

Listo de kelkaj nomoj geografiaj donitaj de Colón dum la malkovrado
(ĉiu estas ripeto de alia, galica)

San Salvador (Sankta Savinto)
Porto-Santo (Sankta Haveno)
Río (Rivero)
Isla de Gracia (Graca Insulo)
Puerto de Gracia (Graca Haveno)
Boca de la Sierpe (Serpenta Faŭko)
Cabo de la Sierpe (Serpenta Kabo)
Isla de Ratas (Insulo de Ratoj)
Santa María de la Concepción (Sankta Maria de la Koncipo)
Cayo Lobo (Lupa Roko enmara)
Boca de las Carabelas (Buŝo, Fendo de la Karaveloj)
Punta Gorda (Dika Pinto; t.e., Kabo)
Puerto Gordo (Dika Haveno)
Isla Gorda (Dika Insulo)
Punta (ankaŭ *Cabo*) *Moa* („Moa” Pinto aŭ Kabo) [Moa, galica por: muelŝtono, mueldento]
Cabo del Pico (Beka Kabo)
Punta Pierna (Krura Pinto)
Punta Lanzada (Pelita Pinto)
Punta Aguda (Akra Pinto)
Punta Santa (Sankta Pinto)
Mar de Santo Tomé (Maro de Sankta Tomeo)
Cabo Redondo (Ronda Kabo)
Punta Seca (Seka Pinto)
Punta del Buey (Bova Pinto)
Santa María la Antigua (Sankta Maria la Antikva)
Isla de San Martín (Insulo de Sankta Marteno)
Cabo de la Cruz (Kabo de la Kruco)
Cabo (ankaŭ *Punta*) *de la Galea* (aŭ *Galera*) (Kabo aŭ Pinto de la Galero)
Punta Peña Blanca (Blankroka Pinto)
Punta del Arenal (Sabloloka Pinto)
Santa Catalina (Sankta Katerino)
San Cristóbal (Sankta Kristoforo)
San Juan Bautista (Sankta Johano Baptisto)
San Miguel (Sankta Mikaelo)
San Nicolás (Sankta Nikolao)
San Telmo (Sankta Telmo)
La Trinidad (La Triunuo)
 ktp.

ĈU EKZISTAS ATOMOJ DE ENERGIO?

de Prof. D-ro Hugo SIRK

Prelego en Internacia Somera Universitato, Majenco, 1958

Kvarfoje mi jam havis la honoron prelegi en nia Universitato pri atomismo, la unuan fojon antaŭ ok jaroj en Parizo sub la titolo: *Ĉu oni povas vidi la atomojn?*¹⁾ Tiam mi rakontis, kiel evoluis la stranga supozo, ke la materio ne estas senfine dividebla, sed ke oni ricevas per daŭrigata dividado erojn, kiuj ne plu povas esti dividataj sen ŝanĝo de sia kemia karaktero. Tiam eron oni nomas *molekulo* ĉe kemia kombinaĵo kaj *atomo* ĉe elemento. Mi ankaŭ eksplikis, kiel tiu paradoksa konceptaĵo pri la materio povas antaŭokuligi kaj la ĉefleĝojn de la kemio kaj la fizikajn kvalitojn de la gasoj. Sur atomisma fundamento evoluis la *kinetika teorio de la gasoj*, kiu sukcesis kalkuli la dimensiojn de la molekuloj kaj ilian nombron en difinita kvanto da materio; tion mi pli detale pritraktis antaŭ sep jaroj en mia Munkena prelego²⁾ sub la titolo: *Ĉu oni povas nombri la molekulojn?* Tiam mi ankaŭ menciis, ke la Loschmidta nombro, la nombro de molekuloj en unu grammolekulo, kalkulita per la kinetika teorio akordiĝas kun la Loschmidta nombro kalkulita per tute aliaj metodoj, ekz-e per la studo de la Browna molekulmovado, kiun mi pritraktis pli detale antaŭ ses jaroj en Oslo. Ĝi ne estas la movado de la molekuloj mem, sed la movado de malgrandaj, nur mikroskope observeblaj, en fluidaĵo ŝvebantaj korpetoj, kiuj estas senregule ĉiudirekte puŝataj far la varmomovado de la molekuloj de la ĉirkaŭanta fluidaĵo.

Jam antaŭe en Parizo mi pritraktis la eksperimentojn de Wilson, kiuj antaŭokuligas en formo de nebulstrio la vojon, kiun faras en gaso α -korpusklo, elektre ŝargita heliumatomo.

Fine antaŭ du jaroj en Kopenhago³⁾ mi montris al vi sur la fluoreska ekrano de kampelektrona mikroskopo helajn disketojn. Ĉiu unuopa el ili estis kaŭzita de unuopa bariatomo. Ĝi ne estis bildo de la bariatomo, sed signalo elsendita de ĝi. Ni vidis la bariatomojn analoge kiel ni vidas mikroskope ne plu videblajn korpetojn en ultramikroskopo sur la malluma fono per la lumo difraktita de ili. Tiu mia Kopenhaga prelego aperis en SR antaŭ kelkaj monatoj sub la sama titolo kiel mia Pariza prelego nome: *Ĉu oni povas vidi la atomojn?*

Miaj Pariza kaj Munkena prelegoj aperis en la *Elektitaj Prelegoj*⁴⁾ represitaj el SR.

Mi esperas, ke mi sukcesis konvinki vin per miaj prelegoj, ke la paradoksa supozo de la atomismo estas prava, ke la materio ne estas senfine dividebla.

Nun ekstaras la demando: Ĉu la energio, tiu estaĵo kiu vivigas la

materion, eble ankaŭ ne estas senfine dividebla kaj eble ankaŭ ekzistas nur en ne plu divideblaj eroj?

Unuavide tia supozo ŝajnas ankoraŭ pli paradoksa ol la atomismo de la materio. Ekzemple tiu lampeto en mia elektra torĉo, kiu lumas normale per duonvato, elsendas en unu sekundo energion de duonvatsekundo, parte en formo de lumo. Ĉiu el vi imagas, ke tiu energio estas senfine dividebla, ke la lampeto en unu milono de sekundo elsendas duonmilonon de vatsekundo, en unu milionono de sekundo duonmilionon de vatsekunde, ktp. en senfinon. Neniu pensus, ke povus esti alie.

Sed se ni faros poste spertojn klarigeblajn nur per la stranga supozo de energiatomoj, la *situacio ŝanĝiĝos favore al la paradoksaĵo!*

Tiaj spertoj estis la sekvo de modestaspekta, hazarda observo, kiun faris la germana fizikisto Henriko Hertz en 1887, jaro grava por nia movado. Li observis, ke alradiado per ultraviola radiaĵo faciligas la transsalton de sparkoj inter diverselektre ŝargitaj korpoj. Post la frua morto de Hertz aliaj fizikistoj daŭrigis tiujn esplorojn kaj jam en 1888 la germana fizikisto Hallwachs malkovris la lumo-elektran fenomenon, kiun mi montros per jena eksperimento (Fig. 1). Cirkla plato el zinko (en la bildo horizontale haĉita) estas konektita kun la interno de elektroskopo laŭ Braun (en la bildo dekstre). Apude troviĝas maldekstre lampo, el kiu hidrarga vaporo elsendas sub la influo de elektra tensio radiaĵon riĉan je ultraviolo. Se mi ŝargas la zinkan platon elektre, mi vidas devion de la elektroskopa nadlo. Se nun radiaĵo de la lampo trafas la zinkplaton, la elektroskopo perdas sian ŝargon, se ĝi estas negativa. Se la ŝargo estas pozitiva, ĝi ne estas influata de la radiado sur la zinkan platon. Do nur la negativa elektro estas forkondukata sub la influo de la radiado sur la zinkan surfacon.

Por ekkoni la esencon de la lumo-elektra fenomeno oni faris tiajn eksperimentojn. Vakuigita tubo (fig. 2) enhavas ĉe sia maldekstra finaĵo

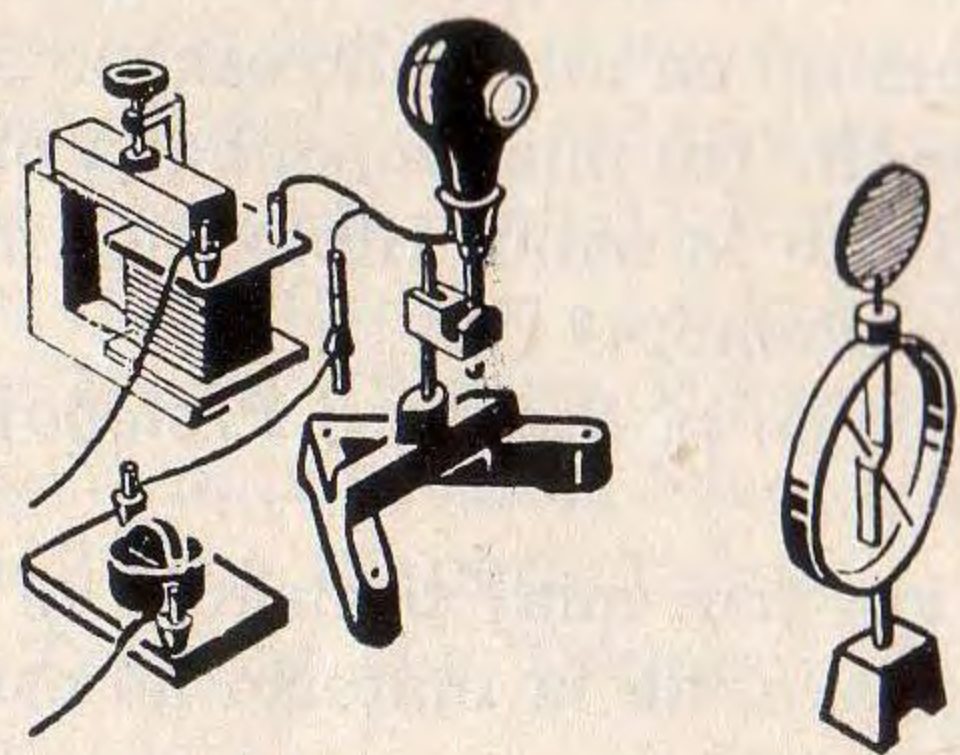


Fig. 1. Zinka plato alradiata per hidrarga lampo perdas sian negativan elektran ŝargon.

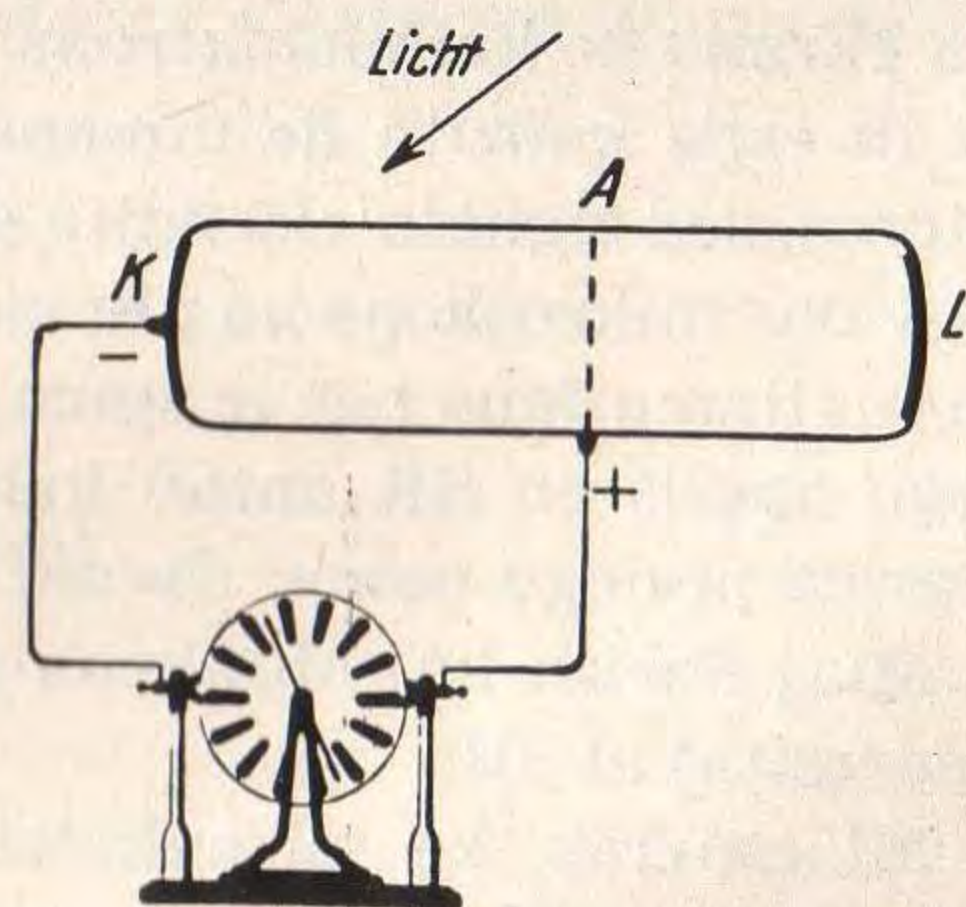


Fig. 2. Tubo por studo de la negativaj eroj eligitaj per la lumo-elektra fenomeno.

metalan platon K, ĉe sia dekstra fluoreskan ekranon L. En la mezo troviĝas metala krado A. Se mi konektas K kun la negativa, la kradon kun la pozitiva poluso de elektra tensio, en la bildo antaŭokuligita per indukelektra generatoro, kaj alradias K, mi konstatas fluoreskan lumon sur la ekrano, kvazaŭ ĝi estus trafata de katodaj radioj. Se oni inversigas la tension, la fenomeno ĉesas; same se mi ĉesigas la alradiadon sur K. Do eliras tra la truoj de la krado radiado simila al la *katoda radiado*. Tiu ĉi estis detale studita. Oni esploris ĝian deflankigon per magneta kaj elektra kampoj kaj konkludis tiel, ke ĝi konsistas el negative ŝargitaj korpuskloj, kaj povis eĉ mezuri ilian ŝargon kaj mason. Ilia ŝargo estas $1,6 \times 10^{-19}$ ampersekundoj, ilia maso $9,11 \times 10^{-31}$ kg, do 1/2000 de la maso de hidrogenatomo, la atomo kun la plej eta maso. Tiujn korpusklojn oni nomas *elektronoj*. La negativa elektro eligata pro lumo-elektra fenomeno el metalo donis per tiuj esploroj la samajn rezultojn. Do ni estas konvinkitaj, ke la lumo eligas elektronojn el la metalo. Ĉe la eksperimento (fig. 2) ili estis akcelataj inter K kaj A. Se mi forigas inter ili la elektran tension, la indukelektran maŝinon, kaj anstataŭigas ĝin per tre sentema galvanometro, mi konstatas per ĝi la *lumoelektran kurenton*.

Per modernaj aparatoj oni povas eĉ aŭdigi kaj nombri la unuopajn elektronojn eligitajn ĉe la lumo-elektra fenomeno. Oni uzas por tio la Geiger-nombrilon, kiun mi eksplikis en mia Marsejla prelego pasintjare⁵⁾. Lumo trafas la tabuleton el oro, kiu kovras parton de la interna vando de vakuigita aparato el vitro (fig. 3). La kurento, kiu respondas al eligo de unu elektrono, estas tiom amplifata, ke ĝi funkciigas aŭ nombrilon aŭ laŭtparolilon. Oni tiel perceptigas la unuopajn elektronojn eligitajn el la ora tavolo.

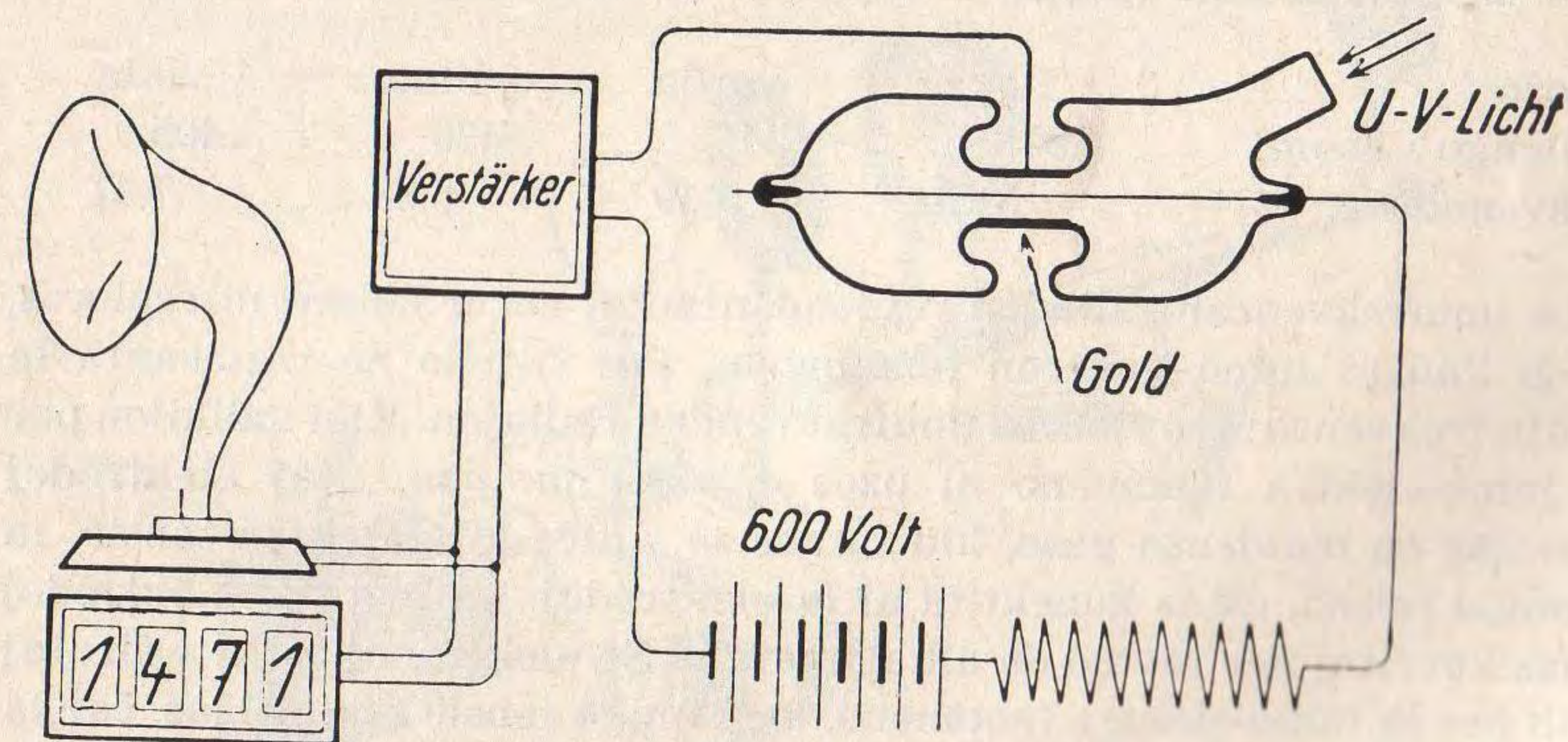


Fig. 3. La elektronoj eligitaj per la lumo-elektra fenomeno estas unuope observeblaj per Geiger-nombrilo. (Verstärker = amplifilo; Gold = oro; U-V-Licht = ultraviola radiaĵo)

Nun ni returniĝu al la fundamenta eksperimento pri la lumo-elektra fenomeno (fig. 1) kaj interpretu ĝin laŭ la elektrona teorio. La lumo eligis elektronojn el la zinka plato, kiu jonigis la aermolekulojn. Tial la aero fariĝis kondukilo por la elektro kaj la elektroskopo malsargiĝis.

Nun ni faru novan eksperimenton per la aparato montrata en fig. 1. Mi metas etan ekranon, kiu fluoreskas per ultraviola radiaĵo, en la radiaĵon de la hidrarga lampo. La ekrano fluoreskas kaj pruvas al ni, ke la radiaĵo enhavas ultraviolon. Mi nun metas por niaj okuloj travideblan vitran platon en la lumfaskon de la lampo. Post trapaso tra la plato la lumo ne ŝanĝiĝis por nia okulo, sed ĝi ne plu fluoreskigas la ekranon. Tio pruvas, ke la vitra plato absorbas la ultraviolan radiaĵon. Mi nun faligas lumon kiu trapasis la vitran platon, sur la zinkan platon kaj konstatas, ke ĝi ne plu kaŭzas lumo-elektran fenomenon. La fenomeno sur la zinka plato estis do kaŭzita de la ultraviola radiaĵo. Tio atentigas nin, ke ni devas esplori la kvaliton de radiaĵo kaŭzanta lumo-elektran fenomenon ĉe diversaj metaloj. La diversajn kvalitojn de la radiaĵo ni nomas en la ĉiutaga vivo koloro. Sed por la fizikisto ne ekzistas koloroj, sed nur *ondolongo*, respektive *frekvenco*, kiun ni nun prikonsideros.

Kiel oni mezuras la longon de lumondoj, mi klarigis antaŭ kvar jaroj en mia Harlema prelego sub la titolo: La lumondo kiel natura etalono ⁶⁾. Radiaĵo kun ondolongo inter 400 kaj 800 nm ⁷⁾ estas videbla. La radiaĵo kun pli eta ondolongo, la ultraviola, ne estas senpere videbla, sed per sia efiko sur fluoreskan ekranon. Se ni diserigas la lumon de la hidrarga lampo en spektron, ni vidas en ĝi diverskolorajn liniojn. La ondoj respondantaj al ili havas diversajn longojn. Kelkajn el ili poste uzotajn ni notu laŭ koloro, laŭ ondlongo λ en nm, kaj laŭ frekvenco ν , nombro de osciladoj en unu sekundo, kalkulita per la formulo $\nu = c/\lambda$, kie c signifas la lumrapidon, la vojon de la lumo dum unu sekundo.

koloro	flava	verda	blua	viola
ondlongo λ en nm	578	546	436	405
frekvenco $\nu \times 10^{14}$	5,19	5,49	6,88	7,41

La unufrekvencan radiaĵon respondantan al certa koloro ni esploras, ĉu ĝi kaŭzas lumo-elektran fenomenon. Per filtrilo ne tralasanta la aliajn frekvencojn ni ricevos unufrekvencan radiaĵon. Kiel indikilon por la lumo-elektra fenomeno ni uzos *efluvan lampon*. Ĝiaj elektrodoj troviĝas en maldensa gaso, kiu lumas se sufiĉe alta elektra tensio, la *flamiga tensio*, estas konektita al la elektrodoj. La metalaj elektrodoj estas kovritaj per tavolo de alkalometalo. Se elektronoj estas elŝirataj el ili per la lumo-elektra fenomeno, la flamiga tensio malaltiĝas, ĉar la molekuloj de la gaso en la ampolo de la lampo estas jonigitaj. Tia efluva lampo estas fiksita same kiel la hidrarga lampo sur optika stablo (fig. 4). Per lenso la luma arko de la hidrarga lampo estas bildigata sur

la elektrodoj de la efluva lampo (en la fig. ne desegnita). Ni esploras nun unuopajn frekvencojn de la hidrarga lampo enmetante lumfiltrilon en la lumgarbon (en la bildo desegnita antaŭ la lenso). Se mi konektas la antaŭe determinitan flamigan tension al la efluva lampo, vi vidas la ekflamon. Se mi iomete malpliigas tiun tension, vi vidas ke la lampo ne ekflamas. Sed se mi faligas sur ĝin la radiaĵon de la hidrarga lampo, vi konstatas ekflamon. La samon vi konstatas, se mi faligas sur la lampon tra viola, respektive blua filtrilo nur la radiaĵon kun la frekvenco 7,41, respektive $6,88 \times 10^{14}$. Sed se mi faligas sur la efluan lampon tra verda, respektive flava filtrilo radiaĵon kun la frekvenco 5,49, respektive $5,19 \times 10^{14}$, vi konstatas, ke la lampo ne ekflamas. Nun ekstaras la demando:

Ĉu eble la distribuo de energio en la hidrarga lampo estas tia, ke la energio elsendata po sekundo, la *potenco*, estas en la viola kaj blua radiaĵoj pli granda ol en la verda kaj flava? Tiamaniere la viola kaj blua radiaĵoj povus elŝiri elektronojn el la metalo, alivorte: komuniki al la elektrono tiom da energio, ke ĝi povas forlasi la metalon luktante kontraŭ ĝiaj altiraj fortoj kaj poste flugi libere kun restanta kinetika energio transdonita per la radiaĵo.

Por solvi tiun demandon mi anstataŭigas la efluan lampon per tre sentema termometro, kies varmiĝo informas nin pri la potenco de la radiado sur ĝian areunuon. Kiel termometron mi uzas termoelektran baterion (en fig. 4 sur la optika stablo dekstre) konektitan kun galvanometro, kies devio indikas al mi la temperaturon kaj per tio la potencon po areunuo de la koncerna radiado. Per tia mezurado mi konstatas, ke la lumo-elektraj aktivaj, la viola kaj blua radiadoj, havas

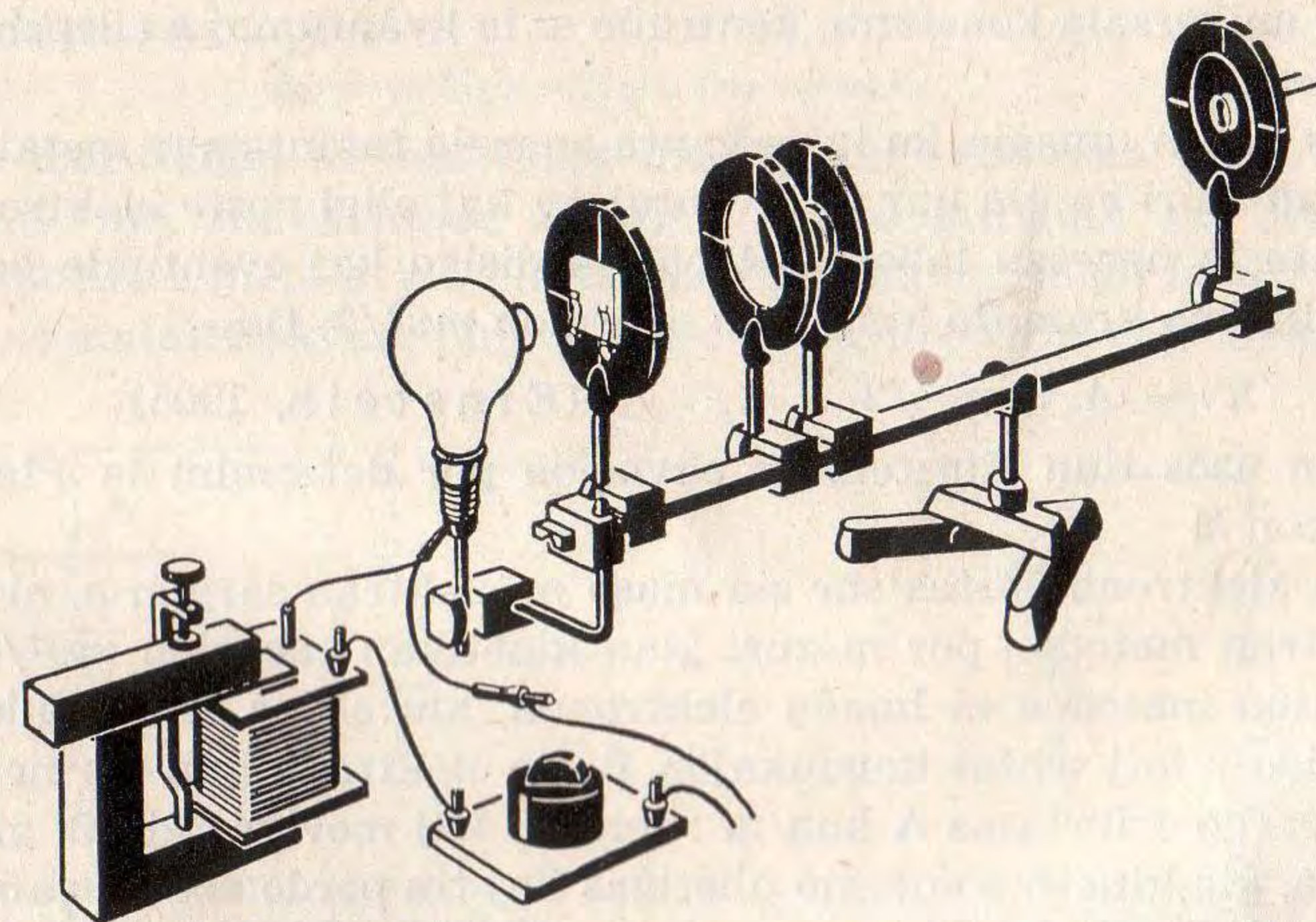


Fig. 4. La diversaj frekvencoj de la Hg-lampo estas esplorataj per termoelektra baterio (ĉe la dekstra ekstremaĵo) pri sia potenco.

malpli grandan potencon ol la neaktiva verda kaj flava. Ĉe tiuj ĉi radiadoj la energio estas proponata en grandaj kvantoj al la elektrono, sed ne akceptata de ĝi. Estas strange kaj paradokse, ke tiuj radioj, kiuj troviĝas en la radiaĵo de la hidrarga lampo kun pli da potenco, ne povas komuniki sufiĉan energion al la elektrono por forŝiri ĝin el la solida korpo, dum la radioj, kiuj troviĝas en la radiaĵo kun malpli da potenco kapablas tion, se ili havas sufiĉe grandan frekvencon. Do: *Sendepende de la intenso de la radiado necesas minimuma frekvenco de la lumo por estigi lumo-elektran fenomenon.*

Tiujn paradoksajn rezultojn klarigis Einstein en 1905 en paradoksa maniero. Jam kelkajn jarojn antaŭe la germana fizikisto Planck eksplikis alie ne klarigeblajn mezurrezultojn ĉe la elsendo de energio el radiantaj korpoj per la paradoksa hipotezo, ke energio estas elradiata en nedivideblaj eroj, kiuj estas proporciaj al la frekvenco de la radiado. Tiuj eroj do havas la grandon $h\nu$, kie h estas konstanto, la t.n. *Plancka konstanto*. Tian eron de energio oni nomas *kvantumo*. Ĝi estas kvazaŭ atomo de energio, sed por ĉiu frekvenco de la radianta energio, por ĉiu „koloro” de la lumo, ĝi havas alian grandon.

La Plancka konstanto h estas laŭ sia naturo produto el energio kaj tempo. Ĉar se oni multobligas ĝin per la frekvenco, nombro de osciloj dividita per la tempo dum kiu ili okazas, oni ricevas energion.

Por tia produto el energio kaj tempo, kiu ludas en la mekaniko kaj fiziko gravan rolon, mi ne trovis nomon en nia lingvo, kiu respondus al la franca *action*, la angla *action* la germana *Wirkung*. *Akciono* eble estas taŭga vorto⁸⁾ kaj h povas ankaŭ esti nomata *akciona kvantumo*. Ĝi estas universala konstanto kontraŭe al la kvantumoj $h\nu$ dependaj de la frekvenco.

Einstein imagis, ke la radianta energio falanta sur metalon povas ankaŭ eniri en ĝin nur en kvantoj $h\nu$ kaj eligi poste elektranon el ĝi farante la necesan laboron A por la disigo kaj eventuale donante al la elektrono krom tio kinetikan energion $mv^2/2$. Do

$$h\nu = A + mv^2/2 \dots\dots\dots (\text{Einstein, 1905}).$$

Ni nun uzos tiun Einstein-an ekvacion por determini la Planckan konstanton h .

Ĉar la elektrono portas sur sia maso m elektran ŝargon e , ni povas uzi elektran metodon por mezuri ĝian kinetikan energion $mv^2/2$. Por klarigi tiun metodon ni imagu elektranon, kiu eliras el kondukajo A kun rapido v kaj trafas kondukajojn B. Se elektrono kun sia negativa elektra ŝargo e forlasas A kun la rapido v kaj moviĝas ĝis B, ĝi estas bremsata, ĝia kinetika energio plietiĝas kaj tiu perdo estas egala al la produto eU sendepende de la vojo irata de la elektrono kaj povas esti esprimata per ampersekundoj \times voltoj, do per vatsekundoj. Se

$eU < mv^2/2$, la elektrono trafas sur B kun la resto de sia kinetika energio. Se ni pligrandigas la tension U , ni povas atingi tension U_0 , kiu ĝuste haltigas la elektranon ĉe B, tiel ke ĝi atingas B sen kinetika energio. Se $mv^2/2$ estis la kinetika energio kun kiu la elektrono forlasis A, valoras

$$mv^2/2 = eU_0.$$

Returniĝante al la Einsteina ekvacio ni eligu el la plato K (fig. 5) lumo-elektronon. En kelka distanco de K estas paralela plato A. Se K estas alradiata per lumgarbo L kaj konektita per drato kun A, fluas laŭ ĝi elektra kurento, la *lumo-elektra kurento*, mezurebla per sentema galvanometro G. Se mi enmetas en la draton tre malfortan tension U kun la negativa poluso al A, tiu kurento malpliĝas, ĉar ne plu ĉiuj eligitaj elektronoj povas atingi A. Se mi pligrandigas tiun kontraŭtension ĝis nuligo de la kurento, pruvo ke neniu elektrono plu atingas A, ni ricevas la *nuligan tension* U_0 , kiu, multobligita per e , estas laŭ supra ekvacio egala al la komenca kinetika energio de la elektrono $mv^2/2$. Por ĝi ni do povas substitui eU_0 en la Einsteinan ekvacion kaj ricevas

$$h\nu = A + eU_0.$$

En tiu ekvacio h kaj A estas nekonataj. Ni mezuros ĉe du unufrekvencaj radiadoj de konataj frekvencoj ν_1 kaj ν_2 la respektivajn nuligajn tensiojn U_1 kaj U_2 kaj ricevos du specialigojn de la supra ekvacio

$$\begin{aligned} h\nu_1 &= A + eU_1 \\ h\nu_2 &= A + eU_2. \end{aligned}$$

El tiuj du ekvacioj ni eliminis per subtraho la nekonatan A kaj ricevas dividante per $(\nu_1 - \nu_2)$

$$h = e(U_1 - U_2) / (\nu_1 - \nu_2).$$

Tiun mezuradon ni nun faros uzante lumo-elektran pilon en tute vakuigita ujo, kiu enhavas metalan platon kovritan per kalio, tre elektropozitiva metalo, kiu ellasas elektronojn multe pli facile ol zinko, tiel ke eĉ malaltfrekvenca lumo, ekz-e la flava, elŝiras el ĝi elektronojn.

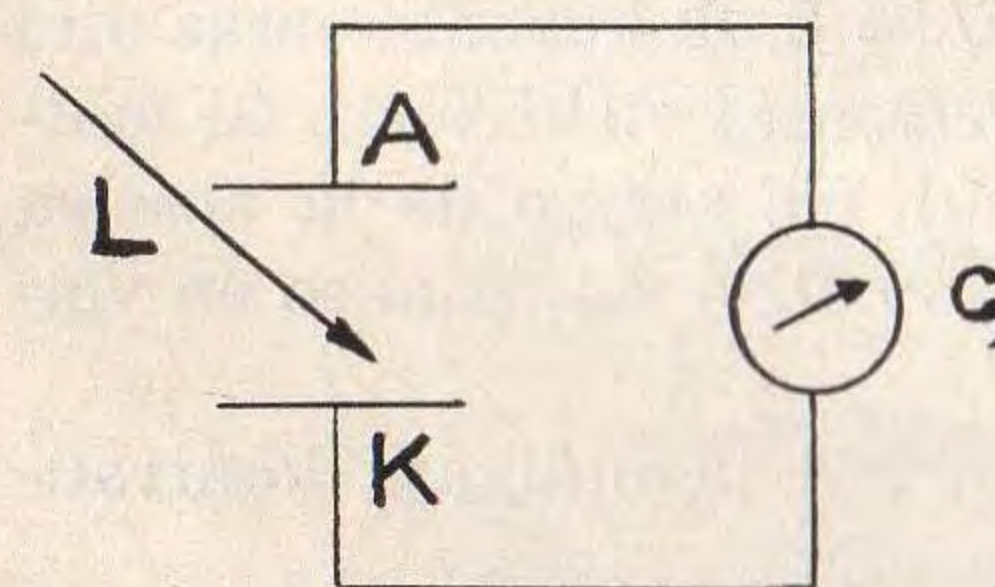


Fig. 5. La kurento kaŭzita de la lumo-elektra fenomeno estas mezurata.

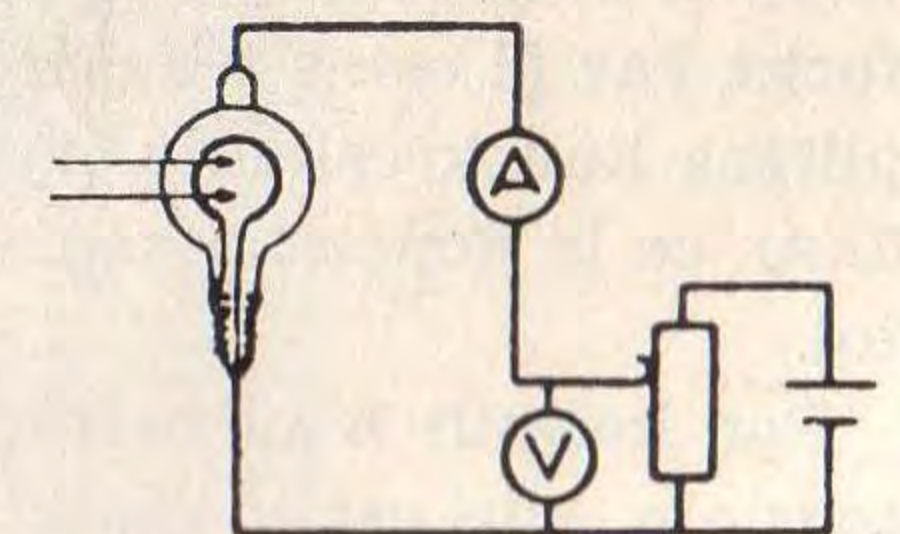


Fig. 6. Simpligita skemo de la aparataro por determini h , la Planckan konstanton.

Kontraŭ tiu plato troviĝas en la lumopilo ringo kun ebena paralela al la plato, tiel ke ni povas alradiadi la platon ordo kaj ne oblikve kiel en fig. 5. Sur tiun ringon trafas la elektronoj elŝiritaj el la plato.⁹⁾ Ekster la pila ni povas mezuri la lumo-elektran kurenton per tre sentokapabla galvanometro. Fig. 6 estas la simpligita konektoskemo de la lumopilo kun la galvanometro A kaj la varia kontraŭtensio. Varia parto de la tensio de akumulatoro estas konektita per tensividilo kun la elektrodoj de la lumopilo, kies plato estas senpere konektita kun A. La konektita kontraŭtensio estas mezurata per la voltmetro V. Se mi pliigas la kontraŭtension, la kurento malpliĝas kaj fine nuligigas, se la kontraŭtensio estas tiel granda, ke ĝi nuligas la rapidon de la elektronoj. Tiujn nuligajn tensiojn U_1 kaj U_2 ni poste uzos por kalkuli h .

Fig. 7 montras la aparataron perspektive. Oni vidas du optikajn stablojn. Sur la dekstra estas fiksita ĉe la ekstremaĵo la lumopilo protektita per metala ujo kun fenestro kontraŭ fremda lumo. Sur la maldekstra optika stablo troviĝas ĉe la ekstremaĵo la hidrarga lampo, kies lumo venas tra optika sistemo, en kiu troviĝas prismaro kun rekta vidado, ĝis la plato en la pila. Diafragmo estas tiel lokita sur la lenson ke ĝi tralastas nur unufrekvencan radiaĵon barante la vojon al alifrekvencaj. En la mezo de la bildo estas la tensividilo kun voltmetro kaj akumulatoro. Dekstre estas la amplifilo por la malforta kurento kaŭzita de la lumo-elektra fenomeno. Ĉe mia nuna prelego estas uzata la ĵus inventita amplifilo por mezuroj de *I n d e r t a l* kaj *G e s t r i c h*¹⁰⁾, kies fabrikadon la firmao *L e y b o l d* nun komencas. Ĝi ebligas la mezuradon de kurentoj ĝis 10^{-12} amperoj per la komforta instrumento kun turnbobeno kaj montrilo, kian oni vidas en fig. 7. La amplifita kurento estas kondukata al la ĉi tie ne videbla galvanometro. La diagramo (fig. 8) prezentas la kurbojn ricevatajn per tiu aparataro por tri frekvencoj, kiuj respondas al la viola $7,41 \times 10^{14}$, blua $6,88 \times 10^{14}$ kaj verda $5,49 \times 10^{14}$ radiadoj. La ondlongojn notitajn en nm, nanometro, vidu en la diagramo sur p. 4. La ordinatoj donas la intenson i de la lumo-elektra kurento en laŭvolaj unuoj, la abscisoj la kontraŭtension U en voltoj. Sen kontraŭtensio, ĉe $U = 0$, la kurento estas plej forta, ĉar ĝi estas transportata de la ne bremsataj elektronoj. Ĝi malpliĝas kun kreskanta kontraŭtensio ĝis nul, ĝis atingo de la abscisa akso, ĉe la koncerna kontraŭtensio, kiu estas notita sur la akso en voltoj.

Por kalkuli h ni bezonas la frekvencojn kaj la nuligajn kontraŭtensiojn, kiuj estas jenaj:

Koloro	viola	blua	verda
Nuliga tensio en voltoj U_0	1,02	0,81	0,27
Frekvenco (po sekundo) ν	$7,41 \times 10^{14}$	$6,88 \times 10^{14}$	$5,49 \times 10^{14}$

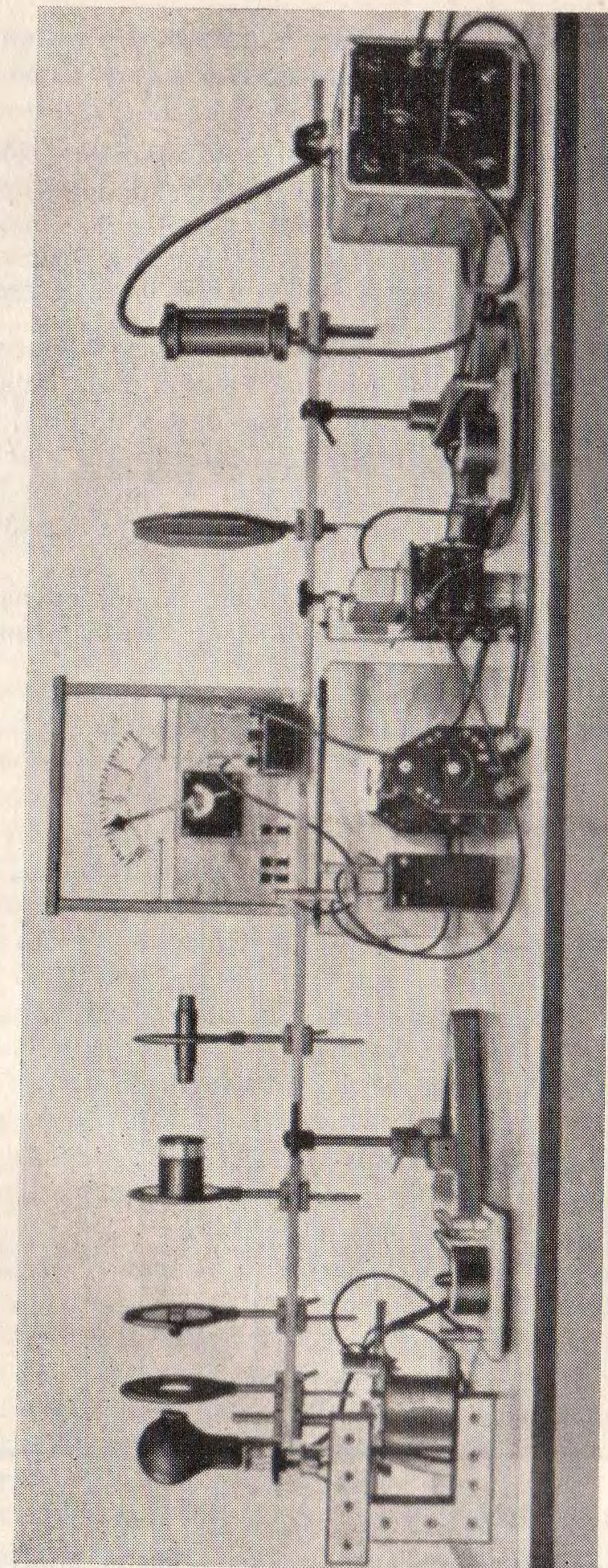


Fig. 7. La aparataro de *Leybold* por determini la Planckan konstanton h .

Uzante la formulon por la akciona kvantumo h donitan sur p. 59 kaj la valoron por e en ampersekundoj donitan sur p. 55 ni ricevas por h uzante la radiadojn

violan kaj verdan	$h = 6,25 \times 10^{-34}$	vatsekundo \times sekundo
bluan kaj verdan	$h = 6,22 \times 10^{-34}$	vatsekundo \times sekundo
bluan kaj violan	$h = 6,33 \times 10^{-34}$	vatsekundo \times sekundo
Mezvaloro	$h = 6,27 \times 10^{-34}$	vatsekundo \times sekundo

La ekvacio de Einstein postulas pro la lineara dependeco inter v kaj la kinetika energio de la elektrono respektive la nuliganta kontraŭtensio la egalecon de tiuj ĉi tri valoroj de h kalkulitaj el diversaj paroj de frekvencoj. La ekartoj el la mezvaloroj estas klarigeblaj per la malfacilaĵoj de la mezuradoj, same kiel la ekartoj el la Plancka konstanto $6,62 \times 10^{-34}$ determinita per mezuradoj ĉe la radiado de ar-dantaj korpoj.

Niaj mezuradoj pri la lumo-elektra fenomeno do pravas, ke la radianta energio estas akceptata de la materio nur en kvantumoj proporciaj al la frekvenco.

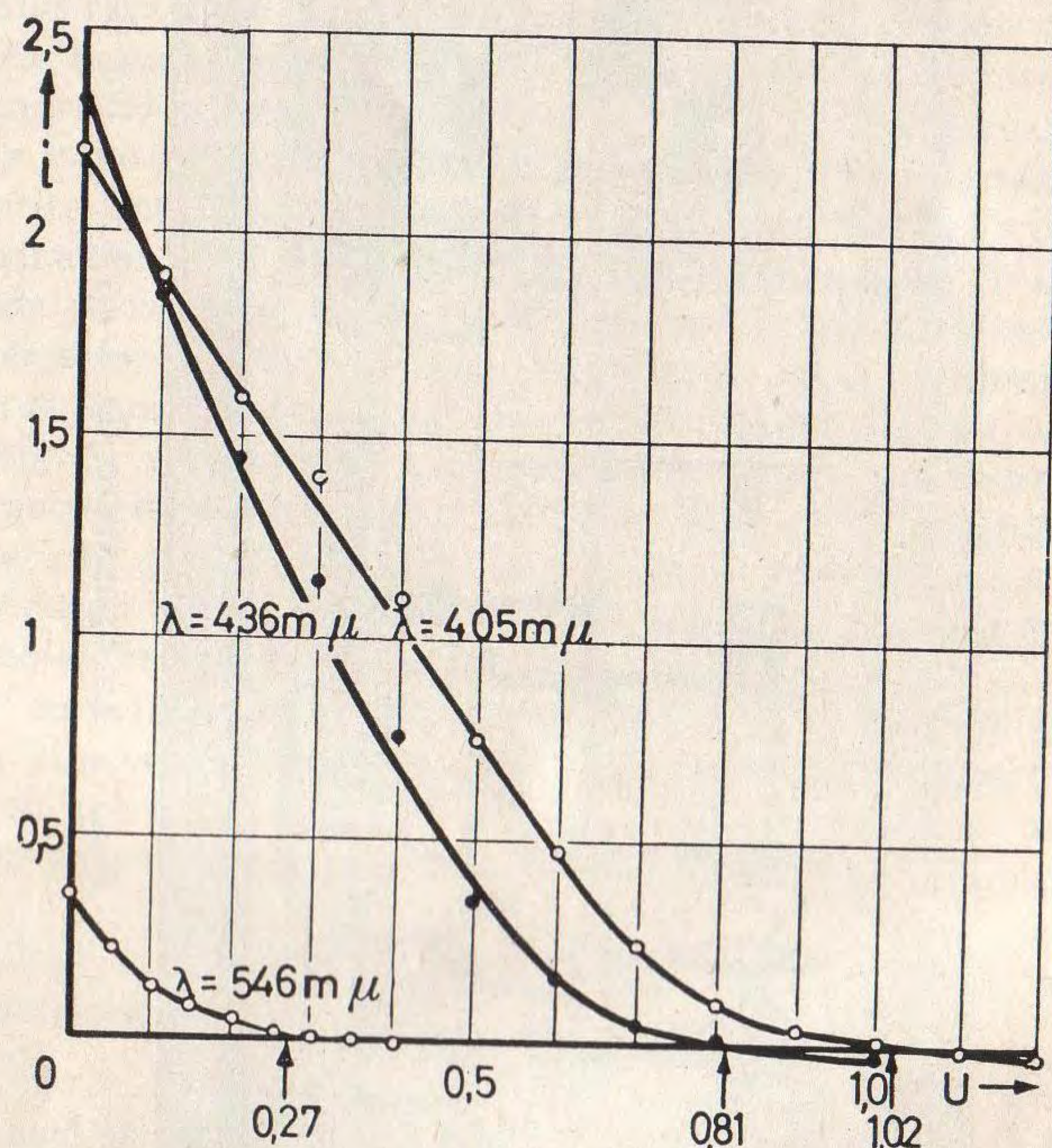


Fig. 8. La lum-elektra kurento i dependas de la kontraŭtensio U .

Ni do vidis, kiel interpretis Einstein la lum-elektran fenomenon per la kvantuma teorio de Planck. Nun ekstaras la demando pri la inversa procezo, la transporto de kinetika energio de elektrono al atomo kaj ĝia posta transformiĝo en radiantan energion. Ĉu elektrono devas havi minimuman kinetikan energion, por ke ĝi povu transdoni ĝin al atomo?

Tia transformiĝo povas okazi, se elektrono kunpuŝiĝas kun atomo. Ĉe kunpuŝiĝo de du korpoj la sumo de iliaj kinetikaj energioj ne estas ŝanĝata per la puŝo, se la puŝo estas elasta. Se ĝi estas ne elasta, parto de la kinetikaj energioj transformiĝas dum la puŝo en alian energispecon.

Tian eksperimenton pri elektrono kaj hidrargatomo (Hg) faris en 1914 la du germanaj fizikistoj Frank kaj Hertz¹¹). Ili uzis ĉe tio vaporon de hidrargo. Ĝiaj molekuloj konsistas el unuopaj atomoj, kiel oni scias el kemiaj esploroj. La Hg-atomo havas mason ĉ. ducentoble tiel grandan kiel tiu de hidrogenatomo, kiu siavice estas ĉ. dumiloble tiel granda kiel tiu de elektrono. Do la maso de Hg-atomo estas preskaŭ duonmilionoblo de la maso de elektrono. Pro tio kunpuŝiĝo inter nana elektrono kaj giganta Hg-atomo praktike influas nur la direkton, sed ne la grandecon de la rapido de la elektrono. Nun ni donos al elektrono kinetikan energion per elektraj fortoj, kiun ni mezuros jene: Ni imagu denove du kondukajojn A kaj B, inter kiuj estu elektra tensio U . Sed nun A estu negativa rilate al B. El A denove eliru elektrono kaj moviĝu ĝis B. Ĉe tio ĝi estas akcelata; ĝia kinetika energio kreskas je eU , la laboro de la elektraj fortoj, kiu transformiĝas en kinetikan energion. Do eU estas la kresko de la kinetika energio de la elektrono dum ĝia moviĝo de A ĝis B sendepende de la vojo irata de la elektrono. Se elektrono eliras el A nur kun sensignifa kinetika energio, ĝi havas ĉe B la kinetikan energion eU . La samo valoras, se ni forigas la kondukajojn B, kondiĉe ke la elektra tensio inter A kaj la punkto kie antaŭe estis B, restas U . Tiu kresko de la kinetika energio je eU estas sendependa de la vojo, laŭ kiu la elektrono venas de A ĝis B.

Fig. 9 montras plisimpligitan skemon de la eksperimento de Frank kaj Hertz. Inter la metalaj platoj K kaj A troviĝas drat-krado N, kiu havas pozitivan tension U kompare kun K. Ĝi estas variigebla per tensividivido de 0 ĝis 25 voltoj. A havas rilate al N negativan tension U_1 , kiu restu ĉe nia eksperimento konstanta. En la tuta spaco estu vakuo. Se $U > U_1$ okazos jeno: Se elektrono eliras el K, ĝi estas akcelata per la elektra kampo inter K kaj N. Se ĝi eliris el K kun sensignifa rapido, ĝi atingas ĉe N kinetikan energion egalan al eU . Se nun elektrono flugas tra truo de la krado N en la spacon inter N kaj A, ĝi estas bremsata per la kontraŭtensio U_1 , ĝia kinetika energio do malpliĝas je eU_1 sed ne tute nuliĝos, ĉar $U_1 < U$. Tial ĝi atingos A kaj sufiĉe sen-

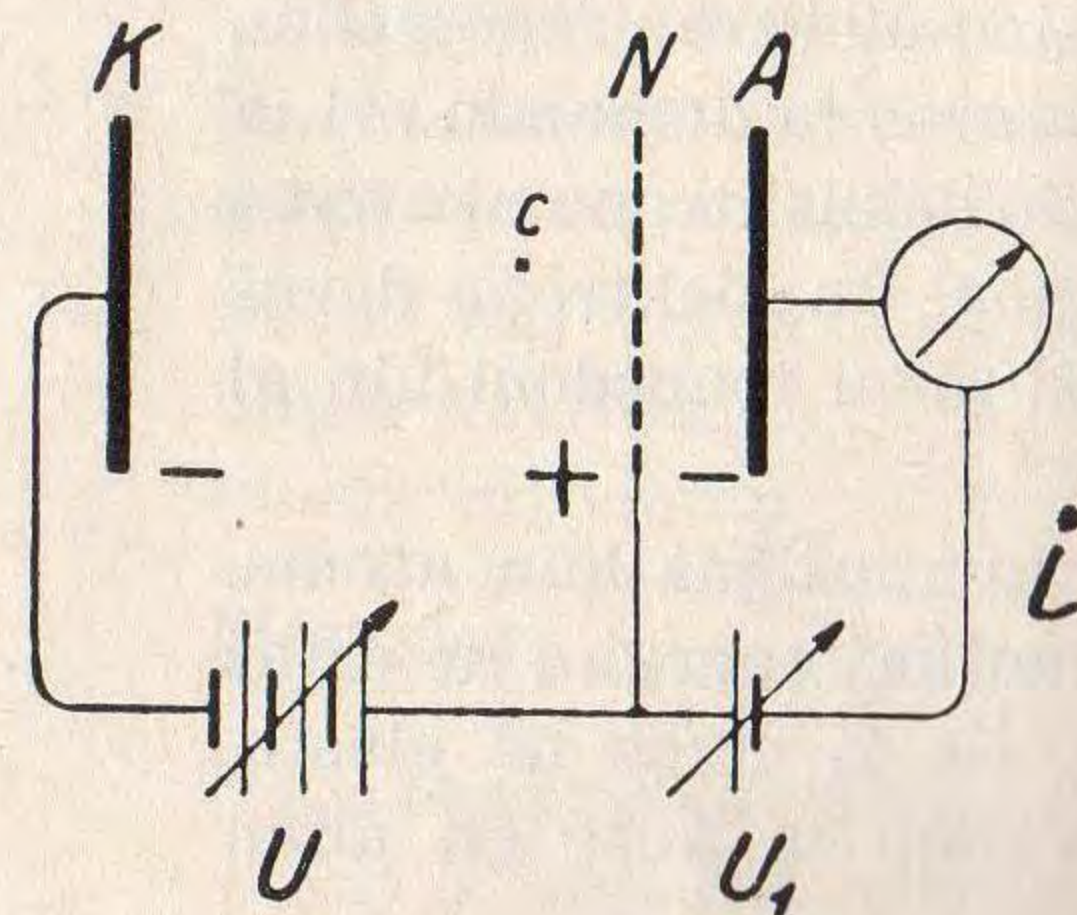


Fig. 9.
Simpligita skemo
por la eksperimento
de Franck-Hertz.

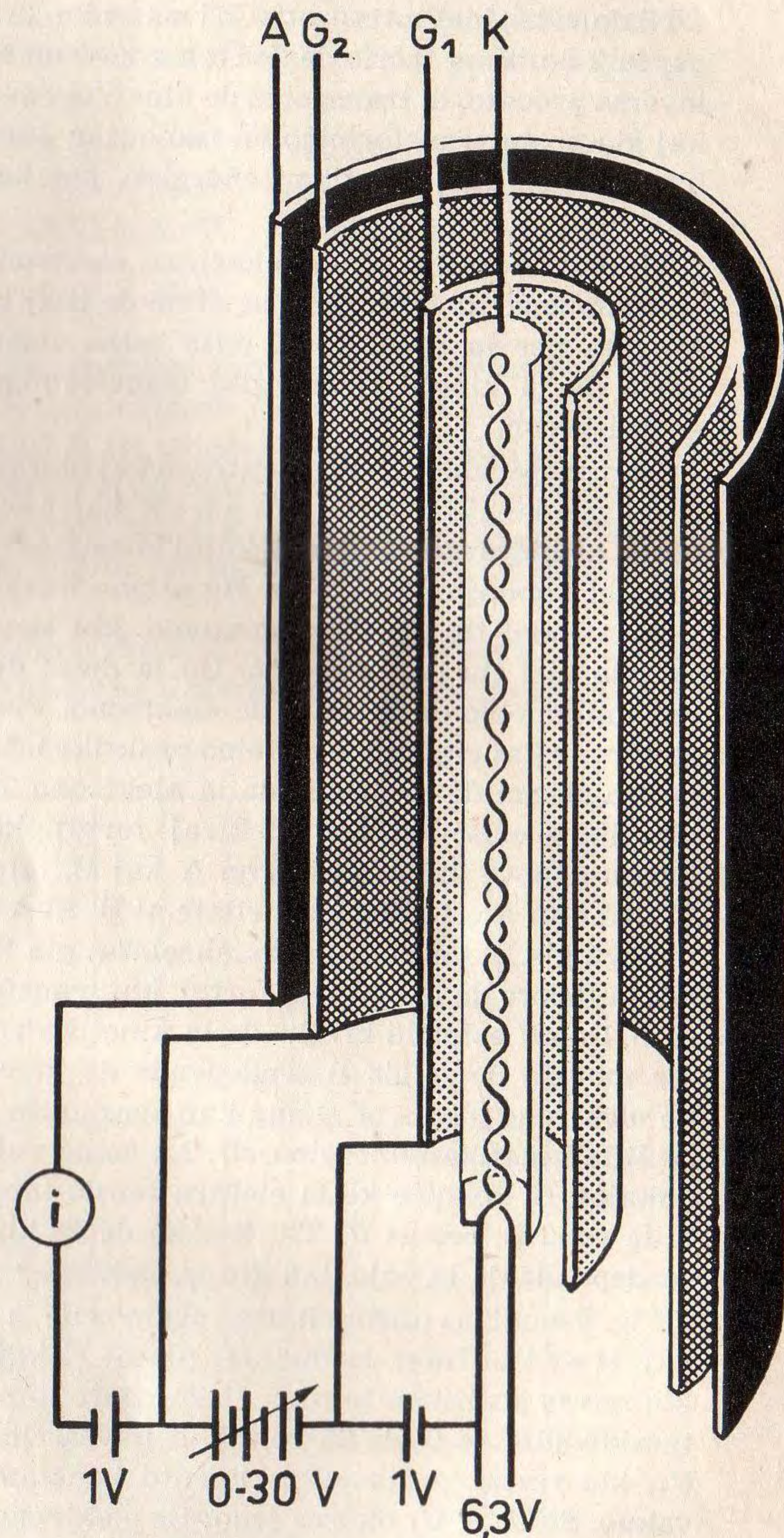


Fig. 10. Laŭaksa tranĉaĵo tra
la tubo de Franck-Hertz.

tokapabla galvanometro inter A kaj la baterio U_1 montros kurenton i , kiu kreskos, se ni pliiĝos U .

Ni imagis ĝis nun, ke en la tuta spaco estas vakuo. Nun ni plenigu la tutan spacon per Hg-vaporo. La elektronoj kolizios dum sia vojo inter K kaj N respektive inter N kaj A kun Hg-atomoj. Se la puŝoj estas elastaj, se la elektronoj ne transdonas energion al la Hg-atomoj, ili venos kun la sama kinetika energio al la krado N kaj poste al la plato A kiel ĉe la eksperimento en la vakuo, kvankam ili ŝanĝos ofte sian direkton pro kunpuŝiĝo kun la Hg-atomoj. Do la kurento i kreskos kun U . Tion ni efektive konstato ĉe nia eksperimento, se la tensio U_1 estas sufiĉe malgranda. Do la kinetika energio de la elektronoj restas eĉ ĉe la krado N sub certa limo, kaj ĉe tiu kinetika energio la puŝoj inter elektronoj kaj Hg-atomoj estas elastaj. Sed se ni pligrandigos U trans tiun limon, iliaj puŝoj ne plu estos elastaj, ili transdonos energion al Hg-atomoj kaj perdos tiom de sia kinetika energio, ke ili ne plu povos venki la kontraŭtension U_1 , do ne plu atingos A kaj ni konstato per la galvanometro la paradoksaĵon, ke pro la kresko de la akcelanta tensio U la kurento i rapide malkreskas post atingo de maksimumo. Se ni denove pligrandigos U , jam elektronoj en pli granda distanco de N, eble ĉe la punkto c, atingos kinetikan energion sufiĉan por elasta puŝo, la nombro de la elektronoj ne plu kapablaj atingi A kreskos, kaj la kurento i denove malkreskos. Ĉe plua pligrandigo de U la tavolo, kie la elektronoj tute perdas sian kinetikan energion moviĝos ankoraŭ pli maldekstren. La haltigitaj elektronoj, denove moviĝante dekstren, ree ricevos kinetikan energion, kiu estos des pli granda, ju pli malproksime de N estas la tavolo, kie ili estis haltigitaj. Fine oni atingos per kreskigo de U , ke la elektronoj perdas sian rapidon en tia distanco de N, ke ili povos ricevi denove kinetikan energion sufiĉan por trapasi la kontraŭtension U_1 kaj atingi A. Oni do konstato, ke la kurento i post atingo de minimumo denove kreskos. Sed se U kreskas tiom, ke la elektronoj atingas duan fojon kinetikan energion sufiĉan por neelasta kunpuŝiĝo, la kurento denove rapide malkreskas post atingo de dua maksimumo. Oni antaŭvidas, ke tiu ludo povos ripetiĝi plurfoje.

Nun ni forlasu tiun simpligitan skemon kaj rigardu skizon de aparato (fig. 10) kiun evoluigis la firmao Leybold, kiel porprelegan aparaton. Anstataŭ la ebenaj platoj kaj kradoj de la primitiva skemo estas uzitaj cilindraj facoj videblaj en la bildo, kiu prezentas perspektive duonon de la aparato tranĉita laŭ la akso. En la akso troviĝas hejtspiralo, kiu, inkandeskigite per 6,3 volta tensio, hejtas la cilindron K. Ĝi konsistas el keramikaĵo saturita per alkalioksidoj kaj estas en konekto kun la negativa poluso de unuvolta tensio kiel montras la konektoŝkemo aldonita al la perspektiva bildo. En mia Kopenhaga prelego³⁾ mi menciis la kapablon de inkandeskaj korpoj eligi elektro-

nojn, kiu estas utiligata ĉe la elektronaj mikroskopoj. El la cilindro do eliĝas elektronoj. Ĝi estas ĉirkaŭita en distanco de kelkaj dekonoj de milimetro de la krado G_1 , kiu havas pozitivan tension de unu volto rilate al K. Ĝi reguligas la fluon de elektronoj, kiuj eliras tra la krado en la spacon inter G_1 kaj la cilindra krado G_2 . Tiu krado havas tension pozitivan rilate al G_1 . Tiel la elektronoj estas akcelataj en la spaco inter G_1 kaj G_2 . La tensio inter ili estas variigebla inter 0 kaj 25 voltoj. Se la puŝoj estas elastaj, la elektronoj flugas tra la krado G_2 kun tia energio, ke ili povas venki la kontraŭtension inter G_2 kaj la metala cilindra mantelo A. Konstanta unuvolta tensio estas konektita kun la negativa poluso al A, kun la pozitiva al G_2 . La fluo de elektronoj en la cirkvito (A- G_2 -unuvolta tensio-galvanometro-A) estas mezurata en sia dependeco de la varia tensio U . Fig. 11 montras malsupre la tutan aparaton en vitra ujo, nomita tubo de Franck-Hertz, kiu enhavas iom da hidrargo. Ĉe la temperaturo de la ĉambro la vaportensio de Hg estas tre eta. Tial la koncentriteco de Hg-vaporo estas tro eta por rimarkeble influi la elektronojn. Sed se mi varmigas la aparaton ĝis 200°C , la tensio de Hg kreskas ĝis 20 milibaroj kaj la koncentriteco de Hg-vaporo sufiĉas por montri la priskribitajn fenomenojn. Tial jam antaŭ la komenco de la prelego mi hejtis la aparaton je tiu temperaturo en la elektra forno videbla en fig. 11 supre.

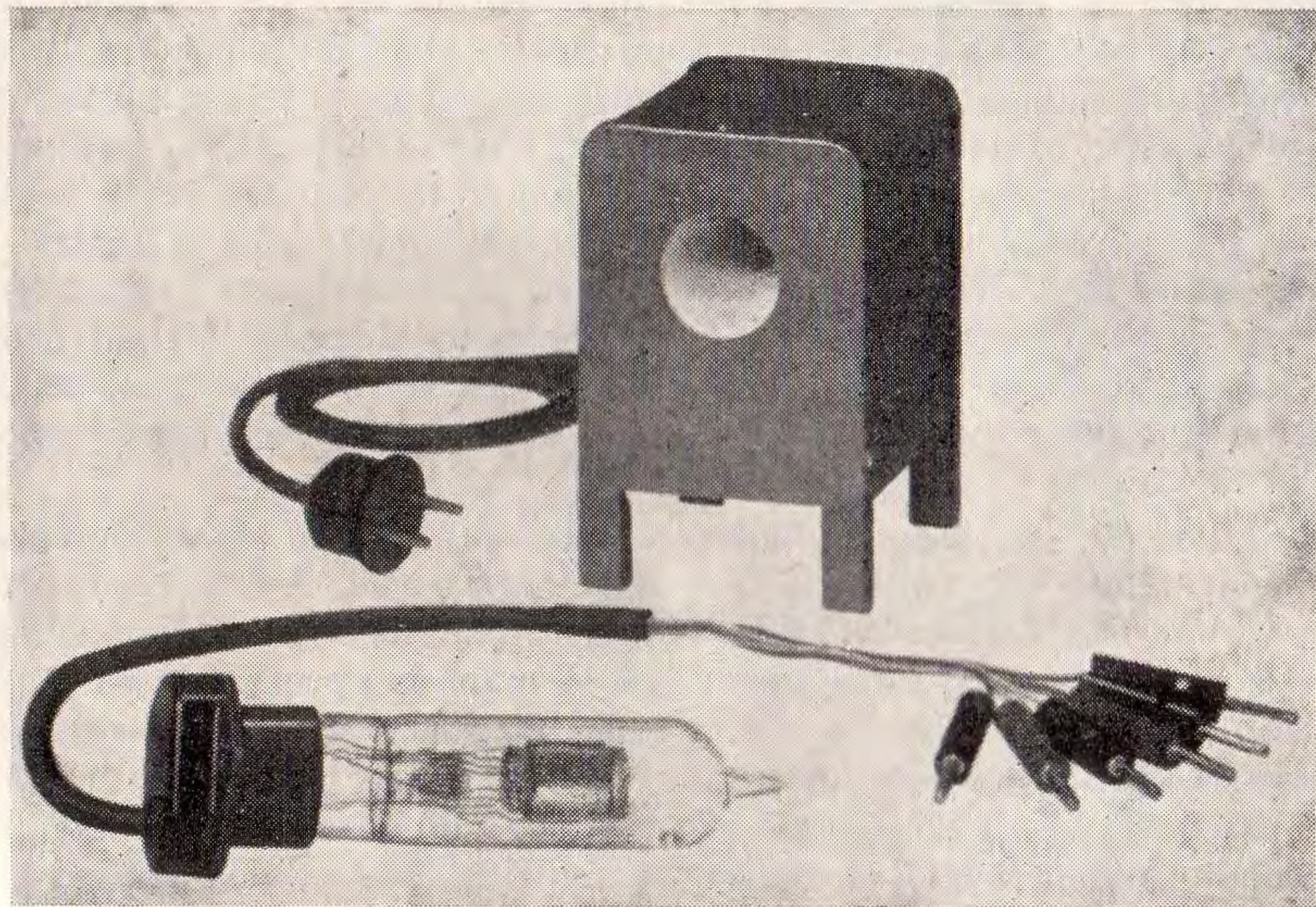


Fig. 11. La tubo de Franck-Hertz kaj la elektra forno por ĝia hejtado.

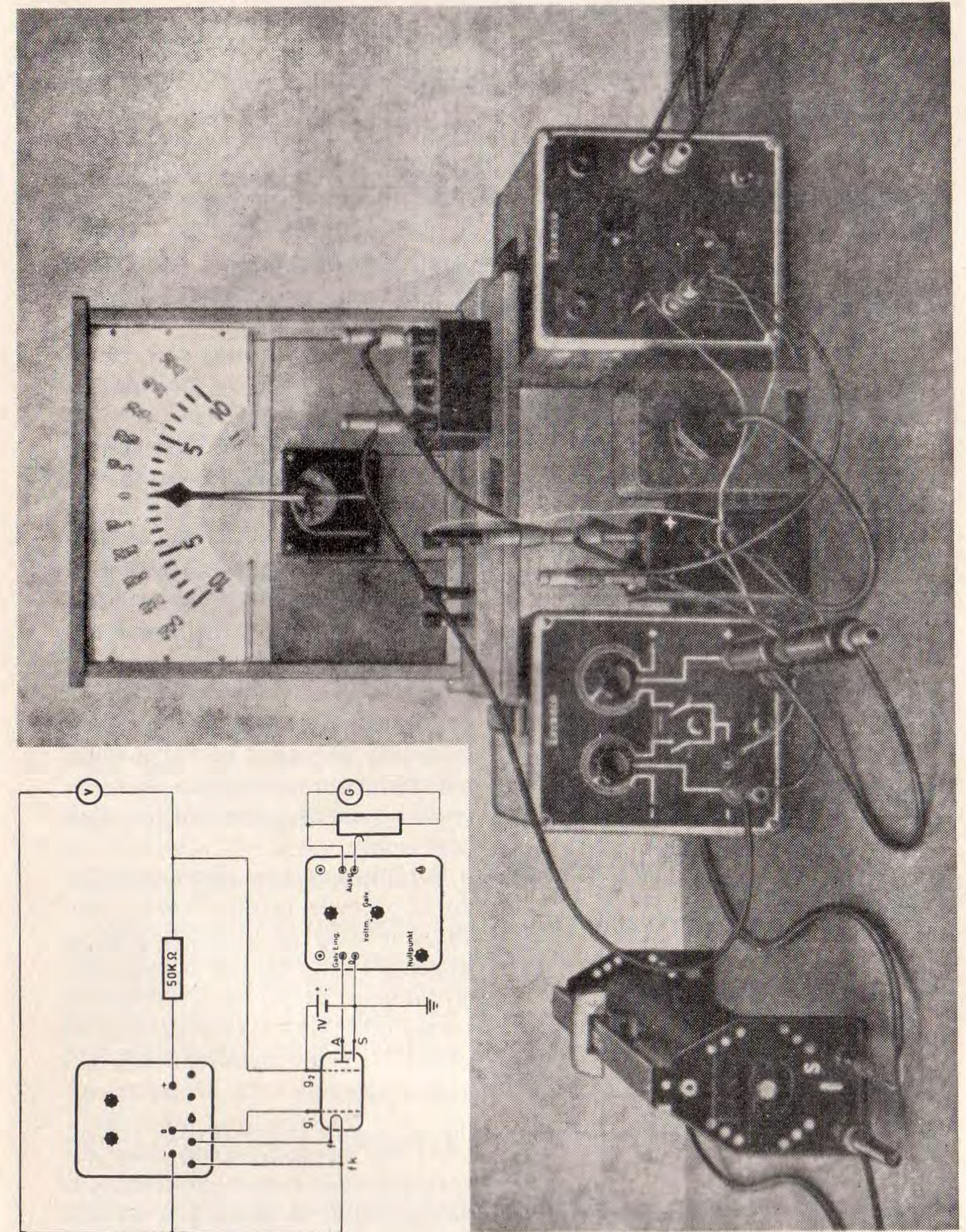


Fig. 12. La aparataro de Leybold por la eksperimento de Franck-Hertz.

Fig. 12 montras la aparataron pretan por la eksperimento de Franck kaj Hertz. Sur la tablo staras meze de aliaj aparatoj ne bone videble la elektra forno, kiu enhavas la plej gravan el la aparatoj, la tubon de Franck-Hertz. Maldekstre de ĝi staras akumulatoro por la kontraŭtensio inter G_2 kaj A (fig. 11). Pli maldekstre la tensivididilo por la variigebla tensio de 0 ĝis 25 voltoj inter G_1 kaj G_2 , kiu estas mezurata per la voltmetro, instrumento kun turnbobeno kaj montrilo. Ĝi staras sur la tensivididilo kaj amplifilo por la malforta kurento inter G_2 kaj A. Ĝi estas ĉe mia nuna prelego la jam sur p. 60 menciita amplifilo de Indertal kaj Gestrich⁹⁾. La instrumento konektita kun la amplifilo ne estas videbla en la fig. 12.

Per tiu aparataro ni konstatas, ke ĉe tensio U pli granda ol 7 voltoj la elektra kurento, do la elektrona fluo inter G_2 kaj A malkreskas efektive ĉe kreskanta tensio, pruvo, ke la elektronoj ricevis inter la du kradoj G_1 kaj G_2 per tensio de 7 voltoj jam tian kinetikan energion, ke ili povas transdoni ĝin al la Hg-atomoj. Plie ni konstatas, ke post atingo de minimumo la kurento denove kreskas, pruvo, ke la zono, kie la elektronoj perdas sian kinetikan energion, jam tiom foriĝis de G_2 , ke ili povas ĉe atingo de G_2 jam venki la kontraŭtension kaj atingi A. Sed ĉe proksimume 12 voltoj tiu kresko de kurento kun kreskanta akcela tensio U ĉesas, la kurento post atingo de tiu dua maksimumo denove malkreskas, la elektronoj do perdis en la proksimaĵo de G_2 sian energion je la dua fojo. Ĉe akcela tensio de 17 voltoj ni vidas trian maksimumon, pruvo, ke la elektronoj perdas trian fojon sian energion.

Per pli perfekta eksperimentado ni ricevus la diagramon (fig. 13), kiu montras, kiel dependas la kurento i inter G_2 kaj A mezurita en laŭvolaj unuoj de la akcelanta tensio inter G_1 kaj G_2 mezurita en voltoj. Ni vidas maksimumojn de i ĉe proksimume 7, 12, 17 kaj 22 voltoj. Tiuj maksimumoj estas falsigitaj per kontaktensioj inter diversaj metaloj de la aparato. La diferencoj de la tensio por du sinsekvaj maksimumoj estas proksimume 5 voltoj. Se mankus la falsiga tensio, ĉiuj maksimumoj estus ŝovitaj je 2 voltoj maldek-

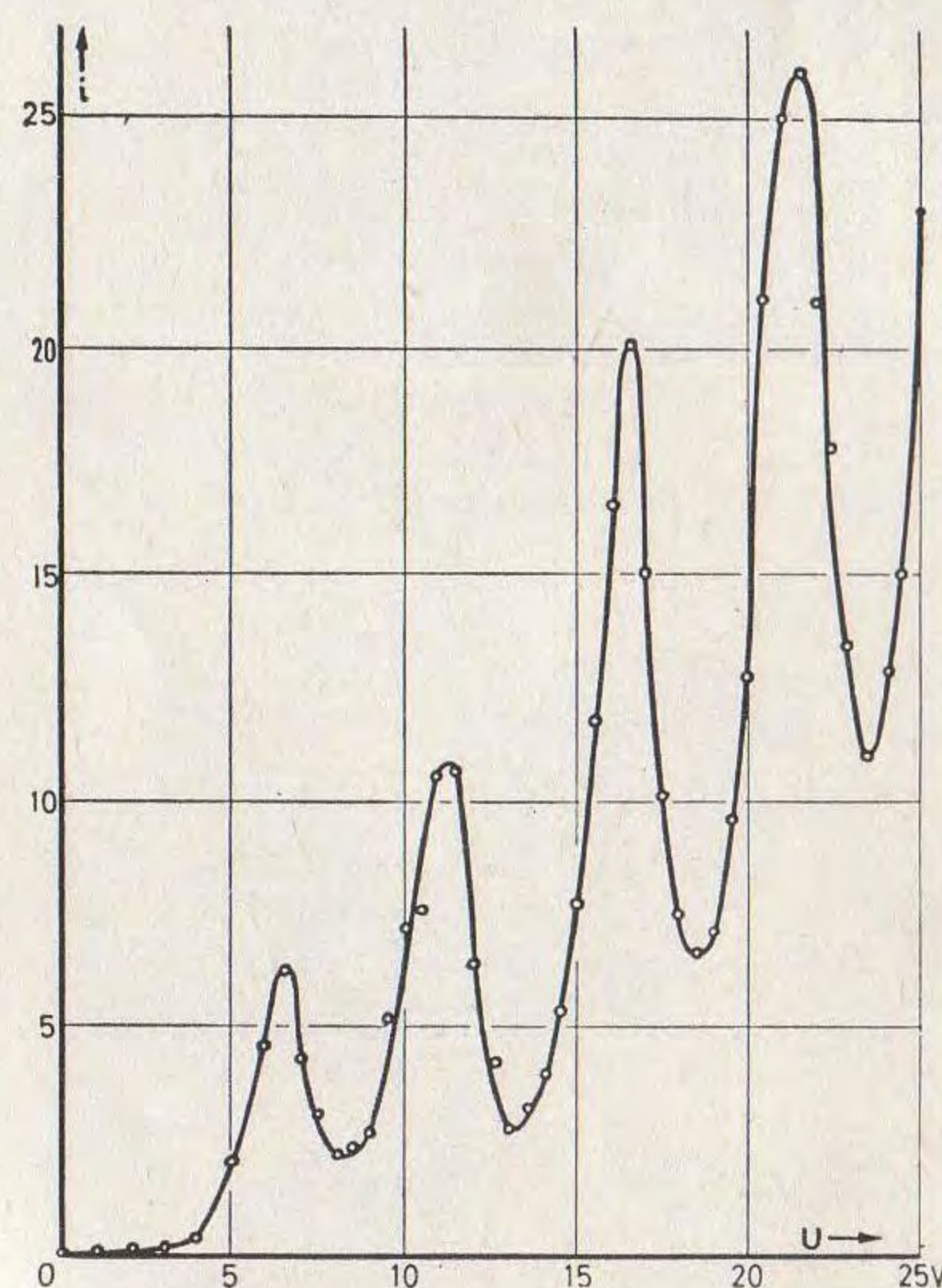


Fig. 13. Dependeco de la elektrona fluo i de la akcelanta elektra tensio U ĉe la eksperimento de Franck-Hertz.

stren, tiel ke la unua estus ĉe 5 voltoj, la sekvantaj ĉe 10, 15, kaj 20 voltoj. Laŭ tio la elektrono kun sia elektra ŝargo $e = 1,6 \times 10^{-19}$ ampersekundoj akiras, trapasante punktojn inter kiuj estas tensio de 5 voltoj, sufiĉan kinetikan energion por transdoni ĝin al Hg-atoma. Ĉe la plej precizaj mezuradoj oni trovis inter sinsekvaj maksimumoj interspacon de 4,9 voltoj.

Nun ekstaras la demando: Kio fariĝas el tiu energio de $1,6 \times 4,9 \times 10^{-19}$ vatesekundoj transdonita al la Hg-atomo? Tiun demandon Franck kaj Hertz povis ankaŭ solvi uzante la tiam estiĝantan ideon, laŭ kiu atomo konsistas el pozitiva nukleo ĉirkaŭita de elektronoj. La energio akceptita de la Hg-atomo estas uzata por distancigi la elektronojn for de la nukleo. Se la elektrono poste reokupas sian antaŭan pozicion, ĝi elsendas energion en formo de kvantumo da radiaĵo $h\nu = hc/\lambda$. (Pri λ vidu paĝon 56). El tio oni kalkulas la ondlongon λ de la elsendita radiaĵo. Ĝi estas 252 nm. Tiaj ondoj estas ultraviolaj. Radiaĵo kun tiel eta ondlongo facile absorbiĝas en vitro. Oni devas uzi kvarcajn aparatojn por ĝia esploro. Tiel Franck kaj Hertz trovis ĉe Hg-vaporo influata de elektronoj sub elektra tensio de 4,9 voltoj en kvarcspektrografo la jam antaŭe konitan resonanclinion de Hg, kies ondlongo estas 254 nm.

Tiel oni vidas, ke kinetika energio transformiĝas kvantumon poe en radiadon same kiel radianta energio transformiĝas kvantumon poe en kinetikan energion ĉe la lumo-elektra fenomeno.

Revenante al la titola demando ni povas respondi: *Ekzistas atomoj de energio*. La transformiĝo de radianta energio en kinetikan kaj inverse okazas je nedividebla ero, kvantumo poe. Tamen la grandeco de tiuj eroj dependas de la frekvenco de la radianta energio kaj estas al ĝi proporcia. La proporcieca faktoro, la Plancka konstanto h , la akciana kvantumo, estas unu el la plej gravaj universalaj konstantoj.

Estas prenitaj la ilustraĵoj 1 el *Physikalische Handblätter* DK 535.215.1; a de la firmao Leybold; 2, 3, 9 el Pohl, *Optik und Atomphysik*, Springer-Verlag, 1954; la aliaj, escepte de 5, el Hecht, *Experimentelle Begründung der Quantenphysik. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*. Vol. IX p. 385.

Klarigo de kelkaj terminoj

amplifi pligrandigi la amplitudojn de mezurenda grandeco ĉerpante energion el ekstera fonto.

amplifilo moderna fizika aparato por amplifado.

akciono produkto el energio kaj tempo; F. *action*; A. *action*; G. *Wirkung*.
devio angulo formata per nadlo antaŭ kaj post la koncerna influado; F. *déviation*; A. *deflection*; G. *Ausschlag*.

efluvo A. *glow discharge*; F. *effluve*; G. *Glimmentladung*.

efluva lampo A. *glow (discharge) tube*; F. *lampe à effluve*; G. *Glimmlampe*.

flamiga tensio A. *ignition voltage*; F. *tension d'amorçage*; G. *Zündspannung*.

indukelektra generatoro produktas elektron per (elektrostatika) induko; F. *machine à influence*; A. *influence machine*; G. *Influenzmaschine*.

nuliga tensio elektra tensio kompensanta iun fizikan grandon.

optika stablo A. *optical bench*; F. *banc optique*; G. *Optische Bank*.

poe pofoje, po unuo; samsignifa kun la Fundamenta „po”; laŭ iama propono de d-ro Wüster.

prismaro kun rekta vidado A. *direct vision prism*; F. *prisme à vision directe*; G. *Geradsichtprisma*.

specialigo apliko de ĝenerala teoremo aŭ formulo al unuopaj kazoj.

spektrografo aparato por fotografi spektrojn.

Historiaĵo

Tempo	Persono
1887	Henriko Hertz observas la influon de lumoj je transsalto de sparkoj.
1888	Hallwachs malkovras la lumoelektran fenomenon.
1900	Planck klarigas la energidistribuon en la nigra radiaĵo per la hipotezo de la kvantumoj.
1905	Einstein aplikas tiun hipotezon al la lumoelektra fenomeno.
1914	Franck kaj Hertz pruvas la kvantumecan transdonon de la kinetika energio de elektronoj al Hg-atomoj kaj ĝian postan kvantumecan transformiĝon en radiadon.

1) *Scienca Revuo* 6 91. 2) S.R. 6 3. 3) S.R. 9 41. 4) *Elektitaj Prelegoj*, Muusses, Purmerend 1955. 5) S.R. 10 6) S.R. 8 122. 7) 1 nm (nanometro) = 1 m μ = 10⁻⁹ m. 8) Post mia prelego atentigis min la eminenta esperantologo kaj teknikisto Ing. A. Warner pri sia artikolo „Benennungen physikalischer Größen (Terminoj por fizikaj grandoj) dume aperinta en la novembra n-ro de „Muttersprache“ Lüneburg, vol. 68, 1958, en kiu li konstatas, ke kelkaj terminoj signifas fenomenon kaj fizikan grandon pri tiu fenomeno. Por eviti konfuzon li proponas por germanlingvaj terminoj de novaj grandoj la sufikson „-nis” resp. „-anz” laŭ jena modelo: „Wirkung” - „Wirknis”; „Polarisation” - „Polarisanz”. En Esperanto ekzistas la sama problemo, kiun solvus la internacia sufikso „-anc”. Do, anstataŭ preni la neologismon „akciono”, oni derivu el „ag” la terminon „aganco”.

Al mi ŝajnas necese esplori la tutan demandaron estigotan per enkonduko de la scienca sufikso „-anc” antaŭ ol konsili la akcepton de la vorto „aganco”.

9) La firmao Leybold evoluigis tiun lumopilon en kunlaboro kun la firmao Pressler al porprelega aparato, kiu ebligas la determinadon de la Plancka konstanto *h*. La aparato estas aĉetebla ĉe la firmao Leybold, Köln-Bayental, Germanujo, Okcidenta zono.

10) Pliaj informoj pri la aparato, kiu permesas precizan mezuron bezonante por la amplifado nur teknikan alternan tension, estas riceveblaj de la firmao Leybold. Al ĝi mi dankas la subtenon de mia prelego per ĉiuj necesaj aparatoj.

11) Franck kaj Hertz. *Berichte der Deutschen Physikalischen Gesellschaft* 16 457 (1914).

VORTOJ EL LA FUNDAMENTO DE ESPERANTO EKSTER LA ALFABETVICO DE LA UNIVERSALA VORTARO

Tasko decidi, ĉu ĉiuj vortoj de la *Fundamento de Esperanto*, aŭ almenaŭ iliaj radikoj, estas fundamentaj, apartenas al la Akademio. Cetere la Akademio laste decidis pri tiu punkto per 7a Oficiala Aldono. Ni tamen povis konstati, ke restas diferencoj inter la stato de tiu Aldono kaj la listo de vortoj kiuj meritintus eniri en ĝin.

La „kulpulo” estas Wackrill, kiu en sia „Konkordanco al la Ekzercaro” sisteme forlasis el la alfabetvico diversajn radikojn entenatajn nur en kunmetaĵoj. Krome li ne atentis la ekzemplojn aldonitajn en la vortlistoj, kiuj sekvas tiujn ekzercojn. Tiuj listoj tamen estas interesaj, ĉar ili ne estas nuraj kopioj el la *Universala Vortaro*: ekzemple la radikoj tie ne kuŝas nudaj, sed surhavas karakterizan finaĵon.

En la ĉi-sekva listo, mi notis ĉiujn radikojn, kiujn mi trovis en la *Fundamento de Esperanto* (Oka Eldono, 1931), sed kiuj ne kuŝas alfabetvice en la *Universala Vortaro*. Mi esperas, sed ne pretendas, esti forgesinta nenion.

Ĉiun radikon mi 1^e) antaŭigas de indiko pri la eventuala *Oficiala Aldono* kie ili jam troviĝas (1: 1-a O.A.; 1*: same, sed kun indiko tie pri zamenhofeco: kelkaj ne estas indikitaj kiel zamenhofaj!! — 2a, 2b: 2-a O.A., 1-a kaj 2-a partoj — 7a, 7b, 7r: 7-a O.A., 1a kaj 2-a partoj, Rimarko 1-a).

2^e) sekvigas de indiko pri la trovloko en la *Fundamento de Esperanto*, laŭ jena listo:

A *Antaŭparolo*.

G *Gramatiko* (numero de la paragrafo: ekz. G2; eventuala indiko de la kvin partoj per: f, a, g, r, p, se la radiko ne aperas en ĉiuj kvin. Ekz. G13f: nur en la 13-a paragrafo de la franca parto.)

E *Ekzercaro* (plus numero de la ekzerco). E0 = titolo de la Ekzercaro (sub tiu nomo, mi komprenas la surskribon: *Ekzercaro de la lingvo internacia „Esperanto”*, (p. 31, 8-a Eld.) kaj ankaŭ la surskribon sur p. 29, kompletigitan jene: ... *kun tradukoj en franca, angla, germana, rusa, pola lingvoj*. Tamen, ĉar ŝajne tiu kompletigo ne estas en ĉiuj eldonoj, estas dube ĉu ĝi estas origina aŭ aldona. Tial por la vortoj koncernitaj ni notas E0, sed inter krampoj.)

L listo post la ekzerco (EL 25 = 25-aj ekzerco kaj listo.)

T titolo kaj enkonduko de la *Universala Vortaro*.

O radikoj el kunmetaĵoj alfabete ordigitaj en la U.V.

K radikoj el ekzemploj en la korpo de U.V.

(Post O kaj K sekvas la radiko, ĉe kiu oni serĉu en U.V.)