

# 分析化学主要计算公式总结

## 第二章 误差和分析数据处理

### (1) 误差

绝对误差  $\delta = x - \mu$  相对误差 =  $\delta / \mu * 100\%$

### (2) 绝对平均偏差:

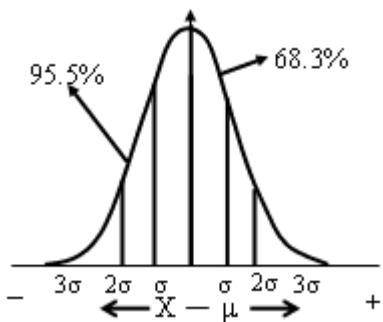
$\Delta = ( |\Delta_1| + |\Delta_2| + \dots + |\Delta_n| ) / n$  ( $\Delta$  为平均绝对误差;  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  为各次测量的平均绝对误差)。

### (3) 标准偏差

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

相对标准偏差 (RSD) 或称变异系数 (CV)  $RSD = S / X * 100\%$

### (4) 平均值的置信区间:



\* 真值落在  $\mu \pm 1\sigma$  区间的几率即置信度为 68.3%

\* 置信度——可靠程度

\* 一定置信度下的置信区间—— $\mu \pm 1\sigma$

对于有限次数测定真值  $\mu$  与平均值  $x$  之间有如下关系：

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

$s$ : 为标准偏差

$n$ : 为测定次数

$t$ : 为选定的某一置信度下的几率系数(统计因子)

### (5) 单个样本的 t 检验

目的：比较样本均数 所代表的未知总体均数  $\mu$  和已知  
总体均数  $\mu_0$ 。

计算公式：

$$t \text{ 统计量: } t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$$

自由度:  $v=n - 1$

适用条件：

- (1) 已知一个总体均数；
- (2) 可得到一个样本均数及该样本标准误；
- (3) 样本来自正态或近似正态总体。

例 1 难产儿出生体重  $n=35$ ,  $\bar{X}=3.42$ ,  $S=0.40$ ,

一般婴儿出生体重  $\mu_0=3.30$  (大规模调查获得), 问相同否?

解: 1. 建立假设、确定检验水准  $\alpha$

$H_0: \mu = \mu_0$  (无效假设, null hypothesis)

$H_1: \mu \neq \mu_0$  (备择假设, alternative hypothesis, )

双侧检验, 检验水准:  $\alpha = 0.05$

2. 计算检验统计量

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} = \frac{3.42 - 3.30}{0.40/\sqrt{35}} = 1.77, v=n-1=35-1=34$$

3. 查相应界值表, 确定 P 值, 下结论

查附表 1,  $t_{0.05/2.34} = 2.032$ ,  $t < t_{0.05/2.34}$ ,  $P > 0.05$ ,  
按  $\alpha = 0.05$  水准, 不拒绝  $H_0$ , 两者的差别无统计学意义

(6) F 检验法是英国统计学家 Fisher 提出的, 主要通过比较两组数据的方差  $S^2$ , 以确定他们的精密度是否有显著性差异。至于两组数据之间是否存在系统误差, 则在进行 F 检验并确定它们的精密度没有显著性差异之后, 再进行 t 检验。样本标准偏差的平方, 即 (“ $^2$ ” 是表示平方):

$$S^2 = \sum (X - \bar{X})^2 / (n-1)$$

两组数据就能得到两个  $S^2$  值， $S_{大}^2$  和  $S_{小}^2$

$$F = S_{大}^2 / S_{小}^2$$

由表中  $f_{大}$  和  $f_{小}$  ( $f$  为自由度  $n-1$ )，查得  $F$  表，  
然后计算的  $F$  值与查表得到的  $F$  表值比较，如果  
 $F < F_{表}$  表明两组数据没有显著差异；

$F \geq F_{表}$  表明两组数据存在显著差异

$$(7) \text{ 可疑问值的取舍: } G \text{ 检验法 } G = \frac{|x - \bar{x}|}{S}$$

### 第三章 滴定分析法概论

#### 主要化学公式

##### (1) 物质的量浓度

$$c_B = n_B / V_B$$

##### (2) 物质的量与质量的关系

$$n_B = m_B / M_B$$

##### (3) 滴定剂与待测物质相互作用的计算

$$c_A V_A = a / t c_T V_T$$

$$c_T V_T = t / a (1000 m_A / M_A)$$

##### (4) 滴定度与滴定剂浓度之间的关系

$$T_{T/A} = a / t c_T M_A / 1000$$

##### (5) 待测组分质量分数的计算

$$\omega_A = \frac{\frac{a}{t} c T V T M_A / 1000}{S} * 100\%$$

## 第4章 酸碱滴定法

- (1) 共轭酸碱对  $K_a$  与  $K_b$  间的关系:  $K_a K_b = K_w$
- (2) 酸碱型体平衡浓度([ ])，分析浓度( $c$ ) 和分布系数( $\delta_a$ ) 之间的关系
- (3) 一元强酸溶液的 pH 的计算

$$[\text{H}^+] = \frac{c + \sqrt{c^2 + 4K_w}}{2} \quad \text{精确式}$$

$$\text{pH} = -\lg c \quad \text{近似式}$$

- (4) 一元弱酸溶液 pH 的计算

$$[\text{H}^+] = \sqrt{[\text{HA}]K_a + K_w} \quad \text{精}$$

确式 (5-11)

(

关于  $[\text{H}^+]$  的一元三次方程)

其中  $[\text{HA}] = c[\text{H}^+] / ([\text{H}^+] + K_a)$

• 若  $[\text{A}^-] > 20[\text{OH}^-]$  (即  $cK_a > 20K_w$ )，可以忽略因水解离产生的  $\text{H}^+$

PBE 简化为  $[\text{H}^+] \approx [\text{A}^-]$

$$\therefore [\text{H}^+] = \sqrt{[\text{HA}]K_a} = \sqrt{(c - [\text{H}^+])K_a}$$

(5-12)

• 若不但  $cK_a > 20K_w$ ，而且  $c/K_a > 400$  (即  $c > 20[\text{A}^-]$  或  $c$

$>20[H^+]$ ), 也就是弱酸的解离度  $[A^-]/c < 0.05$ , 就可以忽略因解离对弱酸浓度的影响, 于是

$$[HA] \approx c$$

$$\therefore [H^+] = \sqrt{cK_a}$$

最简式

- 若  $cK_a > 20K_w$ ,  $c/K_a < 400$ , 由式 (5—12) 可得

$$[H^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4cK_a}}{2} \quad \text{近似式}$$

(1)

- 若  $cK_a < 20K_w$ ,  $c/K_a > 400$  (适用于酸极弱、且浓度极小的情况, 此时  $[HA] \approx c$ ), 由式 (5—11) 可得

$$[H^+] = \sqrt{cK_a + K_w}$$

近似式 (2)

### (5) 多元酸溶液 pH 的计算

$$\therefore [H_2A] \approx c \quad \therefore [H^+] = \sqrt{cK_{a_1}} \quad \text{最简式}$$

### (6) 两性物质 (NaHA) 溶液 pH 的计算

$$[H^+] = \sqrt{K_{a_1}K_{a_2}} \quad \text{最简式}$$

### (7) 缓冲溶液 pH 值的计算

最简式:  $[H^+] = ca/cb * K_a$

## 第五章 络合滴定法

### (1) 酸效应系数:

$$\alpha_{Y(H)} = \frac{[Y']}{[Y]} = \frac{[Y] + [HY] + [H_2Y] + \cdots + [H_6Y]}{[Y]} \\ == 1/\delta_Y$$

在副反应中分布分数  $\delta_Y$  与  $\alpha_{Y(H)}$  互为倒数

(1)

$$\alpha_{Y(H)} == \frac{[H^+]^{6+} + K_{a_1}[H^+]^5 + K_{a_1}K_{a_2}[H^+]^4 + \cdots + K_{a_1}K_{a_2}\cdots K_{a_6}}{K_{a_1}K_{a_2}\cdots K_{a_6}} \\ == 1 + \frac{[H^+]}{K_{a_6}} + \frac{[H^+]^2}{K_{a_5}K_{a_5}} + \frac{[H^+]}{K_{a_4}} \\ + \frac{[H^+]^4}{K_{a_3}K_{a_5}\cdots K_{a_6}} + \frac{[H^+]^4}{K_{a_3}K_{a_5}\cdots K_{a_6}} \\ + \frac{[H^+]^4}{K_{a_3}K_{a_5}\cdots K_{a_6}}$$

### (2) 共存离子效应系数 $\alpha_{Y(N)}$

$$\alpha_{Y(N)} = \frac{[Y] + [NY]}{[Y]} \quad \text{因为 } [NY] = K_{NY}[N][Y]$$

$$\text{故: } \alpha_{Y(N)} = 1 + K_{NY}[N]$$

### (3) EDTA 与 H<sup>+</sup>及 N 同时发生副反应的总的副反应系数 $\alpha_Y$ ,

$$\alpha_Y = \alpha_{Y(H)} + \alpha_{Y(N)} - 1$$

### (4) 被测金属离子 M 的副反应系数 $\alpha_M$ :

$$\alpha_{M(L)} = \frac{[M']} {[M]} = \frac{[M] + [ML] + [ML_2] + \cdots + [ML_n]} {[M]} \\ = 1 + \beta_1 [L] + \beta_2 [L]^2 + \cdots + \beta_n [L]^n$$

若有 P 个络合物与金属发生副反应，则：

$$\alpha_{Y(N)} = \alpha_{Y(N_1)} + \alpha_{Y(N_2)} + \cdots + \alpha_{Y(N_n)} - (n-1)$$

化学计量点  $pM'$  的计算

$$pM' = 1/2 [p_{cM(sp)} + \lg K_{MY}]$$

(7) 金属离子指示剂颜色转变点（变色点） $pM_t$  值的计算

$$pM_t = \lg K_{MIIn} - \lg \alpha_{In(H)}$$

(8) 滴定终点误差

$$E_t = \frac{10^{\Delta pM'} - 10^{-\Delta pM'}}{\sqrt{C_{M,sp} K_{MY}}} \times 100\%$$

(9) 直接准确滴定金属离子的可行性判据：

$$\lg C_{M,sp} K_{MY}' \geq 6$$

## 第六章 氧化还原滴定法

(1) 氧化还原电对的电极电位——Nernst 方程式

$$E(\text{Ox}/\text{Red}) = E^\theta(\text{Ox}/\text{Red}) + \frac{0.059}{n} \lg \frac{a(\text{Ox})}{a(\text{Red})}$$

(2) 以浓度替代活度，且考虑到副反应的影响，则电对在 25°C 时的条件电位

$$E^{\theta'} = E^\theta + \frac{0.059}{n} \lg \frac{\gamma_O \alpha_R}{\gamma_R \alpha_O}$$

(3) 氧化还原反应的条件平衡常数  $K'$  (25C 时)

$$\lg K' = \frac{(E^{\circ'}_1 - E^{\circ'}_2)n}{0.059}$$

(4) 氧化还原滴定化学计量点时的电位值  $\phi_{sp}$

$$E_{sp} = \frac{n_1 E^{\circ'}_1 + n_2 E^{\circ'}_2}{n_1 + n_2}$$

(5) 氧化还原滴定突跃范围计算式

$$\phi_2' + 0.59 * 3/n_2(V) - \phi_1' + 0.59 * 3/n_1(V)$$

(6) 氧化还原指示剂变色的电位范围

$$\phi' \pm 0.059/n(V)$$

## 第 7 章 沉淀滴定法和重量滴定法

### 主要计算公式

(1) 沉淀溶解积  $pK_{sp} = pAg + pX$

(2) 化学计量点  $pAg = pX + 1/2 pK_{sp}$

(3) 质量分数计算

$$\omega = (CV * M / 1000) / m_s * 100\%$$

(4) 1:1 型的 MA 沉淀溶解度的计算

$$S = \sqrt{K_{sp}'} = \sqrt{K_{sp} a_{MaA}}$$

(4) 化学因数(或称换算因数) F

$m' = mF$  ( $m$  为称量形式的质量,  $m'$  为被测成分的质量)

(6) 被测成分的质量分数  $\omega$

$$\omega = \frac{mF}{me} * 100\%$$

## 第八章 电位分析法及永停分析法

### 主要计算公式

(1) 电池电动势:  $E_{\text{电池}} = \Phi_{(+)} - \Phi_{(-)}$

(2) 直接电位法测定溶液 pH

$$pH_x = pH_s + (E_x - E_s) / 0.059 (25C)$$

(3) 离子选择电极的电位  $\Phi$

$$\Phi = K \pm 2.303RT/F \cdot \lg a_i = K' \pm 2.303RT/F \cdot \lg c_i$$

$$K' = K \pm 2.303RT/nF \cdot \lg (f_i/a_i)$$

(4) 干扰响应离子存在时离子选择电极的电位值

$$\varphi_M = K \pm \frac{0.059}{n_i} \lg (a_i + K_{i,j} \cdot a_j^{z_i/z_j})$$

(5) 离子选择电极两次测量法计算待测溶液中离子的浓度

$$E_x - E_s = \pm 2.303RT/nF \cdot (\lg c_x - \lg c_s)$$

(6) 标准加入法计算待测溶液的离子浓度

$$\Rightarrow C_x = \frac{C_s V_s}{(V_x + V_s) \cdot 10^{\Delta E/S} \cdot V_x}$$

$$(2) \text{ 式} - (1) \text{ 式}, \text{ 且令 } S = \frac{2.303RT}{nF}$$

(7) 直接电位法测量误差的计算式

$$\Delta c/c = nF/RT * \Delta E \approx 39n\Delta E$$

## 第 9 章 光学分析法概论

### 主要计算公式

(1) 光的波动性用波长  $\lambda$ ，波数  $\sigma$  和频率  $v$  作为表征  $\lambda$  是在波的传播路线上具有相同振动相位的相邻两点之间的线性距离，常用 nm 作为单位。 $\sigma$  是每厘米长度中波的数目，单位  $\text{cm}^{-1}$ 。 $v$  是每秒内的波动次数，单位 Hz。在真空中波长，波数和频率的关系为： $v=c/\lambda$   $\sigma=1/\lambda=v/c$

(2) 光的微粒性用每个光子具有的能量  $E$  作为表征 光子的能量与频率成正比，与波长成反比。它与频率、波长的关系为

$$E=hv=hc/\lambda=hc\sigma$$

## 第 10 章 紫外-可见分光光度法

(1) Lamber-Beer 定律

$$A=-\lg T=Ecl$$

(2) 摩尔吸光定律  $\epsilon$

$$\epsilon = E \frac{1\%}{1\text{cm}} * \frac{M}{10}$$

(3) 双波长法计算公式

$$\Delta A = A_2 - A_1 = A_{2a} - A_{1a} = (E_{2a} - E_{1a}) c_a l$$

## 第 11 章 荧光分析法

### (1) 荧光效率

$\Phi_t = \text{发射荧光的光子数} / \text{吸收激发光的光子数}$

### (2) 荧光强度 F 与荧光物质浓度 c 的关系 ( $Ecl < 0.05$ )

$$F = 2.3 K'_{I_0} Ecl$$

### (3) 比例法:

$$(F_s - F_0) / (F_x - F_0) = c_s / c_x$$

$$Cx = (F_x - F_0) / (F_s - F_0) * c_s$$

## 第 12 章 原子吸收分光度法

### 主要计算公式

#### (1) 波尔兹曼分布律

$$\frac{N_j}{N_0} = \frac{g_j}{g_0} \exp\left(-\frac{E_j - E_0}{KT}\right)$$

#### (2) 吸收线的总半宽度

$$\Delta v_T = [\Delta v_D + (\Delta v_L + \Delta v_R + \Delta v_N)^2]^{1/2}$$

(3) 当使用被测原子的共振发射线作为光源，且试样中被测组分的浓度不太高时，吸收度与浓度呈线性关系。

$$A = K' c$$

## 第 13 章 红外分光光度法

### 主要计算公式

#### (1) 照射频率与基团振动频率的关系

$$\nu_L = \nu \Delta V \text{ 或 } \sigma_L = \sigma \Delta V$$

## (2) 振动自由度

线性分子:  $f=3N-5$

非线性分子:  $f=3N-6$

## (3) 基频峰峰位计算

$$\sigma = 1302 \sqrt{\frac{K}{u}} \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

## (4) 不饱和度计算公式

$$U = (2+2n_4-n_3-n_1)/2$$

# 第 14 章 核磁共振波谱法

## 主要计算公式

### (1) 化学位移

$$\delta \text{ (ppm)} = (\nu_{\text{样品}} - \nu_{\text{标准}}) / \nu_{\text{标准}} * 10^6 = (H_{\text{标准}} - H_{\text{样品}}) / H_{\text{标准}} * 10^6$$

### (2) 甲基氢、亚甲基氢与次甲基氢化学位移的计算

$$\delta = B + \sum S_i$$

式中: B——基准值, 甲基为 0.87ppm, 亚甲基为 1.20ppm, 次甲基为 1.55ppm

### (3) $S_i$ =取代基对化学位移的计算

$$\delta_{\text{C-C-H}} = 5.28 + Z_{\text{同}} + Z_{\text{顺}} + Z_{\text{反}}$$

### (4) 苯环芳香烃化学位移的计算

$$\delta_{\Phi-\text{H}} = 7.27 - \sum S_i$$

### (5) 自旋系统(一级与二级图谱)的判别式

$\Delta v/J > 10$  (或 6) 为一级图谱

$\Delta v/J < 10$  (或 6) 为二级图谱

## 第 15 章 质谱法

### 主要计算公式

#### (1) 质谱方程式

$$m/z = \frac{H^2 R^2}{2V}$$

$$\text{或 } R = \sqrt{\frac{2V}{H^2} \frac{m}{Z}}$$

#### (2) 质谱仪的分辨率 $R = M/\Delta M$

#### (3) 亚稳离子峰质量与母离子和子离子的关系:

$$M_{m*} = \frac{M_{m2}^2}{M_{m1}}$$

## 第 17 章 色谱分析法概率

### 3、主要计算公式

$$(1) \text{分配系数 } K = \frac{c_s}{c_m} = k \frac{V_m}{V_s}$$

#### (2) 容量因子

$$k = \frac{c_s V_s}{c_m V_m} = k \frac{V_s}{V_m} = \frac{t^{R'}}{t_0}$$

$$(3) \text{ 分配系数比: } \alpha = K_2/K_1 = k_2/k_1 = \frac{t_{R2}'}{t_{R1}'} = \frac{V_{R2}'}{V_{R1}'}$$

(4) 调整保留时间  $t_{R'} = t_R - t_0$

(5) 调整保留体积  $V_{R'} = V_R - V_0 = tR' Fc$

(6) 保留指数  $I = 100Z + 100[\log t' R(x) - \log t' R(z)] / [\log t' R(z+1) - \log t' R(z)]$  (恒温分析)

式中:  $t'$   $R$  为校正保留时间;

$Z$  和  $Z+1$  分别为目标化合物 ( $X$ ) 流出前后的正构烷烃所含碳原子的数目;

(7) 理论塔板数和有效理论塔板数

$$n = \left( \frac{t_R}{\sigma} \right)^2 = 5.54 \left( \frac{t_R}{\sigma_{\frac{1}{2}}} \right)^2 = 16 \left( \frac{t_R}{W} \right)^2$$

$$n_{\text{有效}} = 5.54 \left( \frac{t_R}{\sigma_{\frac{1}{2}}} \right)^2 = 16 \left( \frac{t_R}{W} \right)^2$$

(8) 塔板高度  $H = L/n$

$$(9) \text{ 分离度 } R_s = \frac{2(t_R - t_{R1})}{W_2 + W_1}$$

$$(10) \text{ 分离方程式 } R_s = \frac{\sqrt{n}}{4} \left( \frac{\alpha-1}{\alpha} \right) \left( \frac{k_2}{1+k_2} \right) \quad (\text{设 } n_1=n_2=n, W_1 \approx W_2)$$

$$(12) \frac{R_{s1}}{R_{s2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

## 第 18 章 经典液相色谱法

(1)、分配系数 (广义):  $K = \frac{c_s}{c_m}$

(2)、在吸附色谱法中,  $K$  称为吸附平衡常数, 即

$K_s = \frac{c_s}{c_m}$ ;  $c_a$  (mol/cm<sup>2</sup>) 单位吸附剂表面积所吸附溶质的物质的量，

在离子交换色谱中，称为选择性系数。

$$K_a = \frac{[RX^+]}{[X^+]}$$

$RX^+$ 为交换到树脂 (R) 上的阳离子 ( $X^+$ )；在空间排阻色谱法中，称为渗透系数

$$K_p = \frac{[X_s]}{[X_m]}$$

(3) 容量因子  $k = \frac{W_s}{W_m} = \frac{c_s V_s}{c_m V_m} = K \frac{V_s}{V_m}$

(4) 保留比 (柱色谱)  $R' = \frac{t_0}{t_R}$

(5) 比移值

$$R_t = \frac{L}{L_0} = t_0 \frac{1}{1 + K \frac{V_s}{V_m}} = \frac{1}{1 + k}$$

(6) 相对比移值  $R_t = \frac{R_{f(a)}}{R_{f(s)}} = \frac{l_a}{l_s}$

(7) 保留时间与分配系数的关系  $t_R = t_0 (1 + K \frac{V_s}{V_m}) = t_0 (1 + k)$

(8) 分离度  $R = \frac{2d}{(W_1 + W_2)} = \frac{2l_0(R_{f2} - R_{f1})}{(W_1 + W_2)}$

式中；d—两斑点质量重心间的距离（薄层扫描所得的峰间距）

W—斑点的直径（薄层扫描所得的峰宽）

(9) 分离数

$$SN = \frac{l_0}{b_0 + b_1} - 1$$

式中： $b_0, b_1$ —— $R_f$  等于 0 和  $R_f$  等于 1 的斑点数用薄层扫描所得的半峰宽

### (10) 外标一点法定量

$$\frac{A_{\text{样}}}{A_{\text{标}}} = \frac{m_{\text{样}}}{m_{\text{标}}}$$

式中： $m_{\text{样}}$ ,  $m_{\text{标}}$ ——样品及标准品（对照品）的量  
 $A_{\text{样}}, A_{\text{标}}$ ——薄层扫描获得的样品与标准品（对照品）斑点的峰面积

## 第 19 章

### (1) 灵敏度

$$S = \frac{\Delta R}{\Delta Q}$$

浓度型检测器 如果  $Q$  的单位为  $\text{mg/mL}$  (组分/载气), 则  $S_c$  的单位为  $(\text{mV}\cdot\text{mL})/\text{mg}$

质量型检测器 如果  $Q$  的单位为  $\text{g/s}$  (每秒进入检测器的克数), 则  $S_m$  单位为  $(\text{mV}\cdot\text{s})/\text{g}$

### (2) 相对质量校正因子

$$f_m = \frac{f'_{m(i)}}{f'_{m(s)}} = \frac{m_s / A_i}{m_s / A_s}$$

### (3) 面积归一化法

$$\omega (\%) = \frac{m_i}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n} * 100\% = \frac{m_i}{\sum m_i} * 100\%$$

(4) 不加校正因子的面积归一化法

$$\omega_i \% = \frac{A_i}{\sum A_i} * 100\%$$

(5) 外标单点法或直接对照法

$$C_{\text{样}} = \frac{A_{\text{样}}}{A_{\text{标}}} * C_{\text{标}}$$

(5) 内标法

$$\omega (\%) = \frac{A_i f'_i}{A_{\text{is}} f'_{\text{is}}} * \frac{m_{\text{is}}}{m} * 100\%$$

## 第 20 章 高效液相色谱法

### 主要计算公式

1) van Deemter 方程式，用于 HPLC:  $H = A + Cu; C = C_m + C_{sm}$ 。  $C_m$  及  $C_{sm}$  分别为流动相及静态流动相的传质阻力系数。

2) 分离方程式

$$R = \frac{\sqrt{n}}{4} \frac{a-1}{a} \frac{k_2}{1+k_2}$$

在 HPLC 中，主要受溶剂种类的影响了，在溶剂的组成确定后， $k$  主要由溶剂的配比所左右。 $N$  决定胖瘦， $k$  决定保留时间， $a$  决定峰间距。

3) 混合溶剂的记性参数  $P'$  及溶剂的强度因子  $S$

正相色谱  $P'_{ab} \cdots = P'_{a\phi_a} + P'_{b\phi_b}$

反相色谱  $S_{ab} \cdots = S_{a\phi_a} + S_{b\phi_b}$

## 第二十一章 毛细管电泳法

### 主要计算公式

$$\mu_{app} = \mu_{ep} + \mu_{eo}$$

$$\mu_{app} = LdLt/tV \quad n = \mu_{app} * V / 2D \quad R = \frac{\sqrt{n}}{4} \frac{\Delta\mu}{4\mu}$$

---

---

———By 一切随缘