

ESTUDIOS DE QUÍMICA E FÍSICA

Antonio Vidal González
I.B. Rosalía de Castro. Santiago

CÁLCULO DE ERROS EN SERIES DE MEDIDAS

Hai uns anos os alumnos de Física, nas probas de acceso á Universidade de Santiago, toparon coa seguinte cuestión: *É mellor facer cinco series de 20 medidas ca unha soa de 100. ¿Por que?*

Unha análise simple, intuitiva, xa nos revela a falsidade do aserto anterior. En efecto, se se supón correcto chegamos ó absurdo de que, ante un conxunto calquera de medidas chega con dividilo en series de menos medidas cada unha para obter un erro menor. Desta maneira, a calidade das nosas medicións estableceríase exclusivamente na aleatoria forma na que realizásemolo cálculo. Pero coa tensión psicolóxica das probas de acceso, e tendo en conta o carácter imperativo da cuestión, parece dubidoso que os alumnos estivesen en condicións de facer (independentemente do seu coñecemento sobre o tema) unha reflexión dese carácter. Por outra banda, unha demostración rigorosa da falsidade da

afirmación establecida resulta algo complexa, pero non difícil desde o punto de vista da teoría de erros. Ímola ver a seguir.

O erro cuadrático da media aritmética dos valores individuais dunha magnitude que estamos a determinar experimentalmente é

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum \Delta_i^2}{n(n-1)}}$$

onde n é número total de medidas efectuadas e Δ_i é a desviación de cada valor individual respecto do valor medio.

$$\Delta_i = x_m - x_i = \frac{\sum x_i}{n} - x_i$$

Efectuando operacións obtense

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 &= (x_m - x_1)^2 + \dots + (x_m - x_n)^2 = \\ &= nx_m^2 - 2x_m \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n x_i^2 = \\ &= nx_m^2 - 2nx_m^2 + \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - nx_m^2 \end{aligned}$$

e con iso a expresión de erro da media resulta

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

No caso de que as n medidas se dividisen en a series, para os valores medios de cada unha delas obteríase unha expresión da forma

$$x_{m,j} = \frac{\sum x_i}{n/a} = \frac{a}{n} \sum x_i$$

onde $j = 1, 2, \dots, a$, e as sumas esténdense ós termos de cada serie. As desviación individual dos valores medios é

$$\Delta_j = x_m - x_{m,j}$$

e

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^a \Delta_j^2 &= (x_m - x_{m,j})^2 + \dots + (x_m - x_{m,a})^2 = \\ &= ax_m^2 - 2x_m \sum_{j=1}^a x_{m,j} + \sum_{j=1}^a x_{m,j}^2 = \\ &= ax_m^2 - 2ax_m^2 + \sum_{j=1}^a x_{m,j}^2 = \sum_{j=1}^a x_{m,j}^2 - ax_m^2 \end{aligned}$$

resultando para o erro cuadrático

$$\varepsilon' = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^a x_{m,j}^2 - ax_m^2}{a(a-1)}}$$

que podemos expresar noutra forma se desenvolvémo-lo sumatorio:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^a x_{m,j}^2 &= \frac{a^2}{n^2} \sum_{j=1}^a (\sum x_i)^2 = \\ &= \frac{a^2}{n^2} \left[(\sum_{i=1}^n x_i^2) + 2(\sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1}) + \dots + 2(x_1 x_n) \right] = \\ &= \frac{a^2}{n^2} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1} \right) \end{aligned}$$

Substituíndo este resultado obtense

$$\begin{aligned} \varepsilon' &= \sqrt{\frac{\frac{a^2}{n^2} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1} \right)}{a(a-1)}} = \\ &= \sqrt{\frac{a \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1} \right) - n^2 x_m^2}{n^2(a-1)}} \end{aligned}$$

Comparando os erros resulta

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{a \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1} \right) - n^2 x_m^2} \cdot \frac{n(a-1)}{n-1}}$$

Se $\varepsilon < \varepsilon'$, cumprírase

$$\begin{aligned} n(a-1) \sum_{i=1}^n x_i^2 - n^2(a-1)x_m^2 < \\ a(n-1) \sum_{i=1}^n x_i^2 + 2a(n-1) \sum_{i=1}^{n-1} x_i x_{i+1} - n^2(n-1)x_m^2 \end{aligned}$$

$$0 < [a(n-1) - n(a-1)] \sum x_i^2 + 2a(n-1) \sum x_i x_j + \\ + [n^2(a-1) - n^2(n-1)] x_m^2$$

$$0 < (n-a) \sum x_i^2 + 2a(n-1) \sum x_i x_j + (n^2 a - n^3) x_m^2$$

$$0 < (n-a) \sum x_i^2 - n^2(n-a) x_m^2 + 2a(n-1) \sum x_i x_j$$

e como

$$x_m^2 = \left(\frac{\sum x_i}{n} \right)^2 = \frac{\sum x_i^2 + 2 \sum x_i x_j}{n^2}$$

resultará

$$0 < (n-a) \sum x_i^2 - n^2(n-a) \frac{\sum x_i^2 + 2 \sum x_i x_j}{n^2} + \\ + 2a(n-1) \sum x_i x_j$$

$$0 < [(n-a) - (n-a)] \sum x_i^2 +$$

$$+ [2a(n-1) - 2(n-a)] \sum x_i x_j$$

$$0 < 2n(a-1) \sum x_i x_j$$

A corrección do resultado indícanos claramente que, para calquera valor tanto de n coma de a , cúmprese que $\epsilon < \epsilon'$, e isto equivale a dicir, como quedou dito ó primeiro, que o erro cometido é menor cando se considera unha serie soa de medidas.

CÁLCULO DO PH DE DISOLUCIÓNS USANDO VALORES APROXIMADOS DOS LOGARITMOS

Para cálculos normais da acidez é admisible un erro dunha décima de pH. Segundo veremos a continuación, pódese conseguir este resultado tomando un valor aproximado dos logaritmos correspondentes á concentración de hidroxenións.

A concentración de ións hidróxeno dunha disolución vén dada por unha expresión da forma

$$[H^+] = n \cdot 10^{-a}$$

resultando para o pH

$$pH = a - \lg n$$

Desta expresión dedúcese que as diferencias nos valores de pH veñen condicionadas pola aproximación coa que se tomen os valores de $\lg n$. Se se tenta realizar un cálculo rápido, cómpre que a función substitutiva da logarítmica, dentro do intervalo ($1 < n < 10$) no que nos temos que mover, deba cumprir dous requisitos: por unha banda, ten que ser simple dabondo para permitir ese cálculo rápido (mental) e, por outra, debe subministra-lo límite de erro ó que se aludiu ó primeiro.

A mera interpolación entre as parellas de valores (1; lg 1) e (10; lg 10) condúcenos á función

$$\lg n = \frac{n-1}{9}$$

de escaso valor mnemotécnico e que, ademais, agás no intervalo 8,5-10, ofrece valores aproximados que difiren en máis dunha décima respecto de lg n.

Unha función máis simple e que se axusta ás esixencias anteriores é

$$\lg n = \frac{n+1}{10}$$

de doada memorización e que conduce a resultados moi adecuados, segundo se ve nos exemplos da táboa seguinte

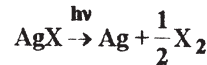
$[H^+]$	$pH = -\lg[H^+]$	$pH = a - \frac{n+1}{10}$
$1,2 \times 10^{-2}$	1,9 (1,92)	1,8 (1,78)
$2,7 \times 10^{-5}$	4,6 (4,57)	4,6 (4,63)
$5,5 \times 10^{-8}$	7,3 (7,26)	7,4 (7,35)
$8,3 \times 10^{-12}$	11,1 (11,08)	11,1 (11,07)

OS CRISTAIS FOTOCRÓMICOS: UNHA APLICACIÓN DE EQUILIBRIO REDOX

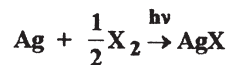
Estamos tan afeitos ó uso do que a tecnoloxía nos pon nas mans que parece que non hai novidade capaz de suscita-lo noso interese intelectual, nin sequera nos que pola súa forma-

ción habíamos estar máis preocupados por coñece-lo por que das aplicacións técnicas. O caso dos cristais denominados fotocromicos, moi usados nos anteollos, pode ser un exemplo de todo o que, á forza de empregalo a cotío, deixou de nos chama-la atención. Pero, ¿cal é o seu fundamento?.

O feito de que un cristal escureza baixo a acción da luz solar, ten a súa base na coñecida reacción de descomposición dos haluros de prata sometidos á acción dunha fonte luminosa:



Esta reacción ten servido desde hai moito como confirmación analítica de que un determinado haluro era de prata, e ó mesmo tempo é a base dos clásicos procesos fotográficos. Pero ¿como se poderá conseguir que esta reacción na que está implicado un proceso de oxidación-reducción se faga reversible?. O problema radica en confina-lo halóxeno (gasoso no caso do cloro) en presenza da prata metálica. Postos en contacto os reactivos, pódese da-la reacción inversa á descomposición do haluro:



que para iso abonda a enerxía de axitación térmica do material que encerra os reactivos ou a radiación infraverme-la presente no ambiente.

Nos cristais para anteollos nos que se dá esta reacción (cristais fotocromicos) as partículas cristalinas de haloxenuro de prata teñen que ter uns requisitos específicos. Estes son, segundo as especificacións da casa INDO, tanto referentes ó tamaño das partículas (entre 5 e 30 nm) coma á súa densidade dentro do material cristalino, e tamén á dispersión que dentro do soporte deben presentar.

O tamaño das partículas inflúe por un lado nas condicións mínimas nas que o efecto fotocromico ten lugar (por baixo dos 5 nm non aparece) e por outro na transparencia que o material rematado debe presentar para permitirla correcta visión (un tamaño superior ós 30 nm provocaría, por difusión da luz, unha aparencia leitosa ó vidro óptico). Ademais, o tamaño das partículas inflúe na cor que adquiren por efecto da descomposición: rosado nas de menor tamaño e azulado nas de tamaño grande. De consecuencia, é necesaria a homoxeneización coidadosa do haloxenuro para conseguir unha coloración uniforme.

Outro aspecto interesante que esta aplicación do equilibrio redox presenta é o emprego do haloxenuro de cobre de catalizador, co obxecto de incrementar a velocidade de reacción. Este aumento da velocidade de reacción é imprescindible para acadar un rápido cambio de escurecemento a clareamento ou viceversa, segundo se cambia de zonas de luminosidade me-

diana ou pequena a zonas moi iluminadas ou ó revés.

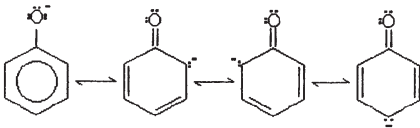
INFLUENCIA DOS EFECTOS ELECTRÓNICOS NA ABSORCIÓN DE FENOIS SOBRE SILICA XEL

Os efectos electrónicos maniféstanse en moitas propiedades das moléculas orgánicas, desde o momento dipolar ata as constantes de acidez ou basicidade, así como na reactividade desas moléculas, onde son responsables de efectos de orientación para determina-lo intermediato de reacción e, xa que logo, do produto principal que se vai obter.

Os efectos electrónicos permanentes son dous: o *inductivo*, que mediante el un átomo ou grupo despraza os electróns de enlace ben contra o carbono co que está enlazado, ben contra si. No primeiro caso, segundo a nomenclatura de Ingold, falariamos dun efecto +I, ó quedar positivamente cargado o átomo ou grupo; no segundo caso, o efecto denominaríase -I, xa que agora a carga adquirida é negativa. O segundo efecto é o *resoante*, que por el e debido á interacción resoante co resto da molécula, o átomo ou grupo doa electróns (efecto +R) ou atráeos contra si (efecto -R).

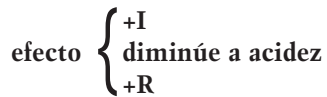
Estas dúas interaccións de carácter electrostático teñen, no caso dos fenóis substituídos, gran importancia no tocante á acidez dos mesmos. O

mesmo fenol é unha substancia que, a diferenza dos compostos hidroxílicos alifáticos (os alcohois), presenta unha pequena acidez ($K_a = 1,1 \times 10^{-10}$) manifesta na súa capacidade de se disolver, mediante reacción, en disolucións alcalinas. A acidez do fenol pódese xustificar teoricamente pola maior polarización que o enlace O-H presenta, cando se compara cos alcohois ou coa auga. Esta polarización é debida á estabilización do ión fenóxido por resonancia:



Esta estabilización resoante compensa de sobras o efecto -I do anel, que tende a diminuí-la carga sobre o osíxeno e, xa que logo, a polarización do enlace O-H.

A acidez do fenol vai quedar modificada cando sobre o anel bencénico se dispoñan substituíntes en diversas posicións. A actividade destes substituíntes tocante á modificación da acidez fenólica ha depender, por unha banda, da súa capacidade de atraer ou ceder electróns por un ou outro efecto, e por outra banda pola posición que ocupen en relación co grupo OH. Tocante ó primeiro punto pódese resumir que



No caso de que un substituínte presente efectos inductivo e resoante contrapostos, os resultados dependerán de cal deles sexa o dominante.

Tocante á posición do grupo en relación co oxhidriilo fenólico, hai que destacar que:

- na posición meta só se pode manifesta-lo efecto inductivo, porque nesta posición non hai posibilidade dunha forma resoante que afecte ó carbono fenólico.

- na posición para maniféstanse os dous efectos inductivo e resoante.

- na posición orto tamén se poden manifesta-los dous efectos, pero por causa da proximidade entre o oxhidriilo e mailo substituínte, aparece un impedimento estérico (moi notable cando o substituínte é moi voluminoso) que obriga ó oxhidriilo a saír do plano do anel bencénico, isto impide a resonancia e queda, xa que logo, só o efecto inductivo. Este efecto estérico pode chegar a ter de consecuencia que

o efecto inductivo fundamental sexa o do mesmo anel bencénico.

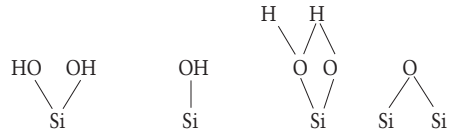
A acidez dos fenóis é unha magnitude que en principio está ligada á súa capacidade de formación de enlaces por ponte hidróxeno, porque o aumento de carga parcial positiva sobre o hidróxeno favorece a formación deses enlaces, e a diminución desfavorécea. Pero, ¿como se ha medir, aínda sendo a nivel cualitativo, esa capacidade?.

Nun traballo de Licenciatura que tiven ocasión de dirixir¹ estudiámo-la capacidade dos fenóis para se absorberen sobre sílica xel dunha maneira indirecta: tentouse medi-la influencia que os fenóis presentaban na desorción do tetrahidrofurano (THF) despois de este composto saturar unha columna de xel de sílice. O eluínte tiña, en cada caso, unha concentración precisa nun fenol concreto, e determinábase a cantidade de THF desorbido a diferentes volumes eluídos. Desta maneira podíase correlaciona-la desorción do THF coa adsorción do correspondente fenol.

Os resultados, en síntese, foron os seguintes tocante a orde crecente de adsorción dos diferentes fenóis analizados:

ionol|2,6-di-t-butil-4-metilfenol|o-nitrofenol|fenol|p-nitrofenol|p-clorofenol|m-clorofenol

A análise teórica dos resultados é reveladora da influencia dos efectos electrónicos sobre a capacidade de adsorción por formación de pontes hidróxeno, pero non é simple. En primeiro lugar, descoñécese a estrutura superficial da xel de sílice; para ela lévanse propostos distintos grupos superciais:



As tres primeiras estruturas permitirían a formación de enlace ponte hidróxeno entre o xel de sílice e mailo osíxeno fenólico, e a última daríano-la posibilidade dese enlace entre o hidróxeno do OH e mailo xel. Baixo calquera destes supostos, a adsorción parece que queda favorecida polo aumento do carácter iónico no grupo fenólico; ou sexa, que a adsorción de cada fenol debería ser función directa da súa acidez.

As previsións teóricas para os fenóis estudiados lévannos ás conclusións seguintes:

- o ionol é o representante que presenta menor acidez, de consecuencia dos efectos +I e +R dos grupos metilo e t-butilo (este último ademais de presentar un gran efecto +I introduce

1. Guadalupe Villazón Trabanco: *Influencia de los fenoles en la adsorción de tetrahydrofurano sobre sílica gel*, Tese de Licenciatura, Facultade de Ciencias de Oviedo, 1975.

un gran efecto estérico por causa do seu volume). Como era de esperar, é o que presenta unha adsorción máis feble.

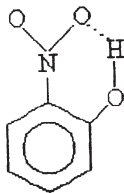
- nos nitrofenois, o grupo NO_2 presenta efectos -I e -R importantes, e iso vese nas constantes de acidez respectivas: 600×10^{-10} para o isómero orto, 50×10^{-10} para o isómero meta e 690×10^{-10} para o isómero para. A gran diferenza de acidez entre os isómeros orto e para en relación co meta baséase en que neste, xa que queda indicado, non se pode manifesta-lo efecto resonante, moi grande no caso do grupo nitro. Atendendo só á acidez, a orde previsible na adsorción crecente sería

meta < orto < para

Pero, en acordo perfecto cunha análise teórica máis completa, a orde real é

orto < meta < para

A inversión nos dous primeiros isómeros xustifícase polo feito de que no onitrofenol pódese dar un enlace ponte hidróxeno intramolecular:



e con iso a interacción co xel de sílice debe ser menor ca no mesmo fenol.

- nos clorofenois, o átomo de cloro presenta efectos -I e +R, e as constantes de acidez dos isómeros orto, meta e para son 77×10^{-10} , 16×10^{-10} e $6,3 \times 10^{-10}$, cadansúa. Logo, a orde de adsorción esperada sería

para < meta < orto

a que se confirmou experimentalmente para os dous primeiros isómeros.

Malia esta concordancia entre as predicións teóricas e mailos resultados experimentais, encontrouse unha anomalía difícil de xustificar: os m- e p-nitrofenois adsórbense menos (no sentido de presentaren menos capacidade de desorción do THF) cós clorofenois, aínda coa súa maior acidez. Non está claro este comportamento, e atribuírlo a unha afinidade maior polo eluínate empregado (benceno) debería ser obxecto dun estudio máis polo miúdo.

No curso 1992/93 dirixín unha monografía do Bacharelato Internacional² sobre o mesmo tema, pero agora dirixido ó estudio directo da adsorción de varios fenois sobre sílica xel. Estudiáronse os tres nitrofenois, os orto e para clorofenois, os orto e para cresois,

2. Cristina García López, *Influencia de los efectos electrónicos en la adsorción de fenoles sustituidos sobre sílica gel*. Extended Essay in Chemistry. I.B. Rosalía de Castro, Santiago, 1993.

os orto e para aminofenois, resorcina e hidroquinona e o propio fenol. En relación cos novos fenos introducidos, hai que indicar que os cresois (metilfenos), por causa dos efectos +I e +R do grupo metilo, son menos ácidos có fenol, e por iso a súa adsorción debe ser menor; así mesmo, os aminofenois estudados son menos ácidos có fenol, e por iso tamén a súa adsorción debe ser menor. Tocante á resorcina e á hidroquinona, ó presentaren dous grupos oxhidrilo é de esperar que a súa adsorción sexa maior cá correspondente ó fenol, mesmo moi intensa.

Os resultados desta pescuda (*) lévannos ás conclusións seguintes:

- nitrofenos: adsórbense pola orde prevista teoricamente, tanto respecto ó fenol coma entre eles: o-nitrofenol < fenol < m-nitrofenol < p-nitrofenol.

- cresois: o comportamento dos orto de para derivados empregados correspóndese perfectamente coa predición teórica: o-cresol < p-cresol < fenol.

- fenos dihidroxílicos: resorcina e hidroquinona presentan unha adsorción forte, o que é de esperar da maior posibilidade de formar enlaces por ponte de hidróxeno. O maior efecto +R en posición para da hidroquinona xustifica que a súa adsorción sexa menor cá da resorcina.

- clorofenos: os resultados aca- dados son curiosos, tanto polo feito de

que estes fenos se absorbesen menos có fenol, coma porque a súa adsorción inverteuse en relación co previsible (adsorbeuse máis o para).

- aminofenois: o isómero orto adsórbese menos có fenol, como era de esperar, e o p-aminofenol adsórbese máis. O resultado é dalgũa maneira semellante ó dos clorofenos, xa que por unha banda a adsorción do para é anómala e por outra banda invértese a orde de adsorción relativa entre ambos isómeros.

En xeral os resultados axústanse ós presupostos teóricos, pero non hai dúbida de que cómpre profundar na análise das anomalías observadas, que poden responder a cuestións que non se tiveron en conta ou precisar unha análise teórica máis polo miúdo.

(*) composto	Rx (1)
o-nitrofenol	1'6
m-nitrofenol	0'86
p-nitrofenol	0'84
o-clorofenol	1'5
p-clorofenol	1'2
o-cresol	2
p-cresol	1'4
o-aminofenol	1'3
p-aminofenol	0'54
resorcina	0'1
hidroquinona	0'2

(1) Resultados de cromatografía en capa fina. Os valores Rx veñen dados en función do fenol (distancia percorrida polo fenol substituído/distancia percorrida polo fenol).

ESTUDIO TEÓRICO DAS APROXIMACIÓN EN CÁLCULOS DE PH DAS DISOLUCIÓN DE ÁCIDOS E BASES FEBLES

Cando se realizan cálculos de pH de disolucións de ácidos ou bases febles, non é necesario, en xeral, resolver a ecuación completa que nos subministra a concentración de hidroxenións, e abonda con empregar unha ecuación aproximada. Así, considerando o equilibrio fronte á auga dun ácido monoprotónico



temos,

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{HA}] - [\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c - [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

e de aí resulta

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4cK_a}}{2}$$

Se podemos considerar que a concentración de hidroxenións é desprezable fronte á concentración inicial, c , do ácido,

$$K_a \approx \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{c} \quad \text{e} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{cK_a}$$

un valor que resulta algo maior que o obtido a través da ecuación completa.

A cuestión que se suscita é saber cando podemos empregar esta simpli-

ficación. A resposta vai estar condicionada pola exactitude que lle esixamos ó valor obtido para o pH, ou sexa, polo erro admisible para o mesmo. Tomando para ese erro un valor xenérico, e ,

$$\text{pH} - \text{pH}^* = y$$

onde o asterisco denota o valor obtido a través da solución da ecuación aproximada, dedúcese

$$-\lg \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^*} = y$$

onde

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_3\text{O}^+]^*} = \text{antlg}(-y) = x$$

sendo x un número próximo á unidade (tanto máis próximo canta máis exactitude se esixa) e un pouquiño inferior a ela.

A relación anterior, despois de substituí-los correspondentes valores das concentración de hidroxenións, condúcenos a

$$\frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4cK_a}}{2} = x\sqrt{cK_a}$$

$$K_a = \frac{c(1-x)^2}{x^2}$$

que é a condición limitante da aproximación que hai que efectuar.

No caso de que esixamos unha exactitude de 0'01 no valor do pH, que é superior ás necesidades habituais de cálculo, teremos

$$x = \text{antlg}(-0,01) \approx 0,98$$

e con iso

$$K_a = 1'6 \times 10^{-3} c$$

Limitando máis a condición, pódese dicir que a diferenza entre os valores de pH será inferior a 0'01 unidades cando se cumpra que

$$K_a = 10^{-3} c$$

Cando a esixencia na exactitude sexa a que habitualmente se esixe an cálculos normais, de 0'1 unidades de pH, teremos

$$K_a = 0'1 c$$

En consecuencia, dedúcese que para a maioría dos cálculos prácticos que temos que efectuar, poderemos aplica-la ecuación aproximada sempre que a constante de acidez sexa, todo o máis, a décima parte da concentración do ácido. O mesmo vale para o caso dunha base, porque o razoamento seguido é totalmente semellante.