

POST KVIN JAROJ.

Kun ĉi tiu numero Scienca Revuo komencas sian sesan jaron. La pasinta kvinjara periodo prezentas konvenan motivon por memori kelkajn faktojn al kiuj nia revuo multon ŝuldas. Unue ni volas konfesi nian dankon al la eldonisto, kiu sufiĉe fidis la eblojn en la mondo de esperantaj sciencistoj por persisti en la eldonado malgraŭ mondeficito dum kvin jaroj.

Due la redakcio volas esprimi sian dankon al ĉiuj kiuj kontribuis al la disvolvado de Scienca Revuo, liverante pli aŭ malpli regule verkajojn kaj helpante per bonvolaj instigoj aŭ kritiko.

La atingita mejloŝtoneto ne estas kaŭzo por la redakcio fieri. La enhavo de nia revuo ne jam montras la konsiston, kiun la redakcio celis atingi. Kvankam Scienca Revuo jam ludas certan rolon en Esperantujo, ekz. funkcias kiel terminologia forumo, ĝi ankoraŭ ne fariĝis vigla centro, kiu respiegulas per Esperanto la grandegajn progresojn de la tekniko, de la scienco kaj de nia kulturo.

Ni devas agnoski ke nia rondo restis tro modesta kaj ke nia revuo pro tio devis suferi pri certaj mankoj. Tro malgranda provizo da manuskriptoj ofte malebligis al la redaktoro kunmeti variajn numerojn kun bona elekto de interesaj artikoloj. Kelkfoje eĉ manko kaŭzis tute nedeziritan prokraston de la apero. Ambaŭ tiuj sekvoj povas kaŭzi perdon de interesiĝo ĉe la legantoj, malinklinon al kunlaboro kaj fine degliton en fatalan cirklon, kiu povas minaci la vivon de la gazeto.

La nuna momento estas bona okazo por rigardi la estontecon kaj konsideri niajn eblojn kaj taskojn. Ni estas plene certaj ke la nombro de 450 membroj kaj abonuloj ne estas la nepra maksimumo. Sendube troviĝas en la mondo almenaŭ kelkaj pliaj centoj da sciencistoj, intelektuloj, instruistoj kaj aliaj personoj kies interesiĝo povas esti kontentigata per Scienca Revuo kaj por kiuj la kostoj ne estas malhelpo al membriĝo aŭ abonado. Ni nepre atingu kaj persvadu ilin. Sed kiel? Kolekti adresojn de tiuj personoj por alsendo de provnumero estas simpla afero, se ĉiu leganto bonvolas helpi. Ĉu la redakcio povas kalkuli pri tiu helpo?

Pli entuziasmigi nian rondon estas nia dua zorgo. La redaktoro serĉis helpantojn kaj la nuna triopo ĵus faris aranĝon por pli efika kaj pli rapida laborado. Ankaŭ la eldonisto faras ĉion eblan por aperi Scian Revuon ĝustatempe. La kondiĉoj por ĝia bona florado ĉe la flanko de la redakcio kaj eldonisto estiĝis, ni esperas ke ankaŭ niaj legantoj montras siajn ŝaton kaj amon al la revuo, verkante interesajn artikolojn pri la kampoj de sia laboro. Scienca Revuo montru kio okazas en la scienca kaj teknika branĉoj de la vivo. Ĝi montru ĝin per superrigardaj, ĉenkondukaj aŭ informaj kontribuoj, verkitaĵoj por nesamfakaj kolegoj. Ĝi aperigu krome konsideraĵojn pri la moralaj sciencoj, — ne forgesindaj, ĉar traktantaj la plej bazajn problemojn de la homa kunvivo.

Kaj fine Scienca Revuo daŭrigu disvolvi la lingvon de la scienco en Esperanto; ĝi ellaboru la terminan aparaton kaj la klaran kaj koncizan esprimmanieron de Esperanto.

LA REDAKCIO.

KIEL ONI DETERMINAS LA NOMBRON DE LA MOLEKULOJ?

de Prof-o D-ro HUGO SIRK.

Prelego en Internacia Somera Universitato, Munkeno 1951.

En la kvardekaj jaroj de la pasinta jarcento oni jam konis la fundamentajn leĝojn de la kemio, la leĝojn de la konstantaj kaj de la multoblaj proporcioj, kaj la leĝon de la gasvolumenoj ĉe kemiaj kombinaĵoj.

Ĉi tiuj leĝoj imagiĝas facile per la atomhipotezo, per la supozo, ke la materio ne estas senfine dividebla, sed, ke oni venas per daŭrigata dividado al ne plu divideblaj eroj, al atomoj, kiuj kombiniĝas dum kemiaj reagoj al molekuloj. Se oni akceptas ankaŭ la hipotezon de Avogadro, laŭ kiu en egalaj gasvolumenoj troviĝas la samaj nombroj da molekuloj ĉe samaj premo kaj temperaturo, tiam oni povas per mezurado de la gasdenso determini la relativan mason de la koncernaj molekuloj kaj el tio la relativajn masojn, aŭ pezojn kiel diras la kemiistoj ĝenerale.

Tia estis proksimume la stato de niaj konoj pri la esenco de la materio, kiam en la jaro 1842 la germana kuracisto Robert Mayer malkovris, ke povas transformiĝi mekanika laboro en varmon kaj inverse varmo en mekanikan laboron laŭ konstanta proporcio.

Laboro estas speco de mekanika energio. Alia ĝia speco estas kinetika energio, energio de movo. Jam antaŭ Robert Mayer oni sciis, ke tiuj diversaj specoj de mekanika energio transformiĝas laŭ konstanta proporcio, tiel ke ekzemple certa kvanto da *mekanika laboro* estas ekvivalenta al certa kvanto da *kinetika energio*. Nun Robert Mayer asertis la ekvivalentecon de ĉiuj formoj de energio, precipe la ekvivalentecon de mekanika energio kaj varmo. Tiu grava leĝo estas konata sub la nomo de leĝo pri la *konserviĝo de la energio*.

Parto el la tiamaj fizikistoj faris kelkajn jarojn poste aŭdacan paŝon. Ili asertis, ke la varmo, kiun ni sentas per specialaj nervoj, estas nenio alia ol mekanika, kaj almenaŭ parte kinetika energio. Do la varmenhavo de iu korpo estas kinetika energio, energio de movo. „Sed varma korpo povas tute kvieti resti en sia loko” oni kontraŭ-argumentis. La aŭdacaj fizikistoj respondis, ke en varma korpo la nevideblaj eretoj, la atomoj kaj molekuloj, moviĝas en kompleta senordo. Tial oni ne povas vidi la movadon, kiun oni nomas varmo. Unu el tiuj aŭdacaj fizikistoj estis Clausius, kiu publikigis en 1857 disertacion titolitan: „Pri la speco de la movo, kiun ni nomas varmo”. La gasoj, kiuj sendepende de sia kemia naturo reagis en la sama maniero je ŝanĝoj de premo kaj temperaturo verŝajne havas la plej simplan molekularan strukturon kaj tial la teorio povas plej facile prezenti modelon pri gaso laŭ atomisma vidpunkto.

La parto de la fiziko, kiu okupiĝas pri tia studo de la gasoj nomiĝas *kinetika gasteorio*. Laŭ ĝiaj supozoj la molekuloj okupas nur etan parton el la volumeno, kiun la gaso okupas. Ĉiu molekulo moviĝas rektlinie ĝis ĝi puŝiĝas

kontraŭ alia aŭ kontraŭ la vando de la vazo. De la vando ili estas rejetataj kiel elastaj pilkoj kaj donas al ĝi impulson eksteren. Ni imagas la molekulojn kiel sferojn. Kiel *Clauius* mem rimarkis, la interagado de la molekuloj kaj ilia tuta sinteno ne povas esti tiom simpla kiel la interagado de sferoj, sed certe la proksimuma pristudado povas eliri de la supozo, ke la molekuloj estas sferoj, se oni uzas ĝin kiel provizoran hipotezon. Je tia parto de la vando

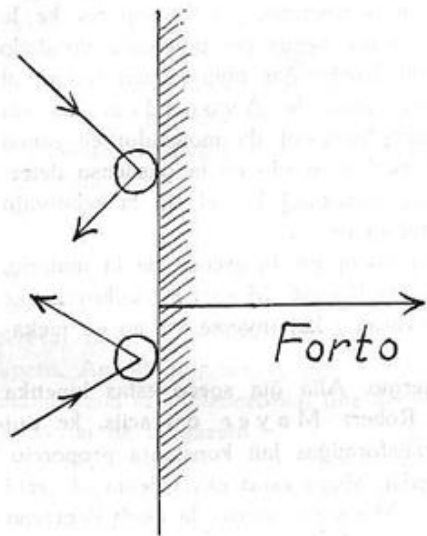


Fig. 1.

La gasteorio kalkulas nun tiun premon el la nombro n de la molekuloj en la volumenunuo, la maso m de unu molekulo kaj la rapido c de la molekuloj. Estas memkompreneble, ke la premo estas proporcia al n , ĉar ju pli da molekuloj estas en la volumenunuo, des pli ofte iu vandpeco ricevas puŝon. La efiko de ĉiu puŝo estas proporcia al la maso de la puŝanta molekulo m . La efiko de ĉiu puŝo dependas ankaŭ de la rapido de la molekuloj c . Se ekzemple c duobliĝas, la efiko de ĉiu puŝo duobliĝas, sed ankaŭ la nombro de la puŝoj en sekundo duobliĝas. Do la efiko de ĉiuj puŝoj kvarobliĝas. Oni do ekkonas, ke la premo estas proporcia al la kvadrato de la rapidoj. La ekzakta kalkulo de *Clauius* donis por la premo p

$$p = nmc^2/3$$

Tio estas la fundamenta formulo de la gasteorio. Temas en tiu formulo pri aritmetika mezvaloro de la kvadratoj de la rapidoj, kiuj ne estas egalaj ĉe la unuopaj molekuloj de unu gaso. Ni skribos do \bar{c}^2 .

Se ni enkondukas N , la nombron de la molekuloj de la gaso, kiuj okupu la

volumenon v kaj substituas en la fundamentan formulon $n = \frac{N}{v}$, ni ricevas:

$$p = Nmc^2/3v$$

kaj el tio

$$pv = Nmc^2/3$$

Konsiderante tiun formulon ni per helpo de jena ideo eksperimento pripensu, kio okazas, se la volumeno de la gaso ŝanĝiĝas.

Ni havas vazon dividitan per glitvalvo V en du partojn (Fig. 2). En la spaco A troviĝas gaso konsistanta el N molekuloj. La spaco B estas vakua. La du spacoj estas disigitaj per la glitvalvo V . Se ni forŝovas ĝin, la molekuloj kiuj estis trafantaj la valvon, flugas nun kun neŝanĝita rapido en la spacon B . Do c restas senŝanĝa, N kaj m kompreneble ankaŭ, do pv restas konstanta konforme al la leĝo de *Boyle-Mariotte*, laŭ kiu premo kaj volumeno estas inverse proporciaj ĉe konstanta temperaturo. Kaj la temperaturo restas konstanta ĉe tia ekspansio en la vakuon, kiel pravas la eksperimentoj. Ni do deduktis el la fundamenta formulo la leĝon de *Boyle-Mariotte*. Se ni altigas la temperaturon de la gaso la produkto pv pligrandiĝas pro pligrandiĝo de c . Laŭ la leĝo de *Gay-Lussac* pv estas proporcia al la absoluta temperaturo, do la fundamenta formulo akordiĝas ankaŭ kun la leĝo de *Gay-Lussac*. Sed nun ni rigardu denove la fundamentan formulon kun la tri grandoj molekularaj n , m , kaj c . Estas p mezurebla, sed la tri aliaj grandoj estas nekonataj. Feliĉe la produkto nm estas la maso de la volumenunuo, do la denso ρ de la gaso, mezurebla granda! Substituante $nm = \rho$ en la fundamentan formulon, ni ricevas

$$p = \rho \bar{c}^2/3$$

kaj el tio

$$\sqrt{\bar{c}^2} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

$\sqrt{\bar{c}^2}$ estas certa mezvaloro de la rapido de la diversaj molekuloj, kiu, kiel mi parenteze rimarkigas, estas diferenca de la aritmetika mezo \bar{c} . Ni nomos $\sqrt{\bar{c}^2}$ simpligante molekulrapido. Ĝi dependas de la temperaturo jene:

Ni ĵus vidis, ke $p v$ estas proporcia al la absoluta temperaturo T . Se ni do varmigas la gason ĉe konstanta volumeno v , do ĉe konstanta denso, la premo p kreskas proporcie al T . El la lasta formulo do sekvas, ke la molekularapido estas proporcia al \sqrt{T} .

El la sama formulo ni vidas, ke plialtigante la premon ĉe konstanta temperaturo ni ne ŝanĝas la molekularapidon, ĉar ĉe konstanta temperaturo la denso kreskas proporcie al la premo kaj la valoro de la frakcio restas senŝanĝa.

El tiu formulo Clausius kalkulis ekzemple jenajn molekularapidojn por la temperaturo de 0°C en metroj po sekundo, por:

Hidrogeno	1844 m/sek
Oksigeno	461 "
Nitrogeno	492 "
Kloro	310 "

Nun ni havas rezulton, pri kiu oni povas diskuti. Kontraŭ tiuj de Clausius kalkulitaj nombroj oni argumentis jenon: Estu en granda ĉambro (Fig. 3 donas vertikalan tranĉaĵon) sur la planko vazo plena de kloro. Ĝi

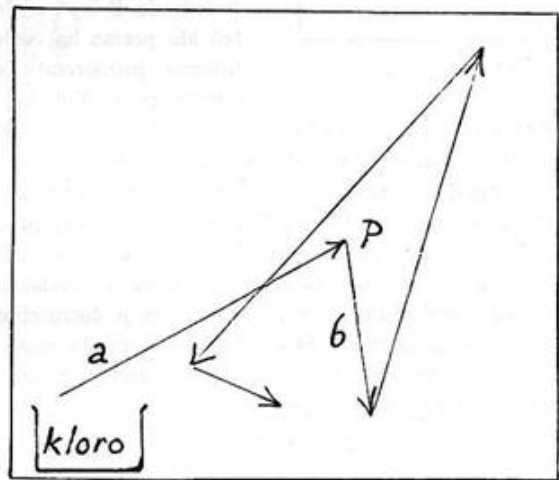


Fig. 3.

estas verda, forte odoranta gaso, duoble pli peza ol aero. Se ni nun forigas la kovrilon de la vazo, oni devus flari la kloron ĉe la plafono post parto de sekundo pro la molekularapido 310 m/sek, sed efektive daŭras multajn horojn, ĝis oni ĉe absolute trankvila aero povos flari la kloron tie. Tiel malrapide efikas la difuzo de unu gaso en alian.

Al tiu argumento respondis Clausius, ke efektive la difuzo okazas tiel malrapide, sed tio povas esti facile klarigata per la kinetika teorio. La molekuloj de kloro moviĝas ja tiel rapide, sed ili kunpuŝiĝas tre ofte kun la molekuloj de la aero kaj ĉe tio ili ŝanĝas sian direkton. Se molekulo ekzemple moviĝas en la direkto a ĝi kunpuŝiĝas eble jam ĉe punkto P kun alia molekulo kaj ŝanĝas sian direkton en tute hazarda maniero kaj flugas poste en la direkto b en rekta vojo, kies longo dependas denove de la hazardo. Poste ĝi flugas eble en la direkto de la plafono kaj poste eble returne al la vazo. Tiamaniere oni komprenas, ke daŭros longe, ĝis troviĝos supre ĉe la plafono sufiĉa amaso da klormolekuloj por esti flarataj. La sama fenomeno okazas en unu pura gaso, ekzemple en oksigeno. Ĉiu el ĝiaj molekuloj estas malhelpata per kunpuŝiĝoj kun aliaj oksigenmolekuloj kaj faras zigzagan vojjon, kies rektaj partoj varias en tute hazarda maniero laŭ longo kaj direkto. Rilate je tiuj liberaj vojoj Clausius sukcesis kalkuli la mezvaloron de ilia longo por granda nombro da unuopaj liberaj vojoj. Tiu valoro nomiĝas la meza libera vojo λ . La formulo de Clausius esprimas ĝin per n , la nombro de la molekuloj en la volumenunuo kaj per s , la diametro de la sferforma imagita molekulo, do per molekularaj dimensioj. La formulo de Clausius tekstas

$$\lambda = 3/4\pi ns^2.$$

Ĉe tiu dedukto Clausius uzis la provizoran hipotezon, ke ĉiuj molekuloj havas la saman rapidon. Baldaŭ poste la fama angla fizikisto Maxwell¹⁾ ekokupiĝis pri la kinetika teorio de la gasoj kaj sukcesis trovi la leĝon, laŭ kiu la diversaj molekularapidoj distribuiĝas al la unuopaj molekuloj. Bazante sin sur tiu sia rapidodistribuon, li sukcesis venki la grandajn matematikajn malfacilaĵojn kaj kalkuli la liberan vojlongon per n kaj s . La rezulto diferenciĝas nur en la nombra koeficiento, kiu estas anstataŭ $\frac{3}{4\pi}$ je 5% pli eta. Ni diskutu nun tiun formulon de Clausius! Se n pligrandiĝas, λ iĝas inverse proporcie pli eta. Tio estas kredinda. Ju pli dense la molekuloj estas semitaj, des pli ofta la interpuŝiĝo, des pli eta la libera vojo. Se ni anstataŭiĝas en nia imago ĉiun molekulon per pli granda, ni ankaŭ povas antaŭvidi plietigon de la libera vojo. Ĝi estas inverse proporcia al la areo de la profilo de sfera molekulo. Tiaj diskutoj kompreneble nur kontrolas la korektecon de la kalkuloj kaj ne pruvas, ke oni kalkulis pri realaĵoj! Por pruviti tion ni devas kunligi la nocion de libera vojo kun mezurebla granda. Kiel tian ni prenu la viskozeccon. Unue oni observis ĝin ĉe likvaĵoj kiel kaŭzon de malhelpo de movo en likvaĵo, kies diversaj partoj havas diversajn rapidojn. La angla fizikisto Newton sukcesis fari tiurilatan matematikan analizon. Ni supozu likvaĵon, ĉe kiu diversaj tavoloj moviĝas en la sama direkto kun diversaj rapidoj (Fig. 4). La longo de la streko en la desegno estas egala

¹⁾ Phil. Mag. 19 [1860] 22.

al la rapido. La mezan tavolon tiras la supra antaŭen, la malsupra malantaŭen, bremsante. La forto K efikigata sur ebena peco en la meza tavolo dependas de la areo F de tiu peco kaj estas al ĝi proporcia. Krome ĝi dependas de la ŝanĝo de la rapido g de la fluo laŭ la alteco z . Se la ŝanĝo estas nul, tiu forto

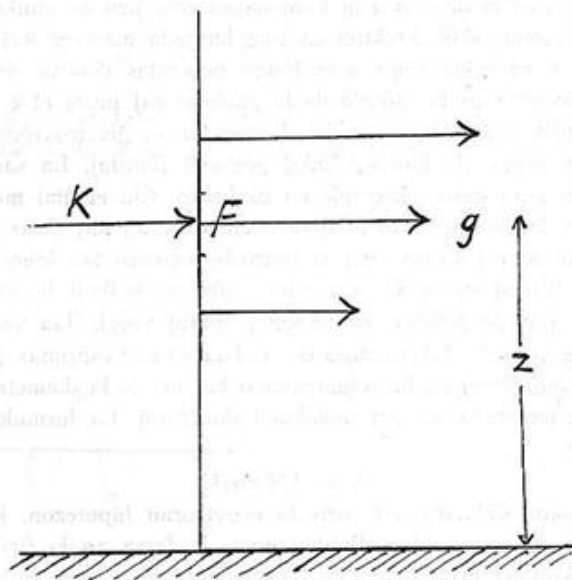


Fig. 4.

K estas nul. Tiam ja la likvaĵo moviĝas kiel tutaĵo ne influata de sia viskozeco. *Newton* nun supozis, ke K estas proporcia al la ŝanĝo de la rapido, do al la derivaĵo de g laŭ z , al dg/dz , la gradiento de la rapido. Krome devas esti en la formulo koeficiento konsideranta la kvaliton de la likvaĵo, materialkonstanto. Ĉe viskozaj likvaĵoj ĝi estas granda, ekzemple ĉe glicerolo, ĉe akvo malpli granda. Ni nomas ĝin koeficiento de viskozeco η . Tiun de *Newton* supozitan leĝon ni do skribas per

$$K = \eta F \cdot dg/dz.$$

Oni do vidas, ke la materialkonstanto η estas la forto sur la arenuo ĉe rapidgradiento unu. Tiun leĝon de *Newton* oni poste pruvis per mezuroj, kiuj samtempe ebligis la mezuron de η , de la viskozeco. Per tiaj mezuroj oni ankaŭ konstatis, ke ankaŭ la gasoj havas viskozecan, kvankam etan. Oni povis mezuri ĝin per la samap metodoj, kiel ĉe likvaĵoj. Kiam *Maxwell* publikigis la formulon kunligantan la liberan vojlongon λ al la viskozeco de gaso η , nur la viskozeco de la aero estis mezurita.

Por doni ideon, kiamaniere *Maxwell* sukcesis interpreti per sia for-

mulo la viskozecan de la gasoj el la kinetika teorio kaj tiel imagigi la forton, kiun efikas du diversrapidaj gastavoloj unu sur la alian, mi devas komenci de fore kaj primediti la movon molekulan de gaso en senmova vazo (Fig. 5).

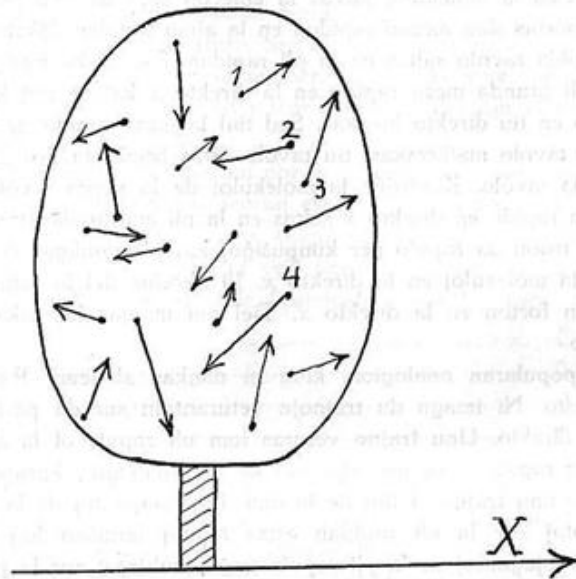


Fig. 5).

Enestas N molekuloj, kiuj moviĝas ĉiudirekte. La komeponento de la rapido en iu arbitra direkto x por la molekuloj 1, 2, 3, N estu $u_1, u_2, u_3, \dots, u_N$.

Oni ekkonas, ke ĉe sufiĉe granda nombro N da prikonsideritaj molekuloj

$$u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_N = 0.$$

Ĉar se ne estus tiel, la vazo ricevus impulson en unu el ambaŭ direktoj de la elektita linio. Ion tian oni neniam observis, se la nombro de la observataj molekuloj estis sufiĉe granda. Tion mi parenteze rimarkas. Dividante tiun ekvacion per N kaj uzante la simbolon Σ ni ricevas

$$\Sigma u_i/N = 0.$$

Do la meza komponanto de la rapido en iu arbitra direkto estas nul.

Nun la vazo kun sia tuta gasenhavo, siaj N molekuloj, moviĝu kun la konstanta rapido g en la laŭvole elektita direkto x . Se ni nun kalkulas la mezvaloron de la komponanto u en tiu direkto, ĝi ne plu estas nul, sed g . En formulo $\Sigma u_i/N = g$.

Super la tute senregule distribuita rapido de ĉiu molekulo surmetiĝas la rapido en la direkto, en kiu sin movas la gasmaso kiel tutaĵo.

Se nun du gastavoloj preterglitas kun diversaj rapidoj, kiujn reprezentu al ni la du malsupraj horizontalaj strekoj de fig. 4, la molekuloj havas mezan komponenton en la direkto de la movo de la koncerna tavolo egalan al la rapido de tiu gastavolo kiel tutaj. En la supra tavolo tiu komponento estas pli granda. Sed la molekuloj havas la eblecon salti de unu tavolo en alian. Ĉe tio ili alportas sian mezan rapidon en la alian tavolon. Ekzemple molekulo de la malrapida tavolo saltas en la pli rapidan. Tie ĝi kunpuŝiĝas kun molekuloj kun pli granda meza rapido en la direkto x kaj ĉe tiuj kunpuŝiĝoj ilia meza rapido en tiu direkto kreskas. Sed tial la meza rapido de la aliaj molekuloj de tiu tavolo malkreskas, tiu tavolo estas bremsata pro la influo de la pli malrapida tavolo. Kontraŭe la molekuloj de la supra tavolo kun sia pli granda meza rapido en direkto x saltas en la pli malrapidan tavolon kaj perdas tie sian troon da rapido per kunpuŝiĝoj kaj pligrandigas ĉe tio la mezan rapidon de la molekuloj en la direkto x . Ili akcelas tiel la tutan tavolon, do faras sur ĝin forton en la direkto x . Tiel oni imagas la mekanismon de la gasviskozeco.

Permesu popularan analogion, kiun ni dankas al Jean Perrin, fama franca fizikisto. Ni imagu du trajnojn veturantajn sur du paralelaj relparoj en la sama direkto. Unu trajno veturas iom pli rapide ol la alia. La diferenco inter la rapidoj estu nur eta, tiel ke la vojaĝantoj kuraĝas salti de la piedbretoj de unu trajno al tiuj de la alia. La vojaĝantoj de la pli malrapida trajno saltintaj sur la pli rapidan estas ŝirataj antaŭen kaj bremsas ĝin. Kontraŭe la vojaĝantoj de la pli rapida trajno saltintaj sur la pli malrapidan ricevas puŝon malantaŭen kaj akcelas ĝin. Tial ni ekkonas, ke tiuj preterveturantaj trajnoj faras forton unu sur la alian. Tiu forto inter la du trajnoj moviĝantaj per diferencaj rapidoj dependas ĉe donitaj rapidoj de la trajnoj de la vigleco, kun kiu la vojaĝantoj faras siajn nepermesitajn saltojn. Al tio respondas la meza rapido de la molekuloj en la kinetika teorio. Krom tio la efiko dependas de la maso de la unuopaj vojaĝantoj, en la kinetika teorio de la maso de unuopa molekulo m . La ofteco de la saltoj dependas ankaŭ de n , la nombro de la molekuloj en la volumenunuo. En unu punkto tamen la analogio tre lamas. Ĉe moviĝanta gaso ankaŭ molekuloj el pli foraj tavoloj kun pli granda diferenco de meza rapido povas atingi la konsideratan tavolon sekve la efiko ankaŭ dependas de la meza libera vojo kaj Maxwell²⁾ montris, ke la gasviskozeco, do la forto, kiun efikas unu sur la alian du tavoloj de gaso kun areo unu ĉe rapidogrado unu estas donita per la formulo

$$\eta = \frac{\lambda n m c}{\varepsilon}.$$

Tuj oni povas el tiu formulo fari gravan konkludon pri la rilato de la gasviskozeco al la premo, sub kiu estas la gaso, do al n , la nombro de la mole-

²⁾ Maxwell, l.c. p. 31.

kuloj en la volumenunuo. La libera vojlongo estas inverse proporcia al n , do la viskozeco estas sendependa de la premo, iom paradoksa rezulto! Sed la mezuroj pruvis ĝian pravecon inter certaj limoj, kiujn oni ankaŭ povis antaŭvidi laŭ la teorio. Rilate la dependecon de η kun c oni vidas proporciocon kun \sqrt{T} , ankaŭ ne atendita rezulto! Ĉar ĉe la likvaĵoj la viskozeco plietigiĝas kun leviĝanta temperaturo. Sed la mezuroj montris, ke la viskozeco ĉe la gasoj efektive kreskas kun la temperaturo; estas vere, ne tute tame kiel postulis la ĉi tie menciita primitiva teorio. Sed la deviojn el tiu formulo oni pli poste ankaŭ povis klarigi.

Nun ni rigardu kelkajn nombrojn por λ ĉe diversaj puraj gasoj, kies viskozecan oni poste, instigate de la teoriaj esploroj de Maxwell, mezuris. La produkto $n m = \rho$, la denseco, estis ankaŭ konata kaj c kalkulita laŭ la jam preparolita metodo. La meza libera vojlongo estas donata en mm por la temperaturo de 0° C kaj la premo de 1 atmosfero por la gasoj

Hidrogeno	0,000 180
Oksigeno	0,000 099
Nitrogeno	0,000 095
Kloro	0,000 046

Do la menciita malrapida difuzo de la kloro estas klarigata per la eta libera vojo de ĝiaj molekuloj. Pro ĝia eteco oni ne povas en Fig. 3 korekte desegni la liberan vojlongon de la klormolekuloj.

Do en la formulo de Clausius $\lambda = 3/4\pi n s^2$ estas λ jam konata, sed restas ankoraŭ nekonataj du molekularaj grandoj n kaj s , la nombro en la volumenunuo kaj la diametro. Por kalkuli ilian valoron ni bezonas ankoraŭ unu ekvacion, kiu ligas tiujn grandojn kun mezurebla aŭ almenaŭ taksebla granda.

Tiun gravan paŝon faris kiel unua la Viena fizikisto Loschmidt³⁾. Li publikigis en la jaro 1865, do ok jarojn post Clausius en la kunsidraportoj de la Viena Akademio disertacion titolitan „Pri la granda de la aeromolekuloj”. Loschmidt diris al si: Ĉar la volumeno de la likvaĵo ricevebla el gaso per kondenso estas relative eta kaj ne povas esti multe plietigata per premo aŭ malaltigo de la temperaturo, oni povas provizore supozi, ke la volumeno de la likvaĵo estas tute okupita de molekuloj. Do la volumeno de la likvaĵo, kiun oni povas ricevi el la volumenunuo de iu gaso estas egala al la volumeno de la molekuloj en la volumenunuo. Ĉar ni supozas, ke la molekuloj estas sferoj kun la diametro s , tiu volumeno de la molekuloj en la volumenunuo estas

$$\varepsilon = n \pi s^3 / 6$$

Tiun grandon ε Loschmidt nomis kondenskoeficiento. Se ni tiun

³⁾ Sitzber. Akad. Wiss. Wien, 52 II 395.

multobligas per $\lambda = 3/4 \cdot \pi n s^2$, ni ricevas $\varepsilon \lambda = s/8$ kaj el tio $s = 8 \varepsilon \lambda$.

Jen la formulo, kiun donis *Loschmidt* por la diametro de la molekuloj. Li klopodis apliki ĝin, kiom estis eble en la jaro 1865. Mezurita estis nur la viskozeco de la aero. El tio oni kalkulis la liberan vojlongon de la „aeromolekuloj”, kiel oni diris, kvankam oni jam delonge sciis, ke la aero estas miksaĵo. Sed oni konsciiĝis, ke oni tiel ricevas ian mezvaloron inter la komponantoj. Nun *Loschmidt* bezonis ankaŭ valoron por ε . Sed bedaŭrinde nek la aero, nek ĝiaj komponantoj estis tiam kondensitaj. Li devis do per mezuritaj densoj de likvaj kombinaĵoj de oksigeno kaj nitrogeno uzante la leĝojn de *Kopp* taksi la volumenon de likva aero kondensita el volumenunuo de gasa aero. Tiel li taksis $\varepsilon = 0,000866$. Do malpli ol unu milono de la volumeno, kiun okupas la aero, kiun ni spiras, estas okupita per molekuloj.

Por la libera vojlongo li uzis $\lambda = 0,000140$ mm, kalkulita el la tiam plej fidindaj mezuroj de la viskozeco de la aero. Tiel li trovis

$s = 0,000\,000\,969$ mm = $9,69 \times 10^{-8}$ cm, do ĉirkaŭ unu milionono de milimetro. Modeste li diris: „Tiu valoro etu konsiderata nur kiel ĉirkaŭa proksimumigo. Sed certe ĝi ne estas dekoble tro granda aŭ tro eta”. Kaj efektive li pravis en sia modesto! La metodoj de la kinetika teorio evoluis kaj la necesaj mezuroj estis farataj. La rilaton inter vojlongo kaj viskozeco oni pliekzaktigis en multaj detaloj. La viskozeco de puraj gasoj, kiel oksigeno kaj nitrogeno, estis mezurataj. La volumenon okupitan de la molekuloj oni laŭ alia metodo kalkulis ol *Loschmidt* uzante la ekvacion de v. d. *Waals* por la stato de la gasoj. La plej modernaj metodoj de la gasteorio donas por la diametro de nitrogenmolekulo $3,1 \times 10^{-8}$ cm, por oksigenmolekulo $2,9 \times 10^{-8}$ cm. Do la valoro de *Loschmidt* estis trioble tro granda, sed ne dekoble!

La interesiĝo de la sciencistoj pri la molekuldiametroj intertempe malpliigis, parte pro la neekzaktecio de la koncepto. La kemio ĉiam pli konigis la veran formon de la molekuloj kaj ankaŭ ĝian diferencon de la sfero. Se oni tamen parolas pri molekuldiametro oni konscias, ke temas pri simila proksimumigo kiel ĉe *Loschmidt*, kiam li parolis pri aeromolekuloj.

Kontraŭe la interesiĝo pri la nombro de la molekuloj pligrandiĝis. *Loschmidt*⁴⁾ ankaŭ kalkulis ĝin, kvankam ne en la citita disertacio.

En la ekvacion $\varepsilon = n \pi s^3/6$ ni substituas $s = 8 \varepsilon \lambda$ kaj ricevas

$$\varepsilon = n \pi 8^3 \varepsilon^3 \lambda^3/6.$$

Resolvante laŭ n , ni ricevas

$$n = 1/268 \varepsilon^2 \lambda^3$$

kaj uzante $\varepsilon = 0,000\,866$ kaj $\lambda = 0,000\,140$ mm, ni ricevas $n = 1,81 \times 10^{15}$ en 1 mm³, do proksimume 2×10^{18} en unu cm³ ĉe premo de unu atmosfero kaj 0° C. Nun oni kalkulis tiun nombron kun ĉiuj perfektigoj de la teorio kaj

4) Schr. Ver. z. Verbr. naturwiss. Kenntnisse in Wien 8 (1869) 53.

trovis 28×10^{18} . Ĉi tie la akordo estas multe malpli bona ol ĉe la diametro. Ĉar ĉi tie la duba nombro ε , la kondenskoeficiento, eniras en la dua potenco. La nombro en la volumenunuo estas pli grava ol la diametro, ĉar ĝi estas laŭ *Avogadro* egala por ĉiuj gasoj. Oni nun kalkulas la nombron ĝenerale ne por 1 cm³, sed por 22 414 cm³ ĉe atmosfera premo kaj 0° C, ĉar tiun volumenon okupas unu grammolekulo aŭ unu molo, kiel ni diru pli oportune, da materio en gasa stato. Kiel konate unu molo estas maso de kemie pura substanco havanta tiom da gramoj kiom indikas la „molekulpezo”. El la por unu cm³ donita nombro ni ricevas $6,3 \times 10^{23}$ por la nombro de la molekuloj en unu molo. Do tiom da molekuloj estas en 2 gramoj da hidrogeno, en 32 gramoj da oksigeno, k.t.p.

Tiun nombron oni nomas kelkfoje la nombro de *Loschmidt* kaj ofte ankaŭ la konstanto de *Avogadro*, kvankam *Avogadro* neniam parolis pri la absoluta nombro de la molekuloj en certa maso, sed nur asertis, ke tiu nombro devas esti la sama en samaj gasvolumenoj sub samaj eksteraj kondiĉoj. Do laŭ historia vidpunkto la riomo *nombro de Loschmidt* ŝajnas pli prava ol *konstanto de Avogadro*.

Interesege estas, ke oni ne nur per la kinetika gasteorio venas al la nombro de *Loschmidt*, sed ankaŭ per aliaj metodoj de la fiziko. La klarigo de ĉiu unuopa metodo postulas apartan prelegon. Mi do nur mallonge mencias kelkajn. Unue mi menciis la studon de la *Browna movado*, kiu estis eltrovita en 1827 de la angla botanikisto *Brown*, eltrovo, kiu en la proksima jaro festos sian 125 jaran jubileon. Ĝi estas la nun mikroskope observebla senregula movado de partikloj ŝvebantaj en likvaĵo. La fama franca fizikisto *Perrin* sukcesis per mezuroj pri la *Browna movado* en likvaĵoj elkalkuli la *Loschmidt*-an nombron laŭ diversaj metodoj.

Per la mikroskopa observo de la translokiĝoj de partikloj en *Browna movado* li ricevis la *Loschmidt*-an nombron $L = 6,9 \times 10^{23}$. Ĉe la observo de la rotacio de tiaj partikloj li ricevis $L = 6,5 \times 10^{23}$.

Perrin faris ankaŭ observojn de tiaj *Browne* moviĝantaj partikloj en sedimenta ekvilibro. Per tiuj observoj li ricevis la *Loschmidt*-an nombron $L = 6,8 \times 10^{23}$.

Ni vidas do etajn diferencojn inter la ricevitaj nombroj, kiuj ĉe kritika prijuĝo estas klarigeblaj per la grandegaj eksperimentaj malfacilaĵoj.

Por aludi, kiamaniere oni sukcesis mezuri molekulajn grandojn per tiaj observoj, mi revenas al tio, kion mi parenteze rimarkis komence de mia prelego. La ŝanceliĝoj de la premo de gaso sur vandpeco, kiujn oni devas atendi laŭ la teorio ne estas observeblaj laŭ kutimaj metodoj. Sed se la vandpeco estas sufiĉe eta, oni povas rimarki ilin kaj ricevas per ilia mezurado la molekulajn grandojn.

Laŭ tute alia bazo oni sukcesis ricevi L el la teorio de *Planck* pri la radiado. Tiu *Loschmidt*-a nombro estas $L = 6,3 \times 10^{23}$.

Denove tute alian vojon montris Millikan per sia mezuro de la elektra elementa kvanto. El tiu elektra konstanto oni ricevas $L = 6,02 \times 10^{23}$. Ĉar tiu metodo estas teorie la plej simpla, oni havas nuntempe la plej grandan konfidon al tiu valoro de la Loschmidta nombro.

Per la koincido de tiuj nombroj derivitaj el tiom diversaj fenomenoj la ekzisto de la molekuloj iĝas certa.

KOLORFOTOGRAFADO

778.6

de D-ro D. R. DUNCAN.

Prelego en Internacia Somera Universitato, Bournemouth, 1949.

Kiam oni faras rektan komparon inter ordinara nigra-kaj-blanka fotografajo kaj kolorfotografajo de la sama objekto, oni vidas, kiom oni gajnas per la koloreco — belecon, klarecon, pli fidelan reprezenton, kun rezultanta sento de realeco. Rigardante senkoloran fotografajon, oni ne povas forgesi, ke ĝi estas nur bildo, sed rigardante koloran foton, precipe lumbildon, oni ofte sentas, kvazaŭ oni rigardas la objekton mem. Ĉi tiun diferencon oni rimarkas tre forte en la filmteatro, se ordinara filmo sekvas kolorfilmon. Sen komparo kun kolorfilmo, la senkolora ŝajnas sufiĉe vivsimila, sed, komparante ĝin kun la kolora, oni konscias, kiom oni perdas pro la manko de koloro.

Ĉi tio estas evidenta, kiam la beleco de la fotografita objekto dependas de ĝia koloro, kiel ĉe floroj, ĝardenoj, sunsubiroj, piroteknikaĵoj, sed ĉe multaj aliaj vidaĵoj la koloro estas pli grava faktoro de la beleco, ol oni kutime konscias. Kiu amatora fotografisto, uzante ordinaran filmon, ne sentis foje ĉagrenon, ĉar la foto aspektas iom banala, kvankam la sceno fotografita ŝajnis bela kaj fotografinda — kaj ĝuste ĉar, kvankam li ne komprenis tion, la ĉarmo de la fotografitaĵo dependis de ĝia koloraro? Ĉi tio estas precipe vera ĉe kamparaj pejzaĝoj. La helaj koloroj de proksimaj objektoj kontraŭ la bluo de la malproksima fono faras fortan impreson pri distanco kaj aldonas la trian dimension, kiu mankas en senkoloraj bildoj. Specialaj ecoj de la sceno, kiel la aŭtunaj koloroj de la folioj aŭ la flava nuanco de vespera sunlumo, estas facile videblaj en kolorfotaj.

Tamen, rigardante ĉi tiajn bildojn, oni eble pensas „Jes, ili estas tre belaj, sed certe ne estas facile fari ilin; sendube nur sperta fotografisto kun speciala aparato povas produkti ilin — ordinara amatoro, kiel mi, ja ne povus”. Tio tamen tute ne estas vera. Ĉiu ajn per ordinara fotografilo povas fari bonajn kolorbildojn de eksterdomaj scenoj en sunlumo. Por pli malfacilaj taskoj, kiel endoma fotografado, iom da sperto estas bezonata, sed la malfacilaĵoj estas venkeblaj eĉ sen multekosta aparato.

La ĉefa praktika diferenco inter kolora kaj senkolora fotografado troviĝas efektive en la kosto de la filmo, sed, almenaŭ laŭ mia opinio, unu bona kolora bildo valoras pli ol kelkaj senkoloraj.

Por fari kolorfotajn, oni devas nur aĉeti specialan kolorfilmon, meti ĝin en la fotografilon, fotografi en la ordinara maniero, kaj poste redoni la filmon al kompetenta fotografisto aŭ al la fabrikisto por rivelado. Ĉe kelkaj specoj de kolorfilmoj oni povas mem riveli ilin, se oni preferas, sed la rivelado estas pli komplikita afero ol ĉe ordinaraj filmoj, kaj mi rekomendas, ke komencanto lasu tion al profesiulo.

Dum la rivelado la kolora bildo aperas sur la filmo. Plej ofte, anstataŭ fari *rinton*¹⁾ sur papero, oni redonas la filmon mem al la fotografinto, kiu tiel ricevas travideblan bildon naturkoloran. Oni povas munti ĝin inter vitraj platoj aŭ en kartona kadro. La bildo estas facile videbla, se oni tenas la filmon antaŭ folio de blanka papero, blanka muro, la fenestro, aŭ la plafono. Pli bone, oni povas uzi unu el la rigardiloj, kiuj estas aĉeteblaj aŭ kiujn oni povas mem konstrui. Ĉi tiuj estas simplaj aparatoj por tralumigi la filmon de malantaŭe kaj ofte estas tre efikaj. Foje rigardilo havas ankaŭ lenson tenatan antaŭ la filmo por pligrandigi la bildon. Tamen la plej realecan efektan oni ricevas, se oni projekcias la foton per lumbilda aparato.

Se oni preferas ordinaran kolorbildon sur papero, estas eble tian ricevi, sed fari ĝin oni bezonas multe da sperto kaj pacienco. Krom tio, surpaperaj bildoj neniam reproduktas la kolorojn tiel perfekte, kiel travideblaj bildoj povas, kaj ne donas la saman impreson de realeco. Naturaj objektoj ofte montras pli grandajn kontrastojn de heleco, ol estas eble reprodukti sur papero, sed per travideblaj filmoj oni povas tion fari tute sukcese, eĉ se la bildo enhavas fajron aŭ lumojn.

Fotografante kolore, oni devas memori, ke kolorfilmo estas malpli rapida, malpli rapide impresata de la lumo, ol ordinara filmo. Pro tio ĝi bezonas pli longan eksponon (aŭ pli larĝan aperturon kun la sama ekspona tempo, aŭ pli fortan lumon se la aperturo kaj ekspona tempo de la fotografilo ne estas modifeblaj). Krom tio, por bone reprodukti la kolorojn, estas necese doni la ĝustan eksponon. La fabrikistoj kutime eldonas tabelojn, kiuj montras la ĝustajn eksponojn en diversaj cirkonstancoj. En nekutimaj situacioj, ekzemple kiam oni fotografas endome, estas tamen dezirinde uzi eksponometron, t.e. aparato, kiu mezuras la fortecon de la lumo, kaj havi iom da sperto por ĝuste taksi ties indikojn. Por ricevi plaĉan bildon estas preferinde, ke la forteco de lumigado estu sufiĉe egala; oni ne povas samtempe ĝuste eksponi por parto de sceno, kiu estas en profunda ombro, kaj por alia parto, kiu estas hele lumigata. Fotografante memlumajn objektojn, kiel la kolorlumigatan fontanon ekster la Pavilono en Bournemouth, estas bone elekti fruvesperan horon, kiam la krepuska lumo ankoraŭ iom videbligas (kaj sekve fotografebligas) la ĉirkaŭantajn objektojn.

Komencanto agus saĝe, fotografante nur per taga lumo. Kun artefarita lumo

1) Printo: vorto proponita por la pozitivo sur papero, karto k.t.p.