

Anleitung zum Gebrauch des Rechenschiebers für Chemiker

Instructions for the use of the Chemical Slide Rule

Anleitung zum Gebrauch des Rechenschiebers für Chemiker

Der Rechenschieber für Chemiker soll die Berechnung chemischer Analysen im Bereich der organischen und anorganischen Chemie erleichtern und daneben die Funktionen eines üblichen Rechenschiebers erfüllen.

A. Beschreibung des Rechenschiebers

Die für die rasche Auswertung von Analysendaten entwickelten Skalen finden sich auf der Vorderseite des Rechenschiebers. Die Genauigkeit, die sich auf dem im Taschenformat gefertigten Rechenschieber erzielen läßt, übertrifft die üblicherweise erzielte Analysengenauigkeit und genügt daher den Anforderungen der Praxis. Die übrigen Skalen entsprechen den Teilungen konventioneller Rechenschieber.

I. Vorderseite (s. Abbildung)

Die Vorderseite zeigt die folgenden Hauptskalen (von unten nach oben):

1. x-Skala auf dem Körper (unten).
2. x-Skala auf der Zunge (unten).
Diese Skala trägt die Marken „Molvol.“ für das Molvolumen von Gasen unter Normalbedingungen (22.41 l mol^{-1}), „ N_L “ für die Loschmidtsche Zahl ($6.023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) sowie „ $R/\lg e$ “ für das Produkt aus dem logarithmischen Modul mit der Gaskonstanten ($2.303 \cdot 1.98 = 4.574$); die letztere Größe tritt häufig in physikalisch-chemischen Gleichungen auf, z. B. bei der Berechnung von Dampfdrücken.
3. $10 : x$ -Skala auf der Zunge (Mitte), in Rot.
4. $(10 : x)^2$ -Skala auf der Zunge (Mitte), in Rot.
Diese Skala trägt in ihrer rechten Hälfte Mar-

ken für eine Reihe von atomaren Massenverhältnissen (Atomgewichtsverhältnissen).

5. x^2 -Skala auf der Zunge (oben).
Diese Skala ist zusätzlich mit dem %-Symbol bezeichnet.
6. $10x^2$ -Skala auf dem Körper (oben).
Diese Skala ist zusätzlich mit „H“ und „MG“ für die Atommasse von Wasserstoff und die Molekülmasse (Molekulargewicht) bezeichnet.

Der $10x^2$ -Skala sind weitere Skalen am oberen und unteren Rande des Körpers zugeordnet, die Markierungen für die Massen von Atomen und Gruppen (Atom- bzw. Gruppengewichte) sowie für deren Vielfache tragen. Die Verwendung zweier Farben (rot und schwarz) gestattet es, die Skalen jeweils zweier Atome oder Atomgruppen ineinander zu legen. Sämtliche

Marken basieren auf der IUPAC-Atomgewichtstabelle von 1961, sind also auf das Kohlenstoffisotop $^{12}\text{C} = 12.0000$ bezogen.

Die Skalen sind so angelegt, daß die Mehrzahl der Analysen in anorganischer und organischer Chemie bewältigt werden kann. Die obere Grenze für das Molekulargewicht liegt bei 1300. Die Verbindungen dürfen neben Wasserstoff bis zu 80 Kohlenstoffatome, bis zu 12 Stickstoff- oder Sauerstoffatome, bis zu 10 Chloratome, bis zu 6 Fluor-, Brom-, Schwefel-, Phosphor- oder Siliciumatome oder auch Methoxy-Gruppen, bis zu 3 Jod- oder Boratome oder 2 Äthoxy-Gruppen (EtO) enthalten, ferner je ein Atom der wichtigsten sonstigen Elemente.

II. Rückseite

Die auf der Rückseite angebrachten, in schwarz und rot gehaltenen Skalen wurden unter Be-

rücksichtigung der besonderen Bedürfnisse des Chemikers und Physikochemikers zusammengestellt. Sie sind über die x-Skala an die Vorderseite angeschlossen, so daß eine auf der einen Seite begonnene Rechnung auf der anderen fortgeführt werden kann. Die πx -Skala dient in erster Linie der Erleichterung von Flächen- und Volumenberechnungen; sie erweist sich überall dort als nützlich, wo mit Formeln gearbeitet wird, die die Zahl π enthalten (Kreisfrequenzen, Polarkoordinaten u. a.). Daneben erlaubt sie in eleganter Weise das Weiterführen einer auf den unteren Skalen C und D begonnenen Rechnung, bei der ein „Durchschlagen“ der Zunge erforderlich würde, ohne daß die Zunge bewegt werden muß.

Beispiel: $(3:8) \cdot 2 = .75$

Schieberkörper oben:

Kubenskala	$K \dots x^3$
Tangensskala	$T_1 \dots \nless \tan 0.1x \text{ (cot)}$
Tangensskala	$T_2 \dots \nless \tan x \text{ (cot)}$
Feste π -Skala	$DF \dots \pi x$

Zunge:

Bewegliche π -Skala	$CF \dots \pi x$
Mantissenskala	$L \dots \lg x$
Reziprokskala	$CI \dots 10 : x$
Bewegliche Grundskala C	$C \dots x$

Schieberkörper unten:

Feste Grundskala	$D \dots x$
Exponentialskala für positive Exponenten von e bis 22000 (e^{10})	$LL_3 \dots e^x$
Exponentialskala für negative Exponenten	$LL_03 \dots e^{-x}$
desgleichen	$LL_{02} \dots e^{-0.1x}$

III. Läufer

Der Läufer trägt auf der Vorderseite links vom Mittelstrich eine Marke mit der Bezeichnung J, rechts eine Marke mit der Bezeichnung cal, in Höhe der $10x^2$ -Skala. Mit Hilfe dieses Strichpaares gelingt die Umrechnung von der dem Chemiker vertrauten Einheit der Wärmeenergie, der (Kilo)kalorie, in die vom SI-System geforderte Einheit, das Joule, und umgekehrt ($1 \text{ kcal} \triangleq 4.184 \cdot 10^3 \text{ J}$; $1 \text{ J} \triangleq 0.239 \text{ cal}$). Ein zweites Strichpaar in Höhe der x^2 -Skala wird vor allem für den Elektrochemiker und Spektroskopiker von Nutzen sein ($1 \text{ kcal/mol} \triangleq 4.34 \cdot 10^2 \text{ eV}$; $1 \text{ eV} \triangleq 23.05 \text{ kcal/mol}$).

Auf der Rückseite des Läufers vermitteln die Marken T und E zusammen mit den darunter liegenden Skalen LL_{02}/LL_{03} und DF die Umrechnung von Transmissionen (Durchlässigkeiten) in dekadische Extinktionen, die nach

$$E = \log \frac{1}{T}$$

miteinander verknüpft sind. Um z. B. den zu $T = 1\%$ gehörenden Wert von E zu finden, stellt man die T-Marke des Läufers über die Marke 0.01 auf LL_{03} ein und liest E = 2 auf DF ab. Der zu $T = 60\%$ gehörende Wert von 0.60 auf LL_{02} entspricht einer Extinktion von E = 0.221 (Ablesung 2.21 auf DF, auf Größenordnung achten!)

B. Berechnung von Analysen

1.

Berechnung der Summenformel aus Analysenwerten und Molekulargewicht

Beispiel: Eine Substanz habe die Analyse

(gefunden)	
C	34.2
H	2.1

Br	38.0
N	6.0
O	19.8

und ein Molekulargewicht $MG = 216$ erbracht.

1.1.

Man bringt das \blacktriangle -Zeichen auf der x^2 -Skala der Zunge (das entspricht dem Wert 100 %) unter das gefundene Molekulargewicht (216) in der rechten Hälfte der $10x^2$ -Skala des Körpers (MG).

1.2.

Jetzt kann man nacheinander die Analysenwerte der einzelnen Elemente auf der x^2 -Skala (%-Skala) der Zunge mit dem Läufer aufsuchen und die dem Läuferstrich nächstgelegene Zahl in den entsprechenden Skalen für die Atomgewichte (unter Berücksichtigung der Farben!) ablesen. Für Wasserstoff wird die Anzahl der

Atome auf der $10x^2$ -Skala abgelesen, wobei jedoch auf der x^2 -Skala der 10-fache Prozentwert einzustellen ist (im Beispiel: 21.0 statt 2.1).

Man findet so als beste Lösungen die Zahlen 6 für Kohlenstoff, 4.52 (d. h. 4 oder 5) für Wasserstoff, 1 für Brom, 1 für N und 3 für Sauerstoff. Die Formel ist demnach $C_6H_4BrNO_3$ oder $C_6H_5BrNO_3$, wovon die letztere aus Gründen der Valenzabsättigung ausscheidet. Die wirkliche Zusammensetzung für die erstere Bruttoformel (2-Brom-3-nitrophenol) ist

(berechnet)

C	33.06
H	1.85
Br	36.66
N	6.43
O	22.02

mit einem Molekulargewicht von 218.01. Die Abweichungen im Beispiel waren bewußt groß gewählt worden. Normalerweise tritt eine Unsicherheit in der Anzahl der Wasserstoffatome nicht auf. Man kann also sofort den Einfluß der Analysenfehler auf das Ergebnis abschätzen.

2.

Berechnung des Molekulargewichts aus einem Prozentwert.

Die Analyse für eine Verbindung, die *ein* Bromatom enthält (Br_1), habe einen Wert von 38 % Brom ergeben. Man stellt unter den Skalenwert Br_1 (rot) auf der betreffenden Elementskala (dritte von oben) den gefundenen Analysenwert (38.0) auf der x^2 -Skala der Zunge ein und findet hierzu das zugehörige Molekulargewicht auf der $10x^2$ -Skala des Körpers über dem \blacktriangle -Zeichen (210).

3.

Berechnung der prozentualen Zusammensetzung aus Summenformel und Molekulargewicht.

Als Beispiel sei wieder das 2-Brom-3-nitrophenol gewählt.

3.1.

Wie 1.1 (Einstellung 218)

3.2.

Mit dem Läufer werden die entsprechenden Vielfachen auf den Elementskalen aufgesucht, woraufhin man die gewünschten Prozentgehalte auf der x^2 -Skala der Zunge ablesen kann, z. B. 33.0 für C_6 .

Anmerkung: Die im unteren Teil des Körpers untergebrachten Elementskalen werden wie die oberen behandelt. Sie sind also der $10x^2$ -Skala in der oberen Hälfte des Körpers zugeordnet, nicht etwa der benachbarten x -Skala. Lithium

und Beryllium sind mit 10-fachem Atomgewicht eingetragen, weshalb auch die 10-fachen Prozentgehalte eingestellt werden müssen. Für S bzw. Si werden die Skalen für O bzw. N benutzt, und zwar mit dem Faktor 1/2, da die Atomgewichte sich ziemlich genau um den Faktor 2 unterscheiden.

4.

Berechnung der Summenformel aus den Analysenwerten bei fehlendem Molekulargewicht.

In Fällen, in denen das Molekulargewicht nicht bekannt ist, ging man zur Berechnung der Summenformel aus den Analysenwerten bislang meist nach einem „Trial-and-Error-Verfahren“ vor*. Dabei bestimmte man, ausgehend von dem am wenigsten vorkommenden Element (z. B. N), diejenigen Atomzahlverhältnisse, die eine

am besten zu den Analysenwerten passende Zusammensetzung liefern. Hier führt die Verwendung des Rechenschiebers durch die auf seiner $(10 : x)^2$ -Skala angebrachten Marken für die Atomgewichtsverhältnisse wichtiger Elementkombinationen zu einer wesentlichen Vereinfachung.

Die Atomgewichtsverhältnisse sind (bis auf S/Cl) so angegeben, daß das schwerere Element im Zähler steht; sie sind also > 1.0 . Dementsprechend beginnt man für die Ermittlung der Atomzahlverhältnisse stets mit dem schwereren Atom (außer im Paar S, Cl). Wenn man größenordnungsrichtig rechnet (s. unten), so hat auch das resultierende Atomzahlenverhältnis die richtige Größenordnung. Wenn man andererseits zur besseren Ablesung nicht größenordnungsrichtig rechnet (in dem man beispielsweise die Marke 10 anstelle von \blacktriangle unter den Läuferstrich bringt),

so ist nur noch das numerische Ergebnis richtig und man überschlägt im Kopf, ob das Verhältnis z. B. 1 : 6 oder 10 : 6 lautet.

Beispiel:

Eine C,H,N,O-haltige Substanz habe die Analyse

(gefunden)

C	54.50
H	8.63
N	26.76
O	10.11

erbracht. (Der O-Wert beruht auf Differenzbildung). Zweckmäßigerweise ermittelt man zuerst das Verhältnis der Atome N und C.

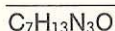
1. Läuferstrich über die Stelle 26.8 auf der $10x^2$ -Skala des Körpers (linke Hälfte!) einstellen.

* R. Krzikalla, Rechentafeln zur chemischen Elementaranalyse, 2. Aufl., S. XIII, Verlag Chemie, Weinheim 1968.

2. 54.5 auf x^2 -Skala der Zunge (rechte Hälfte!) unter Läuferstrich bringen (= Division der Gew.-%-Werte).
3. Läuferstrich über N/C-Marke auf Zunge stellen.
4. ▲-Marke unter Läuferstrich stellen.
5. Atomzahlverhältnis N/C auf gegenüberliegenden Stellen der $10x^2$ - und x^2 -Skala ablesen. Es gilt das am nächsten bei ganzen Zahlen liegende Verhältnis, im Beispiel N/C = 3/7. Als Ersatzlösung käme auch 5/12 in Frage.

Ebenso ermittelt man $O/C = 1/7$ und ggf. $O/N = 1/3$. Für die Berechnung von Atomzahlverhältnissen, an denen Wasserstoff beteiligt ist, verwendet man für die Verschiebung gemäß 3. statt besonderer Marken auf der $(10:x)^2$ -Skala die Atomgewichtsverhältnisse der betref-

fenden Elemente zu Wasserstoff auf derselben Skala, also 12 für C/H, 14 für N/H usw. Im Beispiel ist das Verhältnis von Kohlenstoff und Wasserstoff nahe bei 1/2. Da aber im Molekül mindestens 7 C-Atome vorhanden sein müssen (vgl. Sauerstoff!), wird man die nächste, der 7 gegenüberstehende Zahl auf der x^2 -Skala der Zunge ablesen und findet so C/H = 7/13, womit die gesuchte Summenformel lautet:



Die exakte Zusammensetzung hierfür ist

(berechnet)	
C	54.17
H	8.44
N	27.08
O	10.31

Es empfiehlt sich, für die einzelnen Elementpaare jeweils mehrere in Frage kommende Zahlenverhältnisse zu notieren und die „besten“ zu unterstreichen. Nachdem man so für jedes Element eine Auswahl von Kombinationen ermittelt hat, kann man die richtige, allen Einzelverhältnissen genügende Summenformel meist leicht auswählen.

Der Gebrauch der hier nicht besonders erörterten Grundskalen wird in einer Anleitung für Castell-Duplex-Präzisionsrechenstäbe erläutert. Interessenten wenden sich bitte an:

A. W. Faber-Castell
8504 Stein bei Nürnberg

Instructions for the Use of the Chemical Slide Rule

The chemical slide rule is designed to facilitate calculations in organic and inorganic analyses and also to meet all the demands made of a normal slide rule.

A. Description

The scales designed for rapid evaluation of analytical data are to be found on the front side of the rule. The accuracy achievable with this pocket-size rule exceeds that usually obtained in practical analysis. The remaining scales correspond to those found on conventional slide rules.

I. Front side (see Figure)

The following main scales are to be found on the front side of the rule (from bottom to top):

1. x Scale on the fixed rule (below).
2. x Scale on the slide (below).
This scale is marked with "Molvol." for the molar volume of gases under standard conditions ($22.41 \text{ l mole}^{-1}$), with " N_L " for the Loschmidt (Avagadro) number ($6.023 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$), and with " $R/\lg e$ " for the product of the logarithmic modulus and the gas constant ($2.303 \times 1.98 = 4.574$); the latter quantity frequently occurs in physico-chemical equations, e.g. in the calculation of vapor pressure.
3. $10 : x$ Scale on the slide (center), in red.
4. $(10 : x)^2$ Scale on the slide (center), in red.
The right-hand half of this scale is marked

with a series of atomic mass ratios (atomic weight ratios).

5. x^2 Scale on the slide (above).
This scale is also marked with the % sign.
6. $10x^2$ Scale on the fixed rule (above).
This scale has the additional markings "H" and "MG" for the atomic mass of hydrogen and molecular mass (molecular weight).

In addition to the $10x^2$ scale there are further scales on the upper and lower edges of the fixed rule which carry markings for the masses of atoms and groups (atomic and group weight) and multiples thereof. The use of two colors (red and black) permits interpolation of the scales for the two atoms or groups of atoms. All markings are based on the IUPAC Table of Atomic Weights (1961), i.e. refer to the carbon isotope $^{12}\text{C} = 12.0000$.

The scales are designed so as to facilitate most of the calculations required in inorganic and organic analyses. The upper limit for molecular weight is 1300. Apart from hydrogen, the compounds may contain up to 80 carbon atoms, up to 12 nitrogen or oxygen atoms, up to 10 chlorine atoms, up to 6 fluorine, bromine, sulfur, phosphorus, or silicon atoms, or methoxy groups, up to 3 iodine or boron atoms or 2 ethoxy groups (EtO), and one atom of each of the other more important elements.

II. Reverse side

The scales (both black and red) on the reverse side of the rule have been compiled and designed with due consideration to specific requirements of the chemist and physical chemist. They are connected to the front side of the

rule via the x scale so that a calculation begun on one side may be continued on the other. The πx scale simplifies area and volume calculations and will prove useful in all calculations involving formulas which contain the constant π (angular frequency, polar coordinates, etc.). It also facilitates, in a rather elegant way, the continuation of a calculation started on the lower C and D scales, in which adjustment of the slide would normally be necessary, without the slide having to be moved. For example: $(3 : 8) \times 2 = 0.75$

III. Cursor

On the front of the cursor there is a line marked "J" to the left of the central hair-line and a line marked "cal" to the right. Both lines cross the $10x^2$ scale and facilitate conversion from the chemist's unit of heat energy, the (kilo)calorie, into the unit required under the SI system, the Joule, and vice versa ($1 \text{ Kcal} \triangleq 4.184 \times 10^3 \text{ J}$; $1 \text{ J} \triangleq 0.239 \text{ cal}$). A second pair of lines marked at the same height as the x^2 scale are of particular importance to the electrochemist and the spectroscopist ($1 \text{ kcal/mole} \triangleq 4.34 \times 10^{-2} \text{ eV}$; $1 \text{ eV} \triangleq 23.05 \text{ kcal/mole}$).

The lines marked T and E on the reverse side of the cursor can be used with the scales LL_02/LL_03 and DF for the conversion of transmissions into decadic extinctions which are related to each other by the expression

$$E = \log \frac{1}{T}$$

For example, in order to find the value of E corresponding to $T = 1\%$, the line marked T on the cursor is placed over the marking 0.01 on the LL_03 scale and the value $E = 2$ is read off on the DF scale. The value of 0.60 on LL_02 belonging to $T = 60\%$ corresponds to an extinction of $E = 0.221$ (reading 2.21 on DF; take care with orders of magnitude).

B. Calculation of analyses

1. Calculation of empirical formula from analytical values and molecular weight

Example: A substance has the analysis

Fixed rule (above)

Cubic scale	$K \dots x^3$
Tangent scale	$T_1 \dots \triangle \tan 0.1x (\cot)$
Tangent scale	$T_2 \dots \triangle \tan x (\cot)$
Solid π scale	$DF \dots \pi x$

Slide

Movable π scale	$CF \dots \pi x$
Mantissa scale	$L \dots \lg x$
Reciprocal scale	$CI \dots 10 : x$
Movable base scale	$C \dots x$

Fixed rule (below)

Base scale	$D \dots x$
Exponential scale for positive exponents from e to 22000 (e^{10})	$LL_3 \dots e^x$
Exponential scale for negative exponents	$LL_03 \dots e^{-x}$
ditto	$LL_02 \dots e^{-0.1x}$

(found)

C	34.2
H	2.1
Br	38.0
N	6.0
O	19.8

and a molecular weight of 216.

1.1.

The \triangle sign on the x^2 scale of the slide (which corresponds to the value 100 %) is brought to coincide with the experimentally found molecular weight (216) on the right-hand half of the $10x^2$ scale of the fixed rule (MG).

1.2.

The number of atoms of the individual elements may now — with the aid of the cursor — be found, one after the other, as the integer on the

relevant scale of atomic masses corresponding most closely to the analytical value on the x^2 scale (% scale), due care being taken of the colors in the atomic scales. For hydrogen the number of atoms is read off on the $10x^2$ scale; however, the tenfold % value must be used on the x^2 scale (e.g. 21.0 instead of 2.1).

Thus in this particular example, the best values found are 6 for carbon, 4.52 (i.e. 4 or 5) for hydrogen, 1 for bromine, 1 for nitrogen, and 3 for oxygen. Hence the formula is either $C_6H_4BrNO_3$ or $C_6H_5BrNO_3$, of which the latter can be rejected on the grounds of valency. The actual composition of the former (2-bromo-3-nitrophenol) is

(calculated)	
C	33.06
H	1.85

Br	36.66
N	6.43
O	22.02

with a molecular weight of 218.01. The large deviations in this example have been chosen purposely. Normally such an uncertainty in the number of hydrogen atoms seldom occurs. The influence of analytical errors on the result can be estimated immediately.

2.

Calculation of molecular weight from a percentage value.

Analysis of a compound containing one bromine atom (Br_1) yields a value of 38 % bromine. This value (38.0) on the x^2 scale of the slide is brought under the scale value Br_1 (red markings, third scale from top) and the correspond-

ing molecular weight can be read off from the $10x^2$ scale of the fixed rule above the \blacktriangle sign (210).

3.

Calculation of percentage composition from empirical formula and molecular weight.

Once again, 2-bromo-3-nitrophenol will be used as example.

3.1.

As in 1.1 (under 218)

3.2.

The cursor is now placed over the requisite multiple on the element scale and can be used to read off directly the desired percentage composition on the x^2 scale of the slide, e.g. 33.0 for C. Note: The element scales on the lower part of the fixed rule are used in the same way as those

on the upper part. They are, of course, to be used in conjunction with the $10x^2$ scale on the upper part of the fixed rule and not with the neighboring x scale. Lithium and beryllium have been included with a 10-fold atomic weight; it is therefore necessary to use the 10-fold %-content values in these cases. The scales for O and N respectively are to be used for S and Si along with a factor of $1/2$ since the atomic weights of the latter differ by almost exactly a factor of 2 from those of the former.

4.

Calculation of empirical formula from analytical values when the molecular weight is unknown.

Previously the calculation of the empirical formula from analytical data in those cases where the molecular weight was unknown was usually carried out by trial and error. The atomic

ratios, referred to the element of lowest number in the substance (e.g. N), were first determined and scaled to the composition that best fitted the analytical values. Here, the use of the slide rule with its $(10 : x)^2$ scale markings for atomic ratios of the more important combinations of elements greatly simplifies this problem.

The atomic weight ratios are (except S/Cl) quoted with the heavier element as numerator, i.e. they are > 1.0 . Accordingly, determination of the atomic ratio always starts with the heavier atom (except in the pair S, Cl). If the correct order of magnitude is calculated then the resulting atomic ratio also has the correct order of magnitude. On the other hand, if, for the sake of better reading-off an incorrect order of magnitude is calculated (in which, e.g. the number 10 is brought under the cursor hair-line instead of the sign \blacktriangle) then only the numerical result is correct

and one must work out in the head whether the ratio is e.g. 1:6 or 10:6.

Example:

A substance containing C, H, N, O gives on analysis

(found)	
C	54.50
H	8.63
N	26.76
O	10.11

(The O value is calculated by difference.)
One determines first the ratio of N to C atoms.

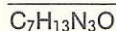
1. Place the hair-line of the cursor over the value 26.8 on the $10x^2$ scale of the fixed rule (left half).

2. Place the value 54.5 on the x^2 scale of the slide (right half) under the hair-line of the cursor (= division of the wt.-% values).
3. Set the cursor hair line over the N/C marking on the slide.
4. Bring the marking \blacktriangle under the cursor hair-line.
5. Read off the atomic number ratio N/C on the $10x^2$ and x^2 scales. The nearest whole number is taken, e.g. $N/C = 3/7$. The value 5/12 may be a valid alternative.

The ratio $O/C = 1/7$ (and if necessary $O/N = 1/3$) is determined in the same way.

In calculations involving hydrogen, operation 3 above is even simpler, since, instead of using the special marking on the $(10:x)^2$ scale, the ratio of the atomic weight of the element rela-

tive to that of hydrogen (i.e. 12 for C/H, 14 for N/H, etc.) can be used. In the above example the ratio of carbon to hydrogen is $\approx 1:2$. Since at least 7 carbon atoms must be present in the molecule (cf. oxygen!), the nearest whole number opposite 7 on the x^2 scale is read off, i. e. $C/H = 7/13$; consequently the desired empirical formula is



the exact composition of which is:

(calculated)

C	54.17
H	8.44
N	27.08
O	10.31

It is recommended that all the likely values for each of the pairs of elements be noted and the "most probable" ones underlined. Subsequent inspection of the individual values then leads to correct choice of the valid empirical formula.

The use of the basic scales not mentioned explicitly in these instructions is discussed in a leaflet on Castell-Duplex precision slide rules. If you are interested, please write:

A. W. Faber-Castell
8504 Stein bei Nürnberg, Germany