

KÉMIA IDEGEN NYELVEN



Kémia németül

Szerkesztő: Horváth Judit

Fordítási verseny a 2021/2022-es tanévben

Fordítandó német szakszöveg a tanév során két alkalommal (a mostani 2021/5. és a jövő évi 2022/1. számban) jelenik meg. **A nagy érdeklődésre tekintettel idén újból a kémia és a társadalom közötti összefüggéseket** tárgyaló téma kerül terítékre: a legutóbbi tudománytörténeti részt követően megint **környezetvédelmi** és geopolitikai témával folytatódik a verseny.

A rovat fő célja megismertetni azt a **szókincset és nyelvezetet (kémiai anyagok és laboratóriumi eszközök megnevezése, alapvető műveletek leírása)**, melyre külföldi részképzés vagy németajkú partnerekkel végzett munka esetén szükség lesz minden olyan területen, mely kémiai ismeretekre is támaszkodik (orvostudomány, gyógyszerészet, környezetvédelem, élelmiszer-, agrár- vagy építőipar, stb.). A németórán vagy a nyelvvizsga-előkészítőn feldolgozott ismeretterjesztő szövegek ehhez nem elegendők: azok nyelvezete messze áll attól, amikor egy tankönyvi szövegben, receptben vagy egy műszer leírásában kell eligazodnunk. A kémialaborba belépve pedig igen hamar rájövünk, hogy biztos nyelvtudásunk ellenére csak mutogatásra vagyunk képesek az eszközök között, akár a bennszülöttek...

A tudományos és a műszaki nyelv a németben a **hivatalos stílushoz** áll közel. Ennek megfelelően a mondatok nyelvtanilag többszörösen összetettek és közbeékeltek lehetnek. Cserébe viszont nem kell újságírói blikkfangokon és képi hasonlatokon törnünk a fejünket, melyeket ismeretterjesztő cikkekben előszeretettel használnak. **A kiemelésekkel** próbálok **segíteni**: nem csak a kémiai vonatkozású kifejezésekre, hanem

a **mondat lényeges elemeire** rámutatni, ami által remélhetőleg könnyebb lesz kibogozni, megfejteni őket.

Az irodalmi műfordítással ellentétben a precizitás megelőzi a választékosságot. A szóismétlések elkerülhetetlenek, hiszen egy adott szakkifejezést mindig ugyanúgy kell fordítani. Természetesen a mondatoknak magyarul helyesen kell hangozniuk! Nagyon bosszantó olyan nyersfordítást olvasni, mely úgy hangzik, mintha nem tudna jól magyarul az írója. Ha valamit nem tudtok szó szerint lefordítani (akár pl. egy szakkifejezést nem tanultatok), akkor kipontozás helyett inkább [szögletes zárójelben] írjátok körül az értelmét, hogy a szövegkörnyezetből mire gondoltok.

A fordítási versenybe internetes nevezést kérünk a <http://kokel.mke.org.hu> honlapon. A felkészítő tanár mezőben a kémiatanárok mellett a némettanárok nevét is feltétlenül adjátok meg!

A KÖKÉL honlapjáról letölthető az elmúlt 15 évben előfordult szakszavak jegyzéke (kis szakszótár). 675 kifejezést tartalmaz a következő csoportosításban: kb. **200 anyag és 80 laboreszköz** mellett **200 fogalmat, 70 tulajdonságot**, valamint **90 ígét az alapvető műveletek leírására, történések kifejezésére.** Érdemes használni, mert a hozzáférhető német-magyar nagyszótár vagy a műszaki szótár sem tartalmaz számos (egyébként alapvető) kifejezést (pl. osztott pipetta, hasas pipetta, vegyifülke), más esetben pedig még félrevezetők is lehetnek.

A **pontozás** szempontrendszer a 2004/3. szám 279. oldalán került ismertetésre. Érdemes az azóta megjelent értékelések közül néhányat átnézni a visszatérő hibák miatt. Pluszpontokat adok, ha valaki egy kacifántos részt sikeresen megfejt, vagy valamit nagyon szellemesen fordít le (ezekre 2–3 pontot is). 1–2 pluszpont jár annak, aki megtalálja a helyes magyar megfelelőjét egy olyan kifejezésnek, melyet csak kevesen ismernek fel. Ezek kompenzálhatják a kis levonásokat, melyek gyakran csak figyelmetlenségből erednek.

Chemie auf Deutsch

(fordításra kijelölt német nyelvű szakszöveg)

Biokraftstoffe erster Generation: Rapsdiesel

Viele Menschen denken bei **Biodiesel** an **blühende Rapsfelder**, und in der Tat wird er in Deutschland vor allem aus Raps gewonnen. Als **Ausgangsbasis** sind aber auch andere **Pflanzenöle** sowie **Altspeise- und Tierfette** möglich. Während in Mitteleuropa **Raps** aus klimatischen Gründen zur Herstellung von Biodiesel dominiert, wird er in Asien in der Regel **aus Palmöl** und in Amerika **aus Sojaöl erzeugt**. Auch Biodiesel aus Reststoffen (**tierische Fette, Talg, Schmalz**) gewinnt zunehmend an Bedeutung. Im Vergleich zu Biodiesel aus Anbaubiomasse sind es vor allem die geringeren **THG-Emissionen**, die als Vorteil des Biodiesels aus Altspeisefetten angeführt werden.

Geschichte:

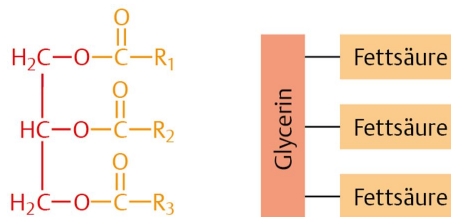
Im Rahmen der Weltausstellung in Paris im Jahre 1900 testete **Rudolf Diesel** den Einsatz von einem **Kraftstoff der aus reinem Pflanzenöl bestand**. Auf dieser Ausstellung wurde ein kleiner Dieselmotor des Herstellers Otto gezeigt, in den man, ein aus Erdnüssen gewonnenes Öl, einfüllte. Der Motor lief einwandfrei, obwohl er nur für **Mineralöl** konstruiert wurde. Mit der Anmeldung des **Patents**, zur **Umesterung von Pflanzenölen mit Methanol**, von **G. Chavanne 1937** wurde die Nutzung von Biodiesel angekurbelt.

Für den Chemiker handelt es sich bei Biodiesel um **Pflanzenölmethylester*** bzw. **Fettsäuremethylester**, auch als Fatty Acid Methyl Ester (FAME) bezeichnet. Außerdem ist die Abkürzung **RME** für **Rapsölmethylester** gebräuchlich. Biodiesel ist also nicht mit Pflanzenöl zu verwechseln, sondern wird daraus hergestellt.

*Ester sind Verbindungen aus Alkoholen und Säuren.

Die jeweiligen Fettsäuremethylester werden in einer **Umesterungsreaktion** der Fette und Öle mit Methanol **hergestellt**. **Fette** setzen sich aus einzelnen Bestandteilen zusammen. Diese Bausteine bestehen **stets aus vier Komponenten: Glycerin und 3 Fettsäuren**. Das **Glycerin** des Triglycerids wird **durch Methanol ersetzt**, dadurch ist das **Molekül** nur **ein Drittel so groß** wie das

Triglycerid. Die **Triglyceride** selbst sind für den direkten Gebrauch **ungeeignet**, da ihre **Viskosität** (ihr Fließwiderstand) zu groß ist.



ein Triglycerid

Die Mineralölkonzerne **mischen** Biodiesel dem herkömmlichen Diesel **mit bis zu 7 % (B7)** bei, ohne dass gesonderte technische Voraussetzungen vom Fahrzeughalter zu beachten sind. Biodiesel ist eine Alternative zu fossilem Diesel und wird in der Beimischung B5 und B7 angeboten. Zudem können insbesondere **Lastkraftwagen mit reinem Biodiesel (B100)** betankt werden. Als Reinkraftstoff wird Biodiesel aktuell nur in sehr geringen Mengen eingesetzt.

Die Beimischung von Rapsölmethylester zum Dieselmotorkraftstoff trägt in begrenztem Rahmen dazu bei, den Ausstoß von Kohlenstoffdioxid aus fossilen Quellen zu vermindern. Bei einer ganzheitlichen Betrachtung des Lebenszyklus von RME resultiert eine Reduktion der CO₂-Emissionen durch die Substitution von Mineraldiesel um etwa 37 %. Diese vergleichsweise geringe Reduktion ist einerseits auf die Umweltauswirkungen der intensiven Landwirtschaft zur Bereitstellung des Rohstoffes Raps zurück zu führen. Andererseits ist sie ein Resultat der Verwendung von Methanol aus fossilen Quellen im Rahmen der **Umesterung**. Rapsölmethylester ist damit kein Energieträger, der rein aus nachwachsenden Quellen hergestellt wird.

Da bei der **Herstellung des Ackeröls** lediglich die **Früchte** verwendet werden und damit die **Ausbeute** entsprechend **schlecht** ist, rechnet man Rapsdiesel zu den pflanzlichen Kraftstoffen der ersten Generation. Negativ ist auch, dass beim Rapsanbau für das **Düngen** der Felder und zum **Auspressen des Öls** viel **Energie** benötigt wird, so dass ein Teil des Sparpotentials verpufft.

Rapsölmethylester ist **biologisch abbaubar** und zeigt daher eine **geringere Ökotoxizität als fossiler Dieselmotorkraftstoff**. Der Einsatz von Rapsölmethylester **in umweltsensiblen Bereichen**, wie z. B. in

Binnengewässern, Wasserschutzgebieten, Bergregionen sowie in der Landwirtschaft ist daher dem Einsatz von Mineraldiesel vorzuziehen.

Biodiesel erfüllt höchste Qualitätsansprüche und hat einen **vergleichbaren Energiegehalt wie fossiler Diesel**. Darüber hinaus verfügt Biodiesel über natürliche **Eigenschaften**, die beim fossilen Kraftstoff erst durch die Zugabe zahlreicher **Additive** oder aufwändige Produktionsprozesse erreicht werden:

- Biodiesel ist von Natur aus nahezu **schwefelfrei**.
- Biodiesel hat eine hervorragende **Schmierfähigkeit**.
- Biodiesel verfügt über eine besonders gute Zündwilligkeit aufgrund der höheren **Cetanzahl****. Das führt zu einem geringeren Motorenverschleiß und einer größeren Laufruhe.
- Der hohe **Sauerstoffanteil von elf Prozent** ermöglicht einen besseren Verbrennungsablauf und erzeugt dadurch deutlich **weniger Ruß**. Rückstände im Motor werden so vermindert.

****Die Cetan-Zahl ist ein Maß für die Zündwilligkeit des Treibstoffs**, falls eine Selbstentzündung bei Kompression herbeigeführt werden soll. (Cetan ist eine unverzweigte Kohlenwasserstoffkette mit 16 C-Atomen.)

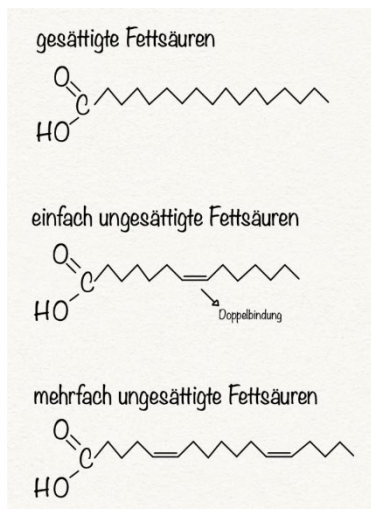
Biodiesel kann auch im Winter eingesetzt werden. Von Natur aus ist er bis ca. minus 12°C verwendbar. Durch Additive erhöht sich die **Wintertauglichkeit** – wie bei herkömmlichem Dieselmotorkraftstoff auch – auf minus 20°C.

Herstellung

Erste **Anlagen zur Produktion** von Biodiesel wurden in den **1990er-Jahren** in Deutschland errichtet. Seine Herstellung erfolgt durch **Umesterung** von Pflanzenöl mit Methanol. Dazu mischt man das **Pflanzenöl mit Methanol im Verhältnis 9 : 1**. Um den Prozess zu beschleunigen, gibt man 0,5–1% eines **Katalysators (Natrium- oder Kaliumhydroxid)** zu und **rührt das Gemisch** bei Temperaturen von 50–80 °C mehrere Stunden. Bei der dann ablaufenden chemischen Reaktion findet eine **Aufspaltung des Pflanzenölmoleküls**, das aus Glycerin und drei Fettsäureketten besteht, statt.

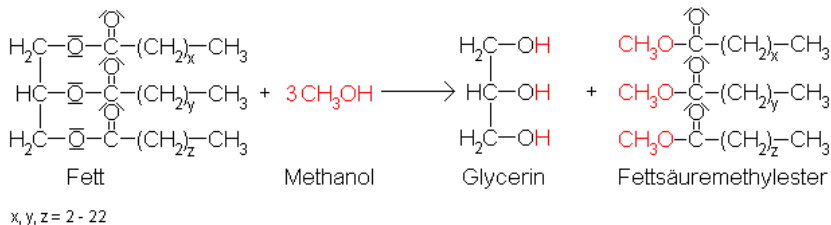
Fettsäuren gehören in die Gruppe der **Carbonsäuren**. Sie bestehen aus einem **unpolaren Alkylrest** (eine längere **unverzweigte**

Kohlenwasserstoffkette) und einer endständigen **polaren Carboxylgruppe (-COOH)**.



Man unterscheidet zwischen **gesättigten** und **ungesättigten** Fettsäuren. Die für Biodiesel wichtigen Fettsäuren sind die **ungesättigten** Fettsäuren, welche im Gegensatz zu gesättigten Fettsäuren **eine oder mehrere Doppelbindungen** beinhalten. Ist die Fettsäure gesättigt, so ist sie eher fest, ist sie ungesättigt, dann wird sie eher **im flüssigen Zustand** bei Raumtemperatur **vorliegen**. Jedes Öl hat sein spezifisches Fettsäuremuster, d.h., dass in jedem Öl ein bestimmtes **Verhältnis** bezüglich der Menge der einzelnen Fettsäuren vorliegt. Fette (Öle) mit einem hohen **Gehalt an** ungesättigten Fettsäuren sind bei Raumtemperatur flüssig.

Bei der **Umesterung** findet die Reaktion von Rapsöl mit Methanol zu Rapsölmethylester und Glycerin statt. Der **dreiwertige Alkohol Glycerin** wird **gegen den einwertigen Alkohol Methanol getauscht**, sodass sich die **Fettsäuren mit Methanol** zu Biodiesel **verbinden**. Durch die **Umesterung** wird die **Viskosität in großem Maße abgesenkt**.



Die Umesterungsreaktion

Am Ende der Reaktion liegen Roh-**Biodiesel** und Roh-**Glycerin in zwei leichttrennbaren Phasen** vor. Um die gewünschte Produktqualität des Biodiesels zu erreichen, muss Roh-Biodiesel **mehrere Aufbereitungsschritte** durchlaufen. Gleiches gilt für das Glycerin, ein Alkohol, der in vielen Bereichen wie der **Pharma- und Lebensmittelindustrie** und der **Oleochemie** Anwendung findet und normalerweise synthetisch hergestellt wird.

Nebenprodukte

Durch die Verwendung von Raps für die Biokraftstoffproduktion werden gleichzeitig hochwertige **Futtermittel** für Schweine, Geflügel, Mastriinder und Milchkühe erzeugt. Beim **Pressen** der Rapskörner **fällt** neben Rapsöl das sogenannte **Rapsextraktionsschrot an**. In der Regel werden ca. 60% der Energiepflanze als **Futtermittel** verwendet, während nur ca. 40% – nämlich **das enthaltene Öl** – in die **Biokraftstoffproduktion** gehen. Ohne die **Eiweiß** Futtermittel aus der einheimischen Biokraftstoffproduktion **müsste** der derzeitige Import an Futtermitteln aus **Soja** zusätzlich **um etwa die Hälfte gesteigert** werden, um den Bedarf der deutschen Tierzüchter zu decken. Die **heimische** Koppelproduktion mit Biokraftstoffen hat also **Importe von Soja-Futtermitteln** aus dem Ausland in großem Umfang **ersetzen können**.

Források:

<https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/biodiesel>

<http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/biodiesel.html>

<https://www.astgasse.net/cms1/images/stories/1213/rio92/Biodiesel.pdf>

https://ceb.ebi.kit.edu/download/V1_RME_Synthese.pdf

<https://www.faz.net/aktuell/wissen/klima/treibstoffe-aus-biomasse-vom-acker-in-den-tank-1409234.html>

<https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/wie-wird-biodiesel-hergestellt>

<https://viamedici.thieme.de/lernmodul/548592/subject/biochemie/lipide/s-truktur+und+chemie/fetts%C3%A4uren+und+triacylglycerine>

<http://amunre.www5.50megs.com/facharbe.html>

<http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/rapsextraktionsschrot.html>

Beküldési (beérkezési) határidő: 2022. január 17.

A megoldásokat a **<http://kokel.mke.org.hu>** honlapon át vagy postán küldhetitek be. A levélben küldött megoldásokat is feltétlenül kérjük a honlapon regisztrálni, mielőtt az alábbi címre feladjátok:

KÖKÉL német fordítási verseny
ELTE TTK Kémiai Intézet
Budapest 112
Pf. 32
1518

Kézzel írt vagy szövegszerkesztővel készített fordítás egyaránt beküldhető. A kézzel írók (is) mindenképpen hagyjanak a **lap mindkét szélén legalább 1–1 cm margót** (a pontoknak). **Minden lap tetején** szerepeljen a **beküldő neve, osztálya**, valamint **iskolájának neve**. Postai beküldés esetén a lapokat kérem **összetűzni!** Mindenki ügyeljen az olvasható írásra és a pontos címzésre!

Kémia angolul

Szerkesztő: Tóth Edina

Évkezdési gondolatok:

Előszóban:

A kémiaórákon olykor számolunk is. A számolások során pedig gyakran használunk nevezetes állandókat. De valójában melyek a nevezetes állandók? Mióta ismertek és hogyan határozták meg őket? Ehhez a betekintés Barry N. Taylor 1971-es cikkét használjuk, amely az Encyclopaedia Britannica 15. kiadásában jelent meg. A lefordítandó feladatban a kémiai szempontból fontos alapvető fizikai állandókra szorítkozunk. De fontos tudatosítanunk magunkban, hogy a kémia és fizikai közötti határvonal a valóságban messze nem olyan egyértelmű, mint az órarend láttatja.

A megoldásokat 2022. január 17-ig lehet a kokel.mke.org.hu honlapon keresztül feltölteni.

Fundamental Physical Constants

Introduction to the constants for non-experts

Throughout all of the formulations of the basic theories of physics and their application to the real world, there appear again and again certain fundamental invariant quantities. These quantities, called the fundamental physical constants, and which have specific and universally used symbols, are of such importance that they must be known to as high an accuracy as is possible. They include the velocity of light in vacuum (c); the charge of the electron, the absolute value of which is the fundamental unit of electric charge (e); the mass of the electron (m_e); Planck's constant (h). These will all be considered in detail below.

There are, of course, many other important quantities that can be measured with high accuracy -- the density of a particular piece of silver, for example, or the lattice spacing (the distance between the planes of

atoms) of a particular crystal of silicon, or the distance from the Earth to the Sun. These quantities, however, are generally not considered to be fundamental constants. First, they are not universal invariants because they are too specific, too closely associated with the particular properties of the material or system upon which the measurements are carried out. Second, such quantities lack universality because they do not consistently appear in the basic theoretical equations of physics upon which the entire science rests, nor are they properties of the fundamental particles of physics of which all matter is constituted.

It is important to know the numerical values of the fundamental constants with high accuracy for at least two reasons. First, the quantitative predictions of the basic theories of physics depend on the numerical values of the constants that appear in the theories. An accurate knowledge of their values is therefore essential if man hopes to achieve an accurate quantitative description of the physical universe. Second, and more important, the careful study of the numerical values of these constants, as determined from various experiments in the different fields of physics, can in turn test the overall consistency and correctness of the basic theories of physics themselves.

Definition, importance, and accuracy

The constants named above, five among many, were listed because they exemplify the different origins of fundamental constants. The velocity of light (c) and Planck's constant (h) are examples of quantities that occur naturally in the mathematical formulation of certain fundamental physical theories, the former in James Clerk Maxwell's theory of electric and magnetic fields and Albert Einstein's theories of relativity, and the latter in the theory of atomic particles, or quantum theory. For example, in Einstein's theories of relativity, mass and energy are equivalent, the energy (E) being directly proportional to the mass (m), with the constant of proportionality being the velocity of light squared (c^2) -- i.e., the famous equation $E = m \cdot c^2$. In this equation, E and m are variables and c is invariant, a constant of the equation. In quantum theory, the energy (E) and frequency, symbolized by the Greek letter ν (nu), of a photon (a single quantum unit of electromagnetic energy such as light or heat radiation) are related by $E = h\nu$. Here, Planck's constant (h) is the constant of proportionality.

The elementary charge (e) and the electron mass are examples of constants that characterize the basic, or elementary, particles that constitute matter, such as the electron, alpha particle, proton, neutron, muon, and pion. Additionally, they are examples of constants that are used as standard units

of measurement. The charge and mass of atomic and elementary particles may be expressed in terms of the elementary charge (e) and the electron mass (m_e); the charge of an alpha particle, the nucleus of the helium atom, is given as $2e$, whereas the mass of the muon is given as $206.77 m_e$.

[...]

The accuracy with which many of the fundamental constants can be currently measured is a few parts in a million. By accuracy is meant the relative size of the uncertainty that must be assigned to the numerical value of any quantity to indicate how far from the true value it may be because of limitations in experiment or theory. This uncertainty is a quantitative estimate of the extent of the doubts associated with the value. The most commonly used uncertainty, the standard deviation, symbolized by the Greek letter sigma, is such that there is about a 68 percent chance that the true value lies within plus or minus sigma. Furthermore, there is a 95 percent chance that the true value lies between plus and minus two standard deviations and a 99.7 percent chance that it lies between plus and minus 3 standard deviations. [...]

In practice, an uncertainty of one part per million (abbreviated ppm) is rather respectable. It corresponds to determining the length of a United States football field (100 yards, or about 91 meters) to within the thickness of two of these pages (one page is about 0.0022 inch or 0.056 millimeter thick). There are several quantities that have been measured with uncertainties approaching one part in 1 000 000 000 000 (one in 10^{12}); this uncertainty corresponds to determining the distance from New York to San Francisco to within one-tenth the thickness of a piece of paper.

The fundamental-constants field has advanced so rapidly since mid 20th century that nearly all of the measurements carried out before World War II may be considered historical (if not the method, at least the result). Indeed, few measurements of constants existed before about the turn of the 20th century, because not until then did the modern era of physics begin. Relativity, atomic physics, and quantum theory all emerged after 1900. Two of the more important historical measurements made before about 1920 are:

The elementary charge (e)

One of the earlier experiments to measure a fundamental constant to high accuracy, as well as an example of how the accurate determination of a fundamental constant using different methods can lead to an improved understanding of a particular physical phenomenon, was the measurement of the fundamental unit of charge (e) by Robert A. Millikan, a physicist in the United States. From about 1907 to 1917 he carried out his now-famous oil drop experiment to determine e . In this method, the displacement of small, charged oil drops (the charge on the drop is usually just a few e) moving in air between two horizontal and parallel metal plates (with and without an applied known voltage) is followed as a function of time. The value of the fundamental constant e is then calculated from many observations on different drops and knowledge of other relevant quantities, especially the viscosity (resistance to flow) of the air. Millikan's final value, reported in 1917, was: $(4.774 \pm 0.002) \times 10^{-10}$ esu (esu being the electrostatic unit, one of the units of charge in the centimeter-gram-second [cgs] system of units; this cgs-esu system was in wide use before the general adoption of the SI system).

That this value was significantly in error became clear in the 1930s with the development of a new but indirect method for obtaining the value of e . The technique consisted of separately measuring N , the Avogadro constant (the number of atoms or molecules contained in a mole, which was defined as a mass in grams equal to the atomic or molecular weight of a substance), and F , the Faraday constant (the amount of charge that must pass through a solution to electrolytically deposit a mole of a singly charged, or monovalent element contained in the solution). These two quantities are related by the simple equation that states that the

Faraday constant is equal to the Avogadro constant times unit of charge, or $F = Ne$. It therefore follows that $e = F/N$, so that the constant e can readily be obtained if the two constants, Faraday and Avogadro, are known.

The Avogadro constant (N) was determined by measuring the density, molecular weight, and crystal lattice spacing of a particular crystal species such as rock salt, using x-ray techniques. The Faraday (F) was determined by measuring the mass of material (e.g., silver) electrolytically deposited onto an electrode when a known current flowing for a known time was allowed to pass through a solution containing the material. The indirect value of the elementary charge (e) deduced in this way was $(4.8021 \pm 0.0009) \times 10^{-10}$ esu, significantly different from the Millikan value. The major source of this disturbing discrepancy was traced in the latter part of the 1930s to the use by Millikan of an incorrect value for the viscosity of air. Millikan had taken a value that was almost entirely based on a measurement by one of his students; but it was later shown that the student had made a rather subtle experimental error. When Millikan's data were reevaluated with a correctly determined value for the viscosity of air, the value of e obtained agreed with the indirect value calculated from the Faraday and the Avogadro constant.

[...]

Ratio of Planck's constant (h) to the elementary charge (e), h/e

The very first precision determination of the ratio h/e used the photoelectric effect: when light of a particular wavelength is allowed to impinge upon a metal surface, electrons are emitted from the surface. If a retarding voltage, or potential, is applied to the metal so that the electrons are just prevented from leaving the surface, then a unique relationship can be shown to exist between the wavelength of the light, the voltage, and the ratio h/e . Millikan, using sodium and lithium, first reported a result from this method in 1916.

A second method to determine the h/e ratio is the so-called short wavelength limit of the continuous x-ray spectrum. In this technique, a beam of electrons is accelerated through a known voltage and is allowed to strike a metal target. The maximum-energy x-ray (that is, the one

having the highest frequency or shortest wavelength) is emitted when all of the electrical potential energy of an electron in the beam is converted to a single x-ray photon. By measuring the voltage and the wavelength of the emitted x-ray, the ratio h/e can be determined. The first precision measurement of this type was reported in 1921

1920-1940

Ratio of the electron charge ($-e$) to the electron mass (m_e), $-e/m_e$

Numerous direct measurements of this quantity were carried out over the period 1897 to 1938. The experiments usually involved the deflection of beams of free electrons by electric and magnetic fields. Many of the experiments required the measurement of the velocity of the electrons combined with a simultaneous determination of the voltage used to initially impart kinetic energy (i.e., velocity) to the electrons. Often the electron velocity was determined by a null deflection method in which the magnitudes of crossed electric and magnetic fields, through which the electron beam traveled, were so adjusted that the electric and magnetic deflecting forces just balanced each other. An English physicist, Joseph John Thomson, was the first to use this technique in 1897.

Source: The NIST Reference on Constants, Units and Uncertainty article titled „Fundamental Physical Constants. Introduction to the constants for non-experts” reproduced with permission from Encyclopaedia Britannica, 15th edition. © 1974 Encyclopaedia Britannica, Inc. Available at the NIST website (latest access: 15/11/2021) via <https://physics.nist.gov/cuu/Constants/introduction.html>