

KIRÓL NEVEZTÉK EL?

Inzelt György

■ ELTE Fizikai Kémiai Tanszék

A Bouguer–Lambert –Beer-törvény

A Bouguer–Lambert–Beer-törvény arra vonatkozik, hogy a bejövő fény intenzitása (I_0) egy adott közegen való áthaladás közben milyen mértékben csökken a közeg anyagi tulajdonságai és a közeg vastagsága (l) függvényében. Ha a közeg oldat, akkor a fényelnyelődés (abszorpció) mértéke az oldat koncentrációjától (c) is függ.

A csökkenést exponenciális függvény írja le:

$$I = I_0 \times e^{-\alpha \times l}$$

ahol I közegből kilépő fény intenzitása, α a lineáris abszorpciósi együttható (m^{-1}), amely jellemző az anyagra, és függ a fény hullámhosszától (λ).

Tulajdonképpen ezt az összefüggést hívhatjuk Bouguer–Lambert-törvénynek, mert ezt Bouguer ismerte fel, és Lambert vezette le. Ezt azért érdemes megjegyezni, mert a könyvekben Beer–Lambert vagy Lambert–Beer néven szerepel ez a törvény. Bouguer-t méltánytalanul kihagyják. Ez sajnos szokásos gyakorlat, a három nevet már soknak találják. A vegyészek, akik szeretnek lineáris összefüggésekkel dolgozni, bevezették az alábbiakban definiált abszorbanciát (A):

$$-\lg I/I_0 = A = \alpha \times l$$

Beer hozzájárulása az volt, hogy oldatokra is alkalmazta ezt az összefüggést, ami vegyészeknek oldatok fotometriás analízise szempontjából alapvető fontosságú volt. Bevezetve a molekuláris dekadikus abszorpciósi együtthatót ($\varepsilon/m^2 \text{ mol}^{-1}$), $\varepsilon = \alpha/c$:

$$A = \varepsilon \times c \times l$$

Általában úgy járunk el, hogy egy küvetát (üvegből vagy kvarcból készült hasáb alakú edény, amelynek két ellentétes lapja – ahol a fény merőlegesen belép, illetve távozik – párhuzamos, távolságuk l , például 1 cm) töltünk meg az oldattal. Olyan hullámhosszú fényt használunk, amelynél a mérendő anyag fényelnyelésének maximuma van. Ha ezt nem ismerjük, akkor színes anyagnál (az emberi szem által látható fény tartományában ($\lambda = 400\text{–}800 \text{ nm}$)) meghatározzuk a spektrumot (az A vs. λ görbét), vagyis folyamatosan változtatjuk a beeső fény hullámhosszát (spektrofotometria), és kiválasztjuk a mennyiségi méréshez al-

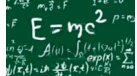
kalmas hullámhossz értékét. Ultraibolya tartományban ($\lambda < 400 \text{ nm}$) kvarcküvetát használunk. A mérési technika további részleteit megtalálhatjuk az irodalomban [1–4].

Pierre Bouguer



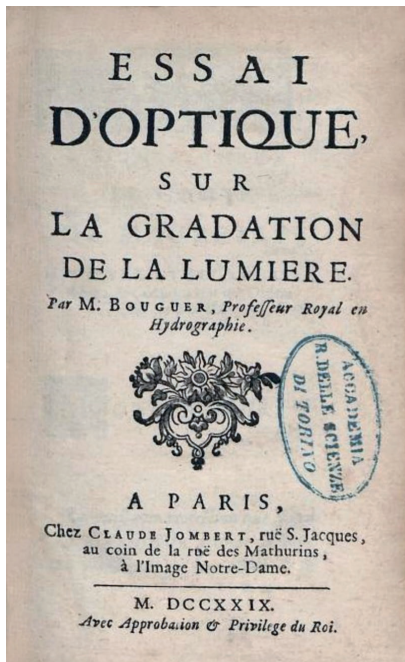
1. ábra. Pierre Bouguer (Jean-Baptiste Perronneau festménye, 1753)

Pierre Bouguer (Croisic, ma Loire-Atlantique megye, 1698. február 16. – Párizs, 1758. augusztus 15.) (1. ábra) francia matematikus és fizikus volt. Édesapja, Jean Bouguer (1652–1714), aki Bretagne-ból származott, a flottánál szolgált navigációs tisztként, de a franciák 1689-es írországi partraszállása során elvesztette egyik lábát, és emiatt otthagyta a tengerészetet. 1691-ben a hidrográfia (vízrajz) professzorává nevezték ki az újonnan alapított Royal École d’hydrographie főiskolára, Croisicbe. A navigációról írt könyvét (*Traité complet de la navigation*, Paris, Guignard, 1698) nagyra értékelték. 1672-ben feleségül vette Marie Françoise Josseau-t, három gyermekük született. Pierre-t az apja tanította vízrajzra és matematikára. Rendkívüli tehetséget mutatott: 15 éves korára már képzett matematikusnak és természettudósnak számított. Mikor édesapja meghalt, helyére Pierre-t nevezték ki. 16 éves volt ekkor. 1927-ben elnyerte a Francia Tudományos Akadé-



mia (Académie Royale des Sciences) díját a hajóárbcok legjobb elhelyezéséről írt munkájával. Érdekesség, hogy a második helyezett Leonhard Euler (1707–1783) lett. Pierre még két díjat nyert az irányító helyes használata a tengeren, illetve a csillagok magasságának legjobb megfigyelési eljárása című dolgozataival. Euler még tizenötször pályázott, és tizenkétszer nyert is [5–9].

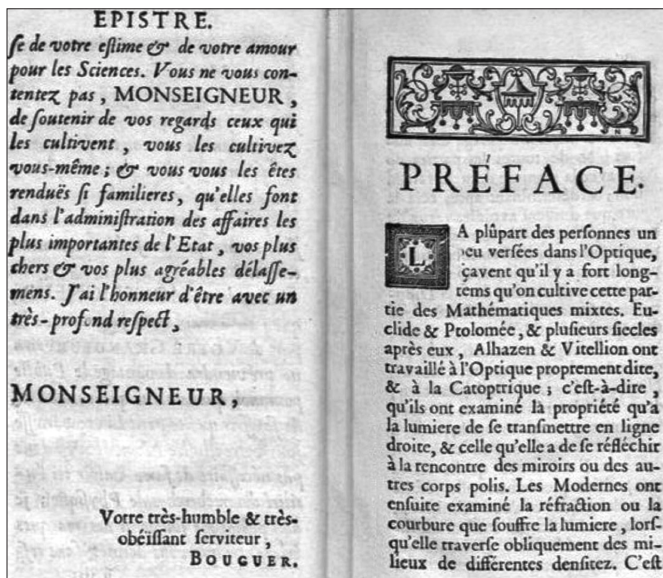
1729-ben adta közre *Essai d'optique sur la gradation de la lumière* című művét (2. ábra), amely tárgyunk szempontjából érdekes. Ebben mérések alapján meghatározza a levegő fényelnyelő képességét, vagyis azt, hogy a fényintenzitás hogyan csökken



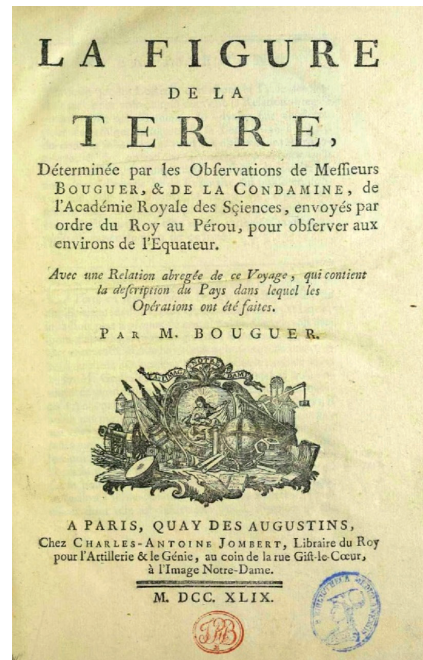
2. ábra.
Bouguer optikai könyvének címlapja

az elnyelő réteg vastagságával. Ez volt az első lépés a Bouguer–Lambert–Beer-törvényhez. Meghatározta azt is, hogy a Nap 300 000-szer fényesebb, mint a Hold. Ez utóbbi méréseivel a fotometriát is megalapozta. Megállapította azt is, hogy a levegő sűrűsége a magassággal váltakozik, valamint hogy a látóhatár közelében más a fénytörés. Optikai könyvét, mint alázatos szolgálja, gróf Jean-Frédéric Phélypeaux de Maurepas (1701–1781) miniszternek, a Királyi Természettudományi Akadémia elnökének ajánlotta (3. ábra).

3. ábra. Bouguer optikai könyvének ajánlása és bevezetője



1730-ban a vízrajz professzorává nevezték ki Le Havre-ba. 1736-ban Bouguer tagja volt Louis Godin (1704–1760) és Charles Marie de La Condamine (1701–1774) tudósokkal együtt annak az Akadémia által Peruba kiküldött expedíciónak, amelynek célja az volt, hogy az Egyenlítő környezetében meghatározzák egy földrajzi fok valódi hosszát a Föld felszínén (4. és 5. ábra).



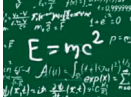
4. ábra. Bouguer és de La Condamine könyve perui méréseik alapján a Föld alakjáról, amely a perui alkirály megrendelésére készült

Nemcsak földrajzi eredményeket hozott az expedíció, hanem La Condamine későbbi könyvében ismertette meg Európát a nyilméregként használt kuráréval, a maláriát gyógyító kininnel, a kaucsukkal és a gumival.



5. ábra. Godin, de La Condamine és Bouguer ecuadori bélyegeken, amelyet az expedíció 200 éves évfordulója alkalmából adtak ki. Az egyik mérési helyük Quitóban volt, ami ma Ecuador fővárosa

A bélyegsorozat két másik címletén de La Condamine mellett két spanyol szerepel, akik – a perui alkirály parancsára, az engedély megadás feltételeként – csatlakoztak az expedícióhoz (6. ábra). Mindkettő tudományosan felkészült tengerésztiszt volt. Az egyik, Antonio de Ulloa (1716–1795) volt, aki számos, jelentős természettudományos felfedezést tett. Ezek közül a kémikusok számára a legfontosabb a platina felfedezése és új elemként való azonosítása volt. Regényes életútját e helyütt nem ismertetjük, de egy, a korra jellemző epizódot megemlítünk. 1745-ben hazatérte során a brit flotta elfogta a hajóját, és hadifogságba került. Az angol kollégák közbenjárására azonban kiszabadult, sőt 1746-ban a Royal Society tagjának is megválasztották.



6. ábra. De La Condamine mellett balra Antonio de Ulloa, jobbra Jorge Juan (1713–1773) matematikus, természettudós, mérnök, a spanyol felvilágosodás kiemelkedő alakja

1745-ben a Tudományos Akadémia Bouguer-t választotta a Berlinbe távozó Pierre Louis Maupertuis (1698–1759) utódjává. Így Párizsban dolgozott tovább. 1748-ban ő találta fel a heliométert. A fentiekén kívül még számos könyvet írt: *Traité du navire, de sa construction et de ses mouvements* (1746), *Entretiens sur la cause de l'inclination des orbites des planètes* (1748), *Nouveau traité de navigation et de pilotage* (1753). A Francia Tudományos Akadémia alelnöke (1747 és 1754), majd elnöke (1748 és 1755) is volt. 1750-ben a Royal Society tagjává választották. Kráterek viselik a nevét a Holdon és a Marson, utca van róla elnevezve Nantes-ban.

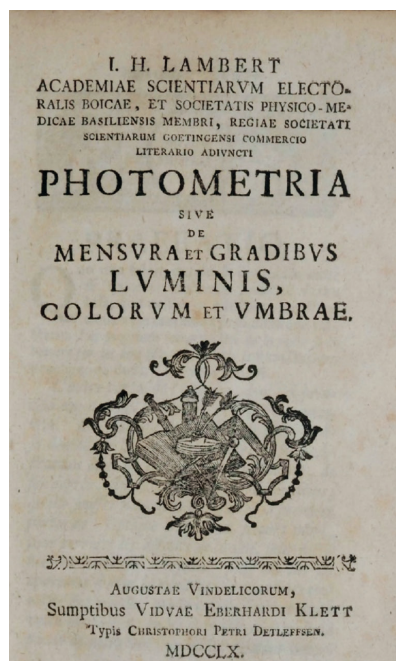
Johann Heinrich Lambert



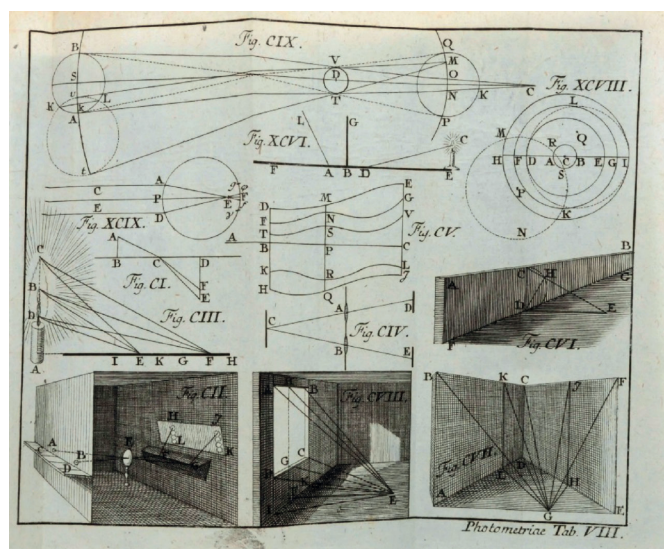
7. ábra. Johann Heinrich Lambert (Godefroy Engelmann metszete, 1829)

Johann Heinrich Lambert (Mühlhausen, ma Mulhouse), 1728. augusztus 26. – Berlin, 1777. szeptember 25.) (7. ábra) édesapja, Lukas Lambert szabó 1724-ben vette feleségül Elizabeth Schmebert. A hét gyermekük egyike volt Johann Heinrich. A kálvinista család eredetileg a francia Lorraine-ben élt, de a harmincéves háború alatt, 1635-ben Mulhouse-ba menekült. Heinrich 12 éves koráig járhatott iskolába, de akkor be kellett állnia apja szabóságába. Az egész napos munka után tanult. Tizenöt éves korában írónak állt, hogy pénzt keressen. Két év múlva egy bázeli újság szerkesztője, Johann Rudolf Iselin mellett lett titkár, ami lehetőséget adott neki arra, hogy könyveket vásárolva matematikai, csillagászati és filozófiai tudását fejlessze. 1748-ban a svájci Churban Peter von Salis grófnál tanítói állást vállalt. A gróf könyvtára biztosított számára értékes forrást. Itt kezdett el műszereket építeni, és kísérletezni, amire már a tudományos közösség is felfigyelt. Tagja lett a bázeli tudományos társaságnak. Meteorológiai megfigyeléseket végzett, és elkezdett publikálni is. A hőről írt értekezése 1755-ben jelent meg az *Acta Helvetica* folyóiratban. Két tanítványával európai körútra ment. Göttingenben Johann Tobias Mayer (1752–1830) fizikus és Abraham Gotthelf Kästner (1719–1800) matematikus javaslatára az ottani tudományos társaság tagjává választotta. Nem a legjobbkor. 1756-ban Poroszország elfoglalta Szászországot, a francia–osztrák csapatok pedig Göttingent. Ezért az utazók Utrechtbe mentek, és Hollandiát járták be. Így Lambert első könyve, ami a fény különböző közegekben való

áthatolásáról szól, Hágában jelent meg 1758-ban. Ezután Párizsba utaztak, ahol Lambert Jean le Rond d'Alembert-rel (1717–1783) találkozott, aki matematikus, fizikus, mérnök és filozófus volt, és ő felelt az *Enciklopédia* matematikai részéért. Marseille, Nizza, Torino és Milánó meglátogatása után érkeztek vissza Churba. Lambert szeretett volna tudományos pályára lépni. Göttingenben nem járt sikerrel. Ezért Zürichben, majd Augsburgban próbálkozott [10–11]. Augsburgban a legnevesebb protestáns kiadó, az Eberhard Klett Verlag tulajdonosa, Maria Jakobina Klett (1709–1795), kiadta a *Photometria* (1760) (8. és 9. ábra) [12] és *Cosmologische Briefe* (1761) című könyveit. Lambert kevés és egyszerű eszközzel dolgozott, de itt fedezte fel a róla (is) elnevezett fényabszorpciói törvényt. (A *Photometria* könyv első kiadása kis példányszámban készült, könyvritkaság, jelenleg 80 000 dollárért árulják.)

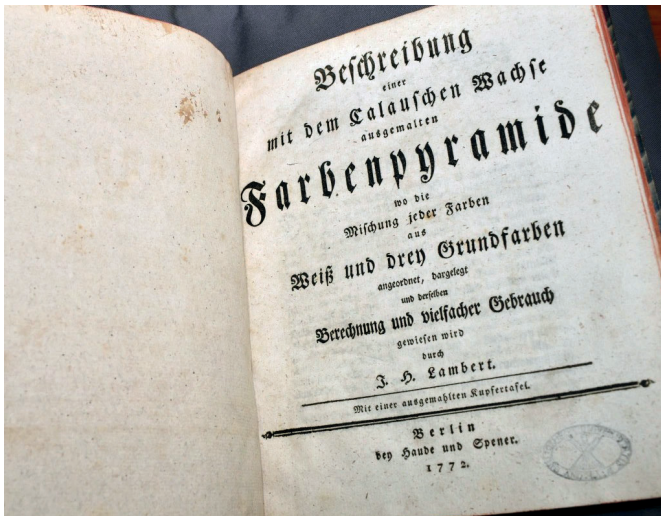


8. ábra. Lambert *Photometria* című könyvének címlapja



9. ábra. Az egyik illusztráció a *Photometriából*

1764-ben megjelent *Neues Organon* című filozófiai műve, és ugyanebben az évben Euler meghívta Berlinbe. II. Frigyes először visszautasította Lambert kinevezését a Porosz Tudományos Akadémiára, mert öltözéke és viselkedése nem felelt meg az elvárás



10. ábra. Lambert Farbenpyramide című könyvének címlapja (1772) (Joyce Dixon 2019, CC-BY-SA 4.0)

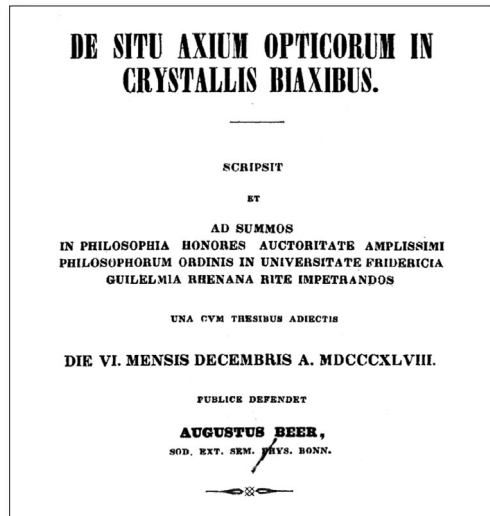
soknak. De felismerően Lambert kiemelkedő képességeit, megváltoztatta a döntését. Lambert meg is hálálta a bizalmat. Nagyon sok előadást tartott nemcsak a fizikai osztályon, hanem más osztályok tagjainak is. 150 cikket publikált. 1766-ban jelent meg *Theorie der Parallellinien*, amelyben a párhuzamosok problémáját elemezte, és komoly eredményeket ért el e nemeuklideszi geometria megalapozása terén. Legnagyobb matematikai eredménye annak bizonyítása volt 1768-ban, hogy a π irracionális és transzcendens szám. Rengeteg témával foglalkozott a színekkel (10. ábra) éppúgy, mint a zene matematikai leírásával, a filozófiai műveit pedig Kant is nagyra értékelte. A megfeszített munka, a korábbi nélkülözés és létbizonytalanság megkérte az árát. Aránylag fiatalon hunyt el, de ekkor a tudományos közösség már egyik óriását tisztelte benne.

August Beer

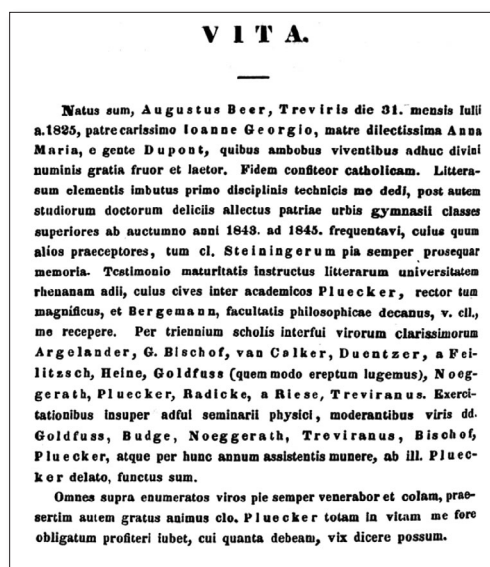
August Beer (Trier, 1825. július 31– Bonn, 1863. november 18.) édesapja, Johann Georg Beer (1779–1868) kereskedő, édesanyja Maria Anna Antoinette Walburga Franziska Josefine Dupont (1785–1861) volt. August szülővárosa reáliskolájában, később gimnáziumában ismerkedett meg a matematikával és természettudományokkal. Húszéves volt, amikor Bonnba ment tanulni matematikát és fizikát tanulni Julius Plücker (1801–1868) professzorhoz, akinek később tanársegéde lett. 1848-ban díjat nyert *De Situ Axiom Opticorum in Crystallis Biaxibus* című munkájával, és elnyerte a doktori fokozatot. Két évvel később előadónak nevezték ki a Bonni Egyetemen [13–16]. Beerről nem áll rendelkezésre hiteles kép.

Érdekes, hogy a disszertáció, így az életrajza is latinul íródott (11. és 12. ábra), pedig már 1848-at írtak, és a nemzeti nyelvek használata már egyre inkább elterjedt. Eredetileg zsidó vallású családból származott [16], de az életrajzából látszik, hogy katolikus vallású lett. Ez általában az egyetemi karrier, a professzori kinevezés előfeltétele volt.

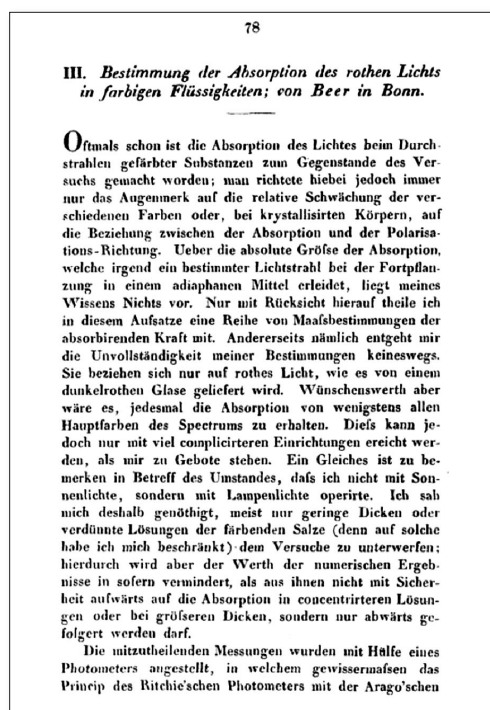
1852-ben publikálta azt a cikkét, amely tárgyunk szempontjából különösen érdekes (13. és 14. ábra). Ebben a munkájában [17] a vörös fény abszorpcióját vizsgálta különböző sók színes, vizes oldataiban. Felhasználva Bouguer és Lambert a fényabszorpcióra vonatkozó törvényét, rámutatott arra, hogy a fényintenzitás exponenciális csökkenése nemcsak az úthossztól, hanem az oldott



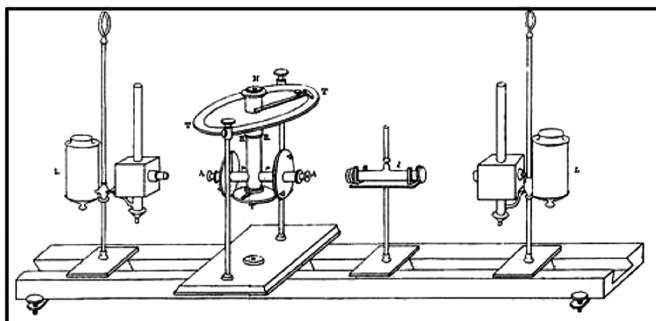
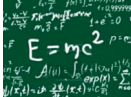
11. ábra. Beer disszertációjának első oldala



12. ábra. Beer életrajza a disszertációjában



13. ábra. Beer cikkének első oldala [17]



14. ábra. A Beer által tervezett fotométer rajza 1855-ből. A jobb oldali lámpa fénysugara keresztülmegy az oldatot tartalmazó, henger alakú küvetán. A bal oldali lámpa az összehasonlító forrás. A fotométert addig kell elforgatni, míg a két fényintenzitás egyenlő nem lesz

anyagok koncentrációjától is függ, feltételezve, hogy az oldószert nem nyeli el a fényt. Beer ezután nagyon sok kísérletet végzett különböző oldatokkal, és bizonyította, hogy a törvény valóban fennáll. Kimutatta azt is, hogy a törvény szigorúan csak aránylag híg oldatokra érvényes, tömény oldatokban (a részecskék kölcsönhatása miatt) eltérés észlelhető. Ezzel megteremtette a fotometriás mennyiségi meghatározás módszerét, ami azután alapmódszer lett a kémiai analitikában. Emellett ösztönzést adott a további elméleti és technikai fejlesztéseknek a színképelemzés területén, ami a fizikai kémiai vizsgálatoktól (kémiai átalakulások, anyagszerkezet meghatározása stb.) az orvostudományi alkalmazásig terjed. Például a vérünk összetevőit is spektrofotometriás módszerrel határozzák meg.

A következő évben jelent meg optikai könyve [18], majd összefoglaló munkája a fotometriáról [19]. Halála után adták ki az

elektromos és mágneses jelenségeket ismertető könyvét, amelyhez Plücker írt bevezetőt méltatva fiatalon elhunyt kollégája emberi és kutatói kiválóságát [20].

IRODALOM

- [1] IUPAC Green Book Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry Third Edition, RSC Publishing, 2007, 34–41.
- [2] Kékedy L., Műszeres analitikai kémia, Erdélyi Múzeum Egyesület, Kolozsvár, 1995, 62–95.
- [3] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Spektrofotometria>
- [4] T. G. Mayerhöfer, S. Pahlow, J. Popp, The Bouguer-Beer-Lambert Law: Shining Light on the Obscure. ChemPhysChem. (2020) 21, 2029–2046.
- [5] W. E. K. Middleton, Biography in Dictionary of Scientific Biography, New York, 1970–1990.
- [6] R. Lamontagne, La vie et l'oeuvre de Pierre Bouguer. Montreal, 1964.
- [7] J. P. G. de Fouchy, Eloge de M Bouguer, Histoire de l'Académie Royale des Sciences Paris (1758) 127–136.
- [8] G. Maheu, La vie scientifique au milieu de XVIIIe siècle: Introduction à la publication des lettres de Bouguer à Euler, Rev. Histoire Sci. Appl. 19 (1966), 206–224, 225–246.
- [9] J. J. O'Connor, E. F. Robertson, Pierre Bouguer. MacTutor, 2004. University of St Andrews, Scotland. <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Bouguer/>
- [10] J. J. O'Connor, E. F. Robertson, Johann Heinrich Lambert. MacTutor, 2000. University of St Andrews, Scotland. <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Lambert/>
- [11] M. Steck (szerk.), Johann Heinrich Lambert: Schriften zur Perspektive. Berlin, 1943.
- [12] J. H. Lambert, Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Augsburg: Christoph Peter Detleffsen for the widow of Eberhard Klett, 1760.
- [13] E. Lommel, August Beer. Allgemeine Deutsche Biographie (1875) 2, 245.
- [14] E. Lommel, Necrology in the Kölnische Zeitung 1. May 1864.
- [15] C. Graf von Klinckowstroem, Neue Deutsche Biographie (1953) 1, 734.
- [16] I. Singer, E. Mels, August Beer. Jewish Encyclopedia, Brockhaus, 1906, 631.
- [17] A. Beer, Bestimmung der Absorption des rothen Lichts in farbigen Flüssigkeiten. Annalen der Physik und Chemie. (1852) 86, 78–88.
- [18] A. Beer, Einleitung in die höhere Optik, F Vieweg und Sohn, 1853.
- [19] A. Beer, Grundriss des photometrischen Calculs. F Vieweg und Sohn, 1854.
- [20] A. Beer, Einleitung in die Elektrostatik, die Lehre vom Magnetismus und die Elektrodynamik. Braunschweig, Friedrich Vieweg und Sohn, 1865.

Új szintre emeli a fiatalok képzését a MOL: minden eddiginél több lehetőséget kínál a vállalat

A MOL 2017 óta vesz részt az egyetemi duális képzésben, amelynek keretében eddig 70 vegyész-, gépész- és olajmérnök mesterhallgató szerzett diplomát. A program sikerességét bizonyítja, hogy a végzett hallgatók 80%-a továbbra is a MOL-csoportnál dolgozik. Idén januárban 13 újabb hallgató fejezte be tanulmányait, és döntő többségük már pozícióban kezdte az új évet.

Az egyetemi duális képzési program sikeressége mellett a MOL az elmúlt években jelentősen kibővítette tevékenységét a középfokú és felsőoktatás terén is. A vegyész-, gépész- és olajmérnök mesterhallgatók mellett informatika- és villamosmérnöki képzésben tanulók számára is kínál tanulási lehetőséget, ipari tapasztalatot. A megtartási arány továbbra is kiváló, 84%-os ezen a képzési szinten.

A MOL Magyarország telephelyein jelenleg közel 200 diák vesz részt duális képzésben, és évente 60 technikum, illetve középiskolai tanuló fejezte be tanulmányait a vállalattal. A következő években ez a szám két és félszeresére fog nőni. A szakképzett utánpótlás biztosítása érdekében a MOL jelentős beruházásokat hajtott végre a gépészeti és vegyészeti infrastruktúrában, és összesen 9 szakmában kínál képzési lehetőségeket.

A MOL Magyarországnál és leányvállalatainál több mint 120 kolléga adja át szak tudását az egyetemistáknak és középiskolásoknak a partneregyetemeken és -középiskolák képzése során. A vállalat szoros együttműködésben dolgozik többek között a Pannon Egyetemmel, a Miskolci Egyetemmel, a Debreceni Egyetemmel, a Budapesti Corvinus Egyetemmel és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemmel. 2024-ben a stratégiai egyetemi és technikum partnernek munkáját összesen 345 millió forinttal támogatta, és – megduplázva a korábbi elérést – több mint 15 000 fiatalhoz jutott el pályaaorientációs rendezvényeken keresztül. A saját rendezésű STEM-napok, intézményi nyílt napok és állásbör-

zék nemcsak a továbbtanulási lehetőségeket, hanem a mérnöki és műszaki pályák perspektíváit is bemutatják. Ezenfelül a vállalat több egyetemi partnerénél MOL Lounge-ot, azaz olyan teret alakított ki, amely a hallgatói igényeket szolgálja ki, legyen az tanulás vagy épp az órák közötti szünet hasznos, kellemes eltöltése.

Nemzetközi szinten a MOL-csoport belső képzési programjai 2024-ben 16 országban 4600 résztvevőt értek el, akik 190 különböző program keretében összesen 12 500 tanulási órát teljesítettek. A vállalat célja, hogy dolgozó számára folyamatos fejlődési lehetőséget biztosítson, miközben a képzések hozzájárulnak az innováció és az értékteremtés erősítéséhez is.

A vállalattal úgy gondolják, hogy a fiatalokba történő befektetés nem csupán a jelenlegi generációk, hanem a jövő sikerének záloga. A MOL továbbra is elkötelezett az oktatás támogatása és a tehetségek fejlesztése mellett, hiszen ezek a lépések alapozzák meg a fenntartható jövőt és a régió energiabiztonságát.



A fotó a „MOL Dunai Finomító STEM Szakmak Napja 2024” rendezvényen készült, amelyen Százhalombatta és környékének iskoláiból 500 tanuló érkezett.

(<https://sz2a.hu/2024/10/27/mol-dunai-finomito-stem-szakmak-napja-2024/>)