$

（3） 求可疑数据与相邻数据之差

$x_n - x_{n-1}$ 或 $x_2 - x_1$

（4） 计算：

$$Q = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} \quad \text{或} \quad Q = \frac{x_2 - x_1}{x_n - x_1}$$

1、Q 检验法

（5）根据测定次数和要求的置信度(如90%)，查表2-4

（6）将Q与$Q_{表}$（如 Q_{90}）相比，

若$Q > Q_{表}$舍弃该数据，（过失误差造成）

若$Q < Q_{表}$保留该数据，（偶然误差所致）

当数据较少时，舍去一个后，应补加一个数据。

如果测定次数在10次以内，使用Q值法比较简便。

有可能保留离群较远的值，常选用P=90%。

1、*Q* 检验法

表 2-4 *Q* 值表

测定次数 *n*	$Q_{0.90}$	$Q_{0.95}$	$Q_{0.99}$
3	0.94	0.98	0.99
4	0.76	0.85	0.93
5	0.64	0.73	0.82
6	0.56	0.64	0.74
7	0.51	0.59	0.68
8	0.47	0.54	0.63
9	0.44	0.51	0.60
10	0.41	0.48	0.57

2、格鲁布斯(Grubbs)检验法

格鲁布斯(Grubbs)检验法

（1）由小到大排序：x_1，x_2，x_3，x_4……

（2）求$\bar{x}$和标准偏差s

（3）计算G值：$G_{计算} = \dfrac{x_n - \bar{x}}{s}$ 或 $G_{计算} = \dfrac{\bar{x} - x_1}{s}$

（4）由测定次数和置信度要求，查表得$G_{表}$

（5）若$G_{计算} > G_{表}$，弃去可疑值，反之保留。

格鲁布斯(Grubbs)检验法引入了标准偏差，故准确性比Q检验法高。

2、格鲁布斯(Grubbs)检验法

表 2-3 $G_{(p,\ n)}$值表

n	置信度		
	95%	97.5%	99%
3	1.15	1.15	1.15
4	1.46	1.48	1.49
5	1.67	1.71	1.75
6	1.82	1.89	1.94
7	1.94	2.02	2.10
8	2.03	2.13	2.22
9	2.11	2.21	2.32
10	2.18	2.29	2.41
11	2.23	2.36	2.48
12	2.29	2.41	2.55
13	2.33	2.46	2.61
14	2.37	2.51	2.66
15	2.41	2.55	2.71
20	2.56	2.71	2.88

一、可疑数据的取舍

例：测定某药物中Co的含量（10^{-4}）得到结果如下：

1.25，1.27，1.31，1.40，

用Grubbs法和 Q 值检验法判断 1.40 是否保留。

解：① 用 Grubbs 法： $\bar{x} = 1.31$； $s = 0.066$

$$G_{计算} = \frac{1.40 - 1.31}{0.066} = 1.36$$

查表 2-3，置信度选 95%，$n = 4$，$G_{表} = 1.46$

$G_{计算} < G_{表}$ 故 1.40 应保留。

一、可疑数据的取舍

② 用 Q 值检验法：可疑值 x_n

$$Q_{计算} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1} = \frac{1.40 - 1.31}{1.40 - 1.25} = 0.60$$

查表 2-4， $n = 4$， $Q_{0.90} = 0.76$

$$Q_{计算} < Q_{0.90}$$

故 1.40 应保留。

一、可疑数据的取舍

讨论：

(1) Q值法不必计算 $\bar{x}$ 及 s，使用比较方便。

(2) Q值法在统计上有可能保留离群较远的值。

(3) Grubbs 法引入 s，判断更准确。

(4)不能追求精密度而随意丢弃数据；必须进行检验。

二、分析方法准确性的检验

分析中经常遇到的两种情况：

$\overline{x}$与μ不一致，准确度判断

$\overline{x}_1$与$\overline{x}_2$不一致，精密度判断

判断方法：利用统计学的t 检验法和F检验法，检验是否存在显著性差异。

作用：判断分析方法的准确性，确定某种方法是否可用，判断实验室测定结果准确性。

1、t 检验法

t 检验法---系统误差的检测

A) 平均值与标准值(μ)的比较

a. 计算t 值

$$t_{计算} = \frac{\left| \bar{x} - \mu \right|}{s}\sqrt{n}$$

b. 由要求的置信度和测定次数，查表得 $t_{表}$

c. $t_{计} > t_{表}$，表示有显著性差异，存在系统误差，被检验方法需要改进。

$t_{计} \le t_{表}$，表示无显著性差异，被检验方法可以采用。

1、t 检验法

例：用一种新方法来测定试样含铜量，用含量为 11.7 mg/kg的标准试样，进行五次测定，所得数据为：

10.9, 11.8, 10.9, 10.3, 10.0

判断该方法是否可行？（是否存在系统误差）。

解：计算平均值 = 10.8，标准偏差 $s = 0.7$

$$t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{s}\sqrt{n} = \frac{|10.8 - 11.7|}{0.7}\sqrt{5} = 2.87$$

查t 值表，$t_{(0.95\,,\,n\,=\,5)} = 2.78$，$t_{\text{计算}} > t_{\text{表}}$

说明该方法存在系统误差，结果偏低。

1、t 检验法

B) 两组数据的平均值比较

新方法--经典方法（标准方法）
两个人测定的两组数据
两个实验室测定的两组数据

同一试样

a. 求合并的标准偏差： $s_{合} = \sqrt{\dfrac{(n_1-1)s_1^2+(n_1-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}}$

b. 计算 t 值： $t_{合} = \dfrac{|\bar{x}_1-\bar{x}_2|}{s_{合}}\sqrt{\dfrac{n_1 n_1}{n_1+n_2}}$

c. 查表（自由度 $f = f_1 + f_2 = n_1 + n_2 - 2$），

比较：$t_{计} > t_{表}$，表示有显著性差异

$t_{计} < t_{表}$，表示无显著性差异

2、*F*检验法

*F*检验法－两组数据间偶然误差的检测

a. 计算 *F*值： $F_{计算} = \dfrac{s_{大}^{2}}{s_{小}^{2}}$

b. 按照置信度和自由度查表2-5（$F_{表}$）比较

若 $F_{计算} < F_{表}$，再继续用 t 检验判断与是否有显著性差异；

若 $F_{计算} > F_{表}$，被检验的分析方法存在较大的系统误差。

*判断两个平均值是否有显著性差异时，首先用F检验判断这两个平均值的精密度没有大的差别，先做F检验，然后t检验

表 2-5 置信度95%时 *F* 值

$f_{s小}$ \ $f_{s大}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	∞
2	19.0	19.1	19.2	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.5
3	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84	8.81	8.78	8.53
4	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.63
5	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.36
6	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	3.67
7	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.63	3.23
8	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.34	2.93
9	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.13	2.71
10	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.97	2.54
∞	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.00

$f_{s大}$：方差大的数据的自由度；$f_{s小}$：方差小的数据的自由度。 ($f = n - 1$)

三、分析方法准确性的检验

例：甲、乙二人对同一试样用不同方法进行测定,得两组测定值：

甲：1.26,　1.25,　1.22

乙：1.35,　1.31,　1.33,　1.34

问两种方法间有无显著性差异？

解：$n_{甲}=3$　$\bar{x}_{甲}=1.24$　$s_{甲}=0.021$

$n_{乙}=4$　$\bar{x}_{乙}=1.33$　$s_{乙}=0.017$

$$F_{计算}=\frac{s_{大}^2}{s_{小}^2}=\frac{(0.021)^2}{(0.017)^2}=1.53$$

查表2-5，F 值为 9.55，说明两组的方差无显著性差异进一步用 t 公式进行计算。

三、分析方法准确性的检验

再进行 t 检验： $t=\frac{\left|\bar{x}_1-\bar{x}_2\right|}{s_{合}}\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1+n_2}}$

$$s_{合}=\sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2+(n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}}$$

$$=\sqrt{\frac{(3-1)(0.021)^2+(4-1)(0.017)^2}{3+4-2}}\approx 0.020$$

$$t=\frac{\left|1.24-1.33\right|}{0.020}\sqrt{\frac{3\times 4}{3+4}}=5.90$$

查表 2-2 t 值表 $f=n_1+n_2-2=3+4-2=5$，置信度 95%

$t_{表}=2.57$，$t_{计算}>t_{表}$ 甲乙二人采用的不同方法间存在显著性差异。

三、分析方法准确性的检验

讨论：

（1）计算表明甲乙二人采用的不同方法间存在显著性差异；

系统误差有多大？如何进一步查明哪种方法可行？

（2）分别与标准方法或使用标准样品进行对照试验，根据实验结果进行判断。

（3）本例中两种方法所得平均值的差为：$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = 0.09$

其中包含了系统误差和偶然误差。

（4）根据 t 分布规律，偶然误差允许最大值为：

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = t \times s \times \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2}} = 2.57 \times 0.02 \times \sqrt{\frac{3+4}{3 \times 4}} \approx 0.04$$

说明可能有0.05的值由系统误差产生。

§3 有效数字及其运算规则

一、有效数字概念

二、有效数字位数

三、有效数字的修约规则

四、有效数字的运算规则

一、有效数字概念

实验过程中常遇到两类数字：

（1）测量值或计算值，数据的位数与测定的准确度有关。

（2）表示数目(非测量值)，如测定次数；倍数；系数；分数

记录的数字不仅表示数量的大小，还要正确地反映测量的精确程度。

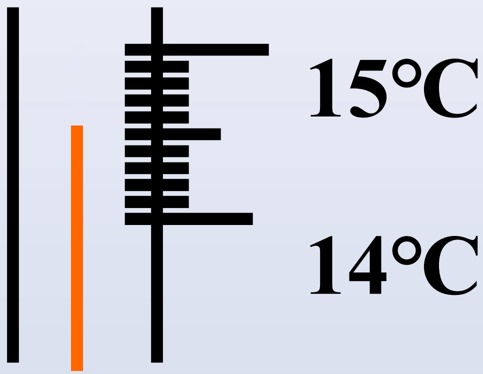
结果	绝对误差	相对误差	有效数字位数
0.50400	±0.00001	±0.002%	5
0.5040	±0.0001	±0.02%	4
0.504	±0.001	±0.2%	3

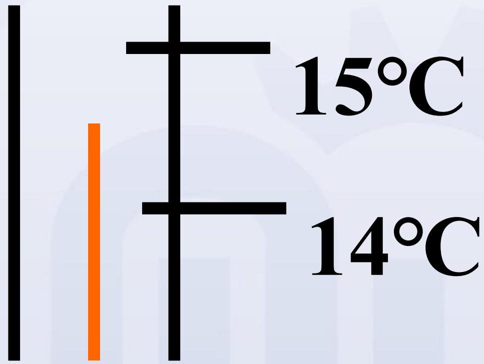
§3 有效数字及其运算规则

一、有效数字概念

有效数字=全部确定的数字+一位可疑数字

（正负一个单位的误差）





t = 14.55 ℃

± 0.01℃

t = 14.5 ℃

± 0.1℃

二、有效数字位数

有效数字的位数由测量中仪器的精度确定

仪器	精度	有效数字
如：分析天平	0.1mg	0.1012g
天平	0.1g	12.1g
滴定管	0.01mL	24.28mL
量筒	0.1mL	24.3mL

二、有效数字位数

1）数字“0”在数据中具有双重作用：

☆若作为普通数字使用，是有效数字

如 3.180　4位有效数字

☆若只起定位作用，不是有效数字。

如 0.0318　3位有效数字　3.18×10^{-2}

2）指数表示时，“10”不包括在有效数字中

如：　2.308×10^{-8}　　四位有效数字

3）对数表示时，有效数字位数由小数部分决定，首数（整数部分）只起定位作用。

如：pH=2.68　　则：$[H^+]=2.1 \times 10^{-3}mol \cdot L$ 2位有效数字

三、有效数字的修约规则

修约规则："四舍六入五留双"

（1）当多余尾数≤4时舍去，尾数≥6时进位。

（2）尾数正好是5时分两种情况：

a. 若5后数字不为0，一律进位，0.1067534

b. 5后无数或为0，5前是奇数则将5进位

"奇进偶舍"　5前是偶数则把5舍弃

如：15.0150→ 15.02，15.025→ 15.02

注意：一次修约到位，不能连续多次的修约

~~2.3457 → 2.346 → 2.35 → 2.4~~

四、有效数字的运算规则

1）在加减法运算中，以绝对误差最大的数为准，即以小数点后位数最少的数为准，确定有效数字中小数点后的位数。

例：$12.27 + 7.2 + 1.134 = ?$

0.01　　0.1　　0.001

$$
\begin{array}{r}
12.27 \\
7.2 \\
+\ 1.134 \\
\hline
20.604
\end{array}
$$

有效数字表达=20.6

四、有效数字的运算规则

2）乘除运算中，以有效数字位数最少的数，即相对误差最大的数为准，来确定结果的有效数字位数。

例：$\dfrac{6.25 \times 0.21334}{1.200 \times 100}$ 的结果

$$
\begin{array}{r}
0.21334 \\
\times \quad 6.25 \\
\hline
106670 \\
42668 \\
128004 \\
\hline
1.3333750
\end{array}
$$

计算器计算=0.011111458

有效数字表达 = 0.0111

四、有效数字的运算规则

4）有些分数可视为足够有效

例如：250mL容量瓶中移取25mL溶液，取值为1/10，10不影响有效数字的确定。

5）在运算中，数据首位≥8，可多算一位有效数字。

6）误差、偏差一般取一、二位有效数字

7）高含量（＞10%）　四位有效数字

中等含量（1~10%）　三位有效数字

低含量（＜1%）　二位有效数字

§4 标准曲线的回归分析

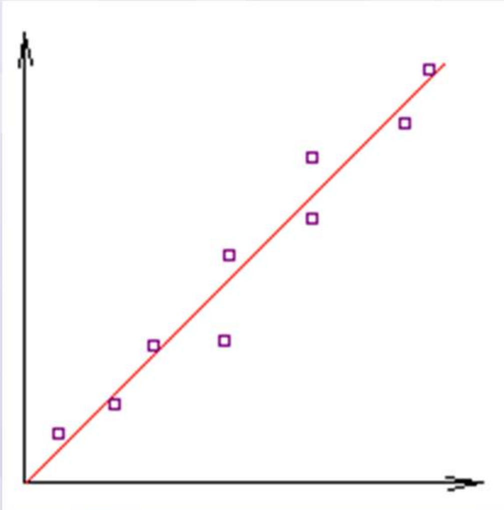
分析化学中经常使用标准曲线来获得试样中某组分的量。例如：

光度分析中的浓度-吸光度曲线；

电位法中的浓度-电位值曲线；

色谱法中的浓度-峰面积（或峰高）曲线。

回归分析：用数字统计方法找出各实验点误差最小的直线



§4 标准曲线的回归分析

回归分析法：

作用： 得到用于定量分析的标准曲线

方法： 线性方程的最小二乘法拟合

线性方程： $y = a + bx$

使各实验点到直线的距离最短(误差最小)。

利用最小二乘法计算系数a和b，得 y对 x 的回归方程，相应的直线称为回归直线。

§4 标准曲线的回归分析

1、最小二乘法拟合线性方程

由最小二乘法关系，将实验数据代入，可求得线性方程中的截距a、斜率b；

$$b=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} \text{或} b=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-(\sum_{i=1}^{n}x_i)(\sum_{i=1}^{n}y_i)/\mathrm{n}}{\sum_{i=1}^{n}x_i^2-(\sum_{i=1}^{n}x_i)^2/\mathrm{n}}$$

$$a=\bar{y}-b\bar{x}$$

建立：$y=a+bx$

§ 4 标准曲线的回归分析

2、相关系数 r

判断y与x之间的相关性好坏的尺度

$$r=\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}}$$

或 $$r=\frac{\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n}x_i^2-n\bar{x}^2\right)\left(\sum_{i=1}^{n}y_i^2-n\bar{y}^2\right)}}$$

$r=\pm 1$；存在线性关系，无实验误差；

$r=0$；无线性关系；

$0<|r|<1$时，y与x有相关性，r愈接近1，相关性愈好

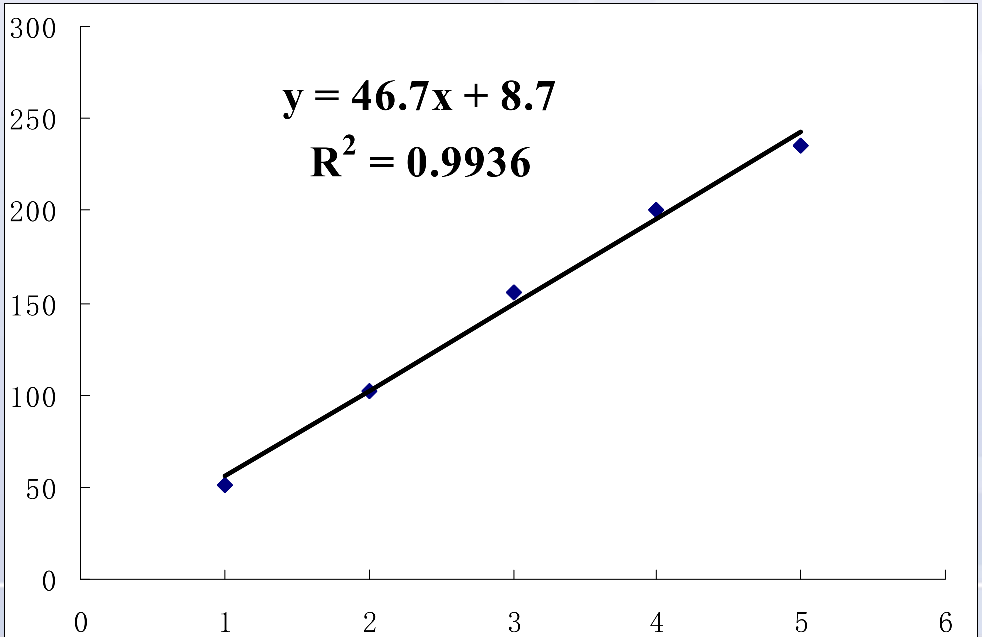
§4 标准曲线的回归分析

例：电位法测定测定氯离子的含量：

标准曲线实验数据：

氯含量（pCl）x	1	2	3	4	5
电位值（mV）y	51	102	155	201	235

氯离子标准曲线



P29

- 2、3、6、7、10、11