

Extractes i Traduccions

Fabricació de tubs Coolidge¹

En el número 12 de CIENCIA donàrem compte del nou tub de Coolidge. Com pot ésser d'interès als nostres lectors conèixer a grans trets la fabricació d'aquests interessants aparells de la física moderna, aprofitem l'avinentosa d'haver rebut un interessant estudi dels fabricants per traduir el què segueix.

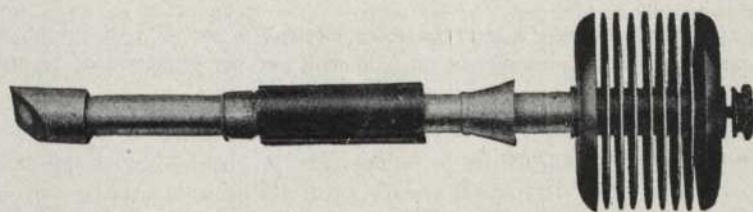
Alguns professionals que usen els tubs Coolidge es sorprendran de saber que les parts metàl·liques són les que donen més treball. Aquestes parts són veritables di-



Anode del tub COOLIDGE, model "Universal"
C=cap de tungstèn; D=tija de molibdèn; E=cilindre d'acer

pòsits de gas malgrat l'espai que ocupen els metalls i llurs aligacions, i per aquesta causa són interessants els processos de fabricació tan intrincats i costosos.

Hi han dues menes generals de tubs Coolidge: l'original, dit "Universal", i el "Radiador" que és una evolució del primer. Tant l'un com l'altre posseeixen dues



L'anode del tub COOLIDGE model "Radiador". Consisteix en un botó de tungstèn incrustat a un cap de coure purificat, el qual és soldat a una tija de coure que sobresurt de l'ampolla i acaba en un radiador del mateix metall

parts essencials nomenades càtode i anode o anticàtode. L'anode del tub Coolidge model "Universal" es compon d'un cap de tungstèn, una tija de molibdèn i un suport en forma d'escut o de casc cilíndric fet d'una aligació d'acer. Aquestes tres dis-

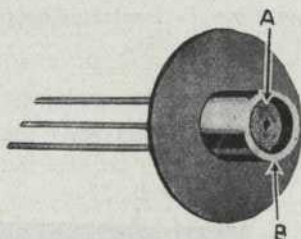
¹ Victorgrama, juny, 1927 (publicació de la "Victor X-Ray Corporation", Chicago).

tintes parts tenen tres diferents coeficients de dilatació i cal combinar-les entre elles per formar un sol cos de rigidesa completa, cosa verament difícil, però reeixida amb èxit.

En certa manera, els metalls tungstèn i molibdèn són metalls rars, almenys per a la majoria de persones. Per tant, serà interessant una descripció de l'extracció i reducció d'aquests metalls dels compostos químics.

Purificació de l'òxid de tungstèn

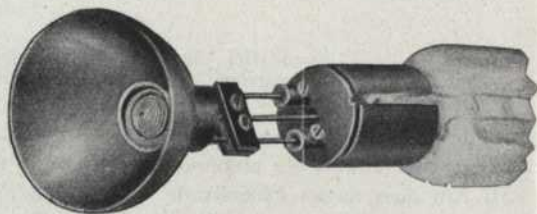
L'òxid de tungstèn, comercialment pur i en pols, es dissol en una solució concentrada d'amoníac que es filtra després. L'òxid de tungstèn pur es precipita d'aquesta solució, molt curosament, afegint-hi àcid clorhídric. El precipitat groc es filtra, es



Càtode dels Tubos Coolidge "Universal"

A, és una espiral de tungstèn aplanada o lleugerament cònica col·locada a l'interior d'un tub de metall limitador de focus B, connectat al circuit.

Càtode del model "Radiador". Difereix de l'anterior en què porta una campana de metall, la finalitat de la qual és enfocar els electrons sobre el botó de tungstèn de l'ànode



renta perfectament, es posa a secar en forns elèctrics a 300° C i, finalment, es passa per un tamís molt fi. Hom requereix un òxid molt pur per seqüència de les manipulacions posteriors.

Reducció de l'òxid de tungstèn

L'òxid de tungstèn purificat és reduït a metall tungstèn en pols per mitjà de l'hidrogen en una sèrie de forns reductors de forma especial. Aquests forns estan formats de tubs de porcellana escalfats elèctricament, en els quals hom col·loca una quantitat d'òxid. A través d'aquests tubs es fa passar el gas hidrogen, sec i químicament pur, a una certa velocitat. La temperatura dels forns s'augmenta gradualment i es manté a un màxim fins haver assolit la reducció completa. Després hom deixa refredar el metall, abans de treure'l del forn, en una atmosfera d'hidrogen. Cada operació completa requereix prop de vint-i-dues hores i una regulació molt precisa per tal d'obtenir el metall amb les característiques necessàries.

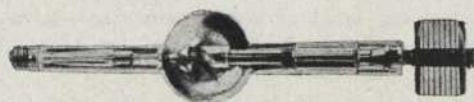
Amb la pols metàl·lica, hom emmotlla les tiges que després són treballades a mar-

tell, en calent, fins a formar el cap de l'anticàtode. Els fils de tungstèn requerits per al càtode incandescent, són obtinguts de manera semblant i es passen després per files apropiades fins obtenir el prim diàmetre dels fils d'encesa.

El metall molibdèn, trempat, té molta semblança amb el tungstèn i el procés de fabricació és el mateix. El molibdèn té l'avantatge que es deixa treballar en fred i és més resistent que el tungstèn trempat.

Els ànodes dels tubs model "Radiador" estan formats de tres parts principals: el botó de tungstèn o *punt d'impacte*, que és on xoquen els electrons sortits del càtode incandescent; el cap de coure fos on està incrustat el tungstèn i la tija de coure.

Els càtodes per a tots els tubs són essencialment iguals. Consisteixen en un filament de tungstèn suportat per parts de molibdèn. El càtode cal fer-lo amb extrema exactitud per seqüència de la grandària justa del focus que cal obtenir. El fila-



Tub de Coolidge, model "Radiador"

ment, després d'enrotllat en espiral plana, es col·loca en un forn d'hidrogen on es manté constant la temperatura. Si la temperatura és massa alta, el filament resulta trencadís. Quan el filament està preparat, cal soldar-lo a l'hemisferi enfocador, per mitjà d'una màquina especial, en una atmosfera d'hidrogen. D'altra manera el tungstèn s'oxidaria.

Un cop obtingudes les parts metàl·liques, hom procedeix al muntatge en el vidre. Tota la cristalleria és examinada a la recepció de tres diferents maneres: inspecció visual, amb llum especial, per tal de detectar les bombolles i esberlats; inspecció amb llum polaritzada per descobrir els llocs debilitats pel bufat del vidre i prova per l'estirament. Aquesta prova consisteix a escalfar una peça de vidre-tipus al mateix temps que el vidre a examinar, fins que s'estova i pot estirar-se. El corbament indicarà si el coeficient de dilatació és el mateix per als dos vidres; d'altra manera no podrien unir-se. Un cop acomplert el treball del vidre i formades les ampolles o tubs, cal sotmetre cada aparell al buidat previ per procedir a la rarefacció final.

La pressió del gas dins el tub Coolidge és aproximadament cinc centèsims de micró. Un micró és la mil·lèsima part d'un milímetre i 760 mil·límetres representen la pressió atmosfèrica normal; per tant, dintre el tub Coolidge hi ha $1/1,500,000$ de la pressió atmosfèrica al nivell del mar. Aquesta pressió tan baixa es considera com un buit absolut.

La rarefacció requereix de 4 a 5 hores i es realitza al mateix temps que es fa passar un corrent elèctric pel tub com si estigués ja en servei, amb la diferència que totes les parts components són escalfades amb sobrecàrrega per operaris experts. Aquest procediment desallotja del tub tot el gas que no havia estat extret pels tractaments anteriors. El gas és extret del tub per mitjà de la bomba de vapor de mercuri, desenrotllada pel Dr. LANGMUIR, i construïda per la "General Electric Company".

La fibra de caroà per a fer paper

La fibra continguda en moltes menes de paper—tals com el paper de llibres, de diaris i paper d'escriure—és obtinguda quasi exclusivament de la polpa de fusta. Per als papers fins, però, que requereixen una consistència especial—llibre major, accions i títols del deute i paper moneda—són usats correntment els draps nous; per a bosses fortes i paper d'embalatge, en els quals és més important la fortalesa que el color, són generalment utilitzats els draps vells, els caps de corda i l'estopa esflagarsada. Ara hi ha escassetat de draps i de cordes bons per fer paper i per aquesta causa mereix especial atenció el problema de trobar noves fibres que posseïxin les característiques essencials d'aquests materials. Recents comprovacions experimentals en l'U. S. Bureau of Standards han demostrat que la fibra de la planta *caroà* és un material excellent per fer paper i adequat per usar-lo amb els draps o en substitució d'aquests i de la corda.

El caroà és una planta de la família de l'ananà¹ i és aborígen de l'est del Brasil. La fulla de la planta és aproximadament de 1,22 m. de llarg i de 3,5 a 5 cm. d'ample i és lleugerament usada en la manufactura de teixits, particularment a les Illes Filipines. Els naturals del país colpejen la fulla entre dues pedres per separar la fibra, la qual, després del rentatge, és emprada allà mateix per fer a mà fils, xarxes i corda. El caroà, però, no és recomanable per a la manufactura comercial de cordatges, perquè les fibres, enc que fortes i resistents, són massa dures i no es poden netejar suficientment. La polpa residual que roman després del rentatge, fermenta ràpidament i es descomposa en presència de la humitat.

Actualment no hi ha cap indústria organitzada del caroà. La producció útil i l'estimació del cost són quelcom escassos; però indiquen que si hi hagués suficient demanda de fibra, podria procurar-se un subministre de considerable quantitat presa a un cost que permetés adoptar aquest material a la fabricació del paper.

En un assaig de fabricació de paper varen ésser emprades tres mostres de caroà a cada una de les quals s'aplicà distint tractament en la separació de les fibres abans de l'embarcament. Aquestes proves, que estan descrites en detall al butlletí núm. 340² de l'esmentada oficina americana de recerques, foren fetes als laboratoris sobre una base semi-comercial.

L'equipament de laboratori emprat en la preparació de la polpa i la seva subsegüent conversió en paper consistia en una petita caldera cilíndrica rotatòria; molí de 1/2 lliura; motllo de fulla; premsa de fulla i dessecador. El motllo de fulla i la premsa varen ésser projectats i construïts a l'Oficina per a fer petites fulles de fibra i donaren una producció satisfactòria per la qualitat uniforme obtinguda (pes, formació, etc.).

Les proves de comparació per treure'n interpretacions comercials varen fer-se en la fàbrica de paper experimental de l'Oficina. La fàbrica de paper està equipada per fer paper en escala semicomercial en condicions pràctiques.

El procediment seguit en la prova fou essencialment el mateix que l'observat generalment en la producció comercial de paper.

Varen fer-se un nombre de proves pel procés de la sosa càustica i un altre pel procediment de la calç. Els papers d'escriure i el no blanquejat foren produïts del mateix

¹ Dóna les "pinyes d'Amèrica".

² Bureau of Standards Tech. Paper, N.º 340.

paper en brut extret de la màquina. Els mesuraments del paper acabat es feren en mostres condicionades a una temperatura constant de 21° C i una humitat constant de 65 per cent.

Les dades de la prova ensenyen que la fibra del caroà és material molt satisfactori per fer paper tant per la qualitat de la polpa com pel rendiment obtingut.

El caroà dona excel·lents papers forts d'emalatge d'una resistència igual a l'obtinguda de polpes fortes pel procediment de la sosa càustica. Amb gran quantitat de sosa, la polpa de caroà és més forta que la de sulfit i es compara favorablement amb la polpa de draps.

El tractament de la planta en la separació de la fibra és un factor molt important per a la determinació de les característiques del paper obtenible. El rendiment del material fibrós separat per procediment mecànic és baix (40 a 45 per cent) i el blanqueig de la polpa no és pràctic; però el paper fet té una fortalesa extraordinària. El material obtingut per rentatge dona un bon rendiment de polpa (50 a 60 per cent), es blanqueja fàcilment i produeix un paper resistent.

L'estudi microscòpic de la composició estructural del caroà mostra la fibra en forma cilíndrica i relativament llarga i de petit diàmetre. Aquestes propietats tendeixen a produir en la fabricació de paper un bon feltre de fibra i a donar compacitat i resistència a les fulles resultants.

E. F.

Un nou rectificador sec¹

Ja Wiedemann, en el seu llibre "Die Lehre von der Elektrizität", de l'any 1893, remarcava, en donar la resistència elèctrica de diversos metalls i combinacions metàl·liques, que els metalls que contenen sofre presenten resistències elèctriques diferents segons sigui el sentit del corrent que els travessa. PAWLOWSKI, a Viena, trobà, l'any 1903, que el sulfur de coure col·locat entre una placa d'alumini i una altra d'una amalgama metàl·lica, deixava passar el corrent quan hom aplicava el pol positiu a l'amalgama, però l'aturava quan la polaritat era invertida. Aquèst fet conduí

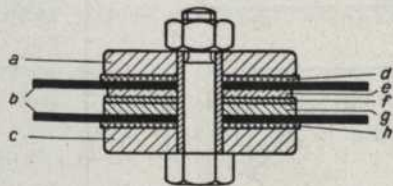


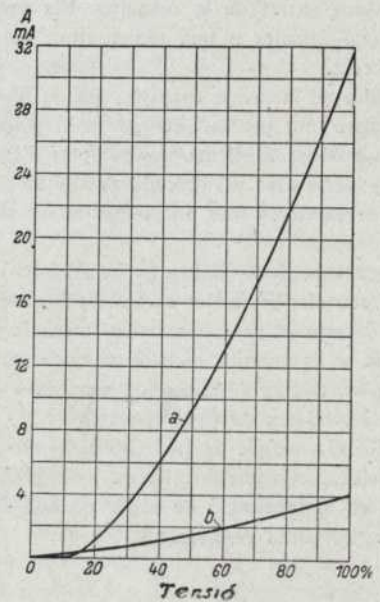
Fig. 1.--Esquema d'una unitat rectificadora coure-protòxid de coure
a, c, plaques de pressió;
b, plaques de refredament i de connexió; *d, h*, isolaments; *e*, contraelèctrodes; *f*, Cu₂O; *g*, Cu.

a PAWLOWSKI a la idea de la construcció d'un rectificador, fonamentat en aquella particularitat.

Des d'aleshores han estat proposades i patentades diverses combinacions de plom, ferro, llautó, plata, bronze, etc., amb òxids o sulfurs. Darrerament L. O. GRONDAHL, a Amèrica, trobà una combinació metàl·lica que presenta gran estabilitat de funcionament i poca pèrdua. Aquesta combinació consisteix en una placa de coure pur re-

¹ Siemens-Zeitchrift, maig, 1928.

Fig. 2.—Característica corrent-tensió
a, corrent en sentit positiu en A.;
b, corrent en sentit negatiu en mA.



coberta d'una fina capa de protòxid de coure aplicat en calent. Han estat fetes diverses hipòtesis per explicar l'acció de vàlvula que presenta aquesta combinació.

L'efecte és semblant al que mostren els cristalls amb llurs reixes tridimensionals de la major finesa. El fenomen pot ésser comparat, segons GÜNTER-SCHULZE, a la diferent manera de conduir-se el treball dels electrons en els dos sentits o als efectes termo-elèctrics. El desigual comportament, però, dels diferents cristalls relativa-

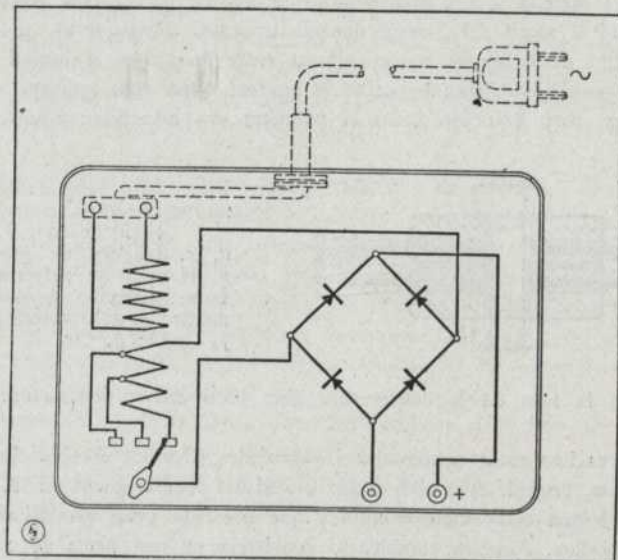


Fig. 3.—Connexions del rectificador sec "Protos"

ment a llur efecte de vàlvula, deixa presumir que hi actua menys la causa d'un fenomen termo-elèctric. Les noves recerques de GRONDAHL han demostrat que en les combinacions metàl·liques coure-protòxid és més fàcil el pas d'electrons del coure al protòxid que d'aquest al coure. A la fig. 1 veiem un element rectificador basat en aquest efecte.

Les proporcions d'aquest element són tals, que en la pràctica habitual és aturada totalment amb seguretat la tensió de 2 volts en un sentit, i en l'altre, pot ésser en-

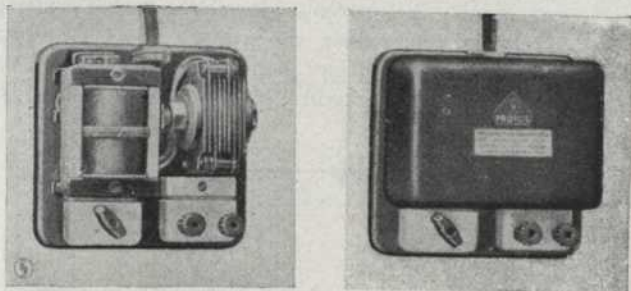


Fig. 4.—Rectificador "Protos", obert i tancat

viat un corrent de 0,25 A sense gran pèrdua. La característica tensió-corrent (fig. 2) demostra que en el sentit d'obturació només flueix un corrent molt petit que pot ésser negligit en la pràctica.

Quan cal obtenir tensions superiors a 2 v. es posen en sèrie tants elements o cèl·lules com calgui. Normalment, i donat que aquest dispositiu rectificador està destinat principalment a la càrrega d'acumuladors, es fabriquen aparells en doble connexió de Graetz (fig. 3) proveïts d'un commutador que permet obtenir 2, 4 ó 6 v. El dispositiu té un transformador disminuïdor de tensió per tal de connectar l'aparell a la xarxa i obtenir, ja rectificat, el corrent de baixa necessari a la càrrega d'acumuladors.

Tf.

El mesurament de petites dimensions mitjançant els circuits ultra-micromètrics¹

Les mesures de precisió són de fonamental importància tant en la indústria com en la ciència pura. Qualsevol enginyer, capaç de mesurar una quantitat física amb major precisió a com s'havia fet abans, obre un nou camp d'investigació en el qual, de sobte, poden ésser descoberts fets importants.

El mesurament físic més simple és la longitud. Les longituds han estat mesurades des dels temps més primitius per l'aplicació d'una "escala-patró"; per aquest mètode podem arribar, amb les precaucions adequades, a una aproximació de 1/10 de mil·límetre. La precisió de tal mesurament fou notablement millorada per l'aplicació del *nonius*² i per l'ús de les cargoles micromètriques. Finalment, els micròmetres, amb caps graduats convenientment, poden establir-se ara per llegir-hi 1/1000 de mil·límetre; hom

¹ *Journal of The Franklin Inst.*, vol. 202, núm. 4.

² En francès i anglès: *vernier* (N. del T.).

els empra ordinàriament per llegir 1/100 de mil·límetre. Aquests números donen idea dels límits de la precisió en els mesuraments pels mètodes purament mecànics. Per a les mesures on cal una precisió notablement més alta, com en l'estudi de petits estiraments i distorsions, han estat emprats els mètodes òptics. D'aquests, els més delicats són els que afecten alguna forma d'interferòmetre, on l'efecte d'interferència, produït per la llum reflectida de forma adequada entre dues plaques paral·leles, pot ésser provocat mitjançant el moviment relatiu de les dues plaques i amb aquest artífici hom pot mesurar fins un moviment de l'ordre d'una deumilionèsima de centímetre ($= 10^{-7}$ cm).

Hi han, però, algunes comprovacions i mesuraments que caldria conduir millor per tal de poder llegir-los amb certesa. Afortunadament, els extensos experiments duts a terme en els últims anys amb els circuits de vàlvules electròniques, han descobert interessants mètodes elèctrics per mesurar desplaçaments, en els quals el límit de pre-

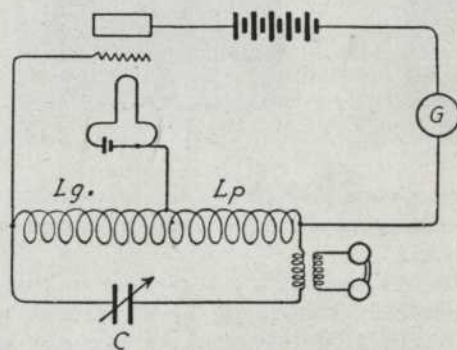


Fig. 1

Circuit oscil·lador típic (HARTLEY)

cisió dels mètodes d'interferència ha estat superat. Alguns experimentadors pretenen haver mesurat per aquest nou mètode, per sota d'una cent-milionèsima de polzada, que vé a ésser com el diàmetre d'un sol àtom d'hidrogen. Els dispositius d'aquesta mena, amb els quals poden mesurar-se fàcilment longituds d'una milionèsima de cm, són nomenats *circuitos ultra-micromètrics*.

El primer circuit micromètric fou descrit en 1920 pel professor WHIDDINGTON³, de la Universitat de Leeds. D'aleshores ençà, han estat introduïdes moltes modificacions al circuit de WHIDDINGTON sense l'aportació de cap idea essencial. L'ultra-micròmetre de WHIDDINGTON és freqüentment nomenat *ultra-micròmetre de bates heterodins*⁴. L'any 1922, DOWLING⁵ de la Universitat de Dublin, descriu en detall, per primera vegada, un circuit ultra-micromètric que difereix del de WHIDDINGTON i al qual nomenava, generalment, *ultra-micròmetre de shunt zero*⁶. Tots els ultra-micròmetres

³ *Phil. Mag.* 40, 634, 1920.

⁴ Vegi's CIENCIA, vol. II (1927), nota pàg. 498.

⁵ *Phil. Mag.* 46, 81, 1922.

⁶ En electrotècnia hom anomena "shunt" (paraula anglesa que significa "derivació") uns punts metàl·lics la missió dels quals és desviar els corrents elèctrics de forma que poden mesurar-se amb aparells febles corrents molts forts (N. del T.).

elèctrics actualment en ús poden ésser classificats com a pertanyents a un dels tipus suara esmentats. En l'estudi d'aquests circuits, és millor posar atenció primerament al tipus DOWLING, el qual és considerablement més simple que el de WHIDDINGTON en construcció, si no en maneig. L'ultra-micròmetre de DOWLING consisteix, essencialment, en un circuit de tub buit oscil·lador (vàlvula electrònica) amb instruments registradors apropiats. L'aparell de WHIDDINGTON conté, també, tubs oscil·lants.

La fig. 1 representa un circuit de tub oscil·lant típic. La placa, filament i reixa del tub són connectats de tal forma que hi ha un acoblament inductiu entre els circuits de

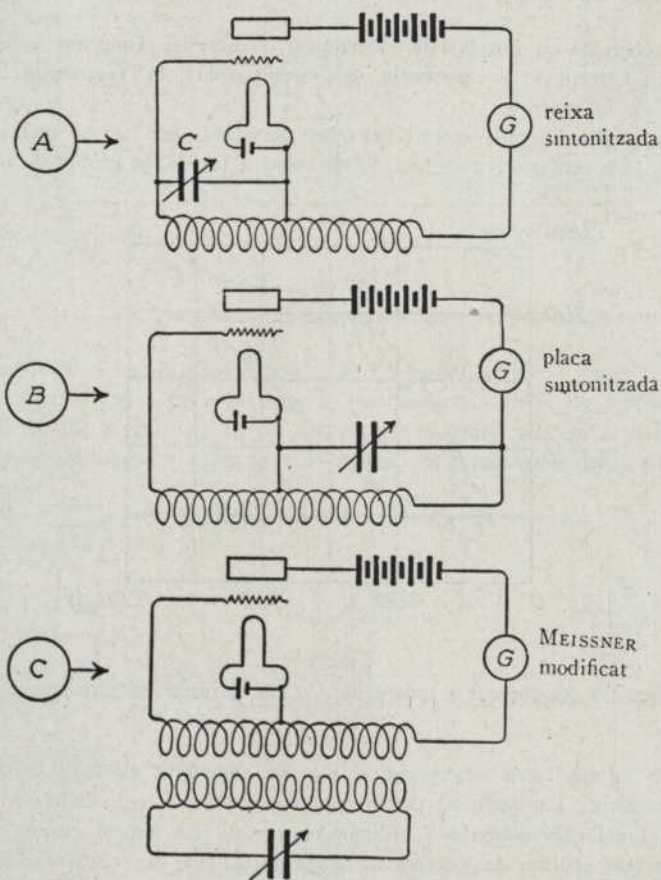


Fig. 2

Diferents tipus de circuits oscil·ladors

placa i de reixa i les bobines L_p i L_g . Si aquest acoblament té una valor apropiada, i sota certes condicions relatives a la constant del tub, es manifestarà una oscil·lació elèctrica en el circuit CL tan prompte com es tanqui el circuit de filament i aquest adquireixi la temperatura adequada. En la pràctica no s'experimenta cap dificultat per fer oscil·lar els circuits. Gairebé tots els circuits fets amb parts corrents de ràdio, en els quals entra un condensador conjuntament amb un parell de bobines en els circuits de placa i de reixa, respectivament, produiran més o menys oscil·lació persistent i energètica. El

circuït de la fig. 1 és freqüentment anomenat *circuït de Hartley*. Si les parts del circuït fossin col·locades d'alguna de les maneres vistes a la fig. 2, o en alguna altra varietat no indicada, es produirien oscil·lacions de seguida.

Tots aquests circuïts són populars i d'oscil·lacions eficients i han estat emprats en el desenvolupament de l'ultra-micròmetre. Les oscil·lacions degudes a l'afluència d'electrons a través de la inductància i en la part interna i externa del condensador, tenen una freqüència natural definida que pot calcular-se amb la capacitat del condensador

C i la inductància de la bobina L per mitjà de la coneguda fórmula $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

(capacitat expressada en fàrads i la inductància en henrys). Emprant aquesta fórmula, és negligit l'efecte de la resistència del circuït sobre la freqüència; però això és discutible en la pràctica.

Fixem-nos en la fig. 2A—circuït de reixa acordada—per fer-ne una consideració més detallada. Un cert corrent continu definit passa a través del circuït de placa durant

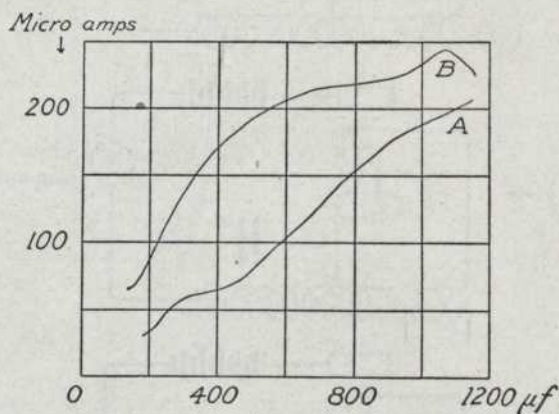


Fig. 3

Vanació del corrent a través de G amb el canvi de capacitat C .

l'operació, en la qual serà superposat el corrent alternatiu de les oscil·lacions quan el tub les produeixi. La intensitat del corrent continu del circuït de placa pot veure's per la lectura del galvanòmetre o miliampèrmetre G . En aquest circuït, s'ha trobat que el component continu del corrent de placa varia amb la freqüència de les oscil·lacions⁷, i el caràcter de la variació, determinat experimentalment per dos diferents ajustaments d'un circuït de reixa acordada, està representat a la fig. 3. Hom veu que en el cas de la corba A la relació entre la variació de la lectura del galvanòmetre i la variació de la capacitat és quasi exactament lineal en una considerable extensió. La corba B , feta amb un acoblament de placa-reixa diferent, és molt menys regular.

La relació de la fig. 3 fou obtinguda amb un ultra-micròmetre de DOWLING.

Per tal de mesurar les petites variacions del corrent de placa sense que respongui

⁷ Vegi's CIENCIA, vol. II (1927), pàg. 497 i següents.

al corrent normal del circuit, DOWLING ideà un dispositiu que nomenà de "shunt ⁸ zero".

Els detalls del shunt zero són representats a la fig. 4. En *G* hi ha un galvanòmetre amb el shunt protector *s*. La gran sensibilitat d'aquest galvanòmetre no permet corrents majors de 10^{-8} amperes. És evident que no passarà cap corrent a través de *G*

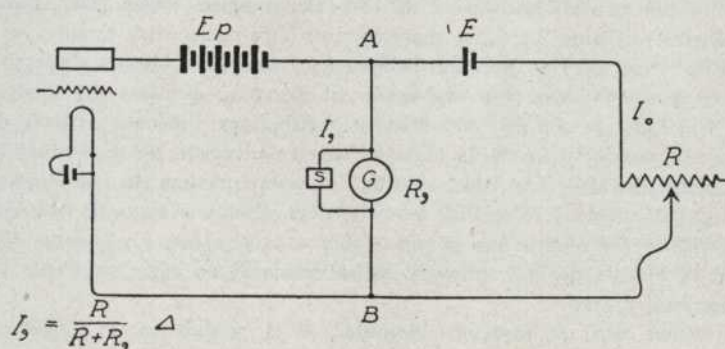


Fig. 4
El shunt zero

quan els punts *A* i *B* siguin d'igual potencial. En la branca *ARB* tenim en *E* un augment de potencial degut a la petita bateria representada i en *R* un descens de potencial, quan el circuit actua, degut a la caiguda en la gran resistència ajustable *R*. Si aquesta caiguda *RI*, que pot ésser portada a una valor requerida per a *I* fix alterant

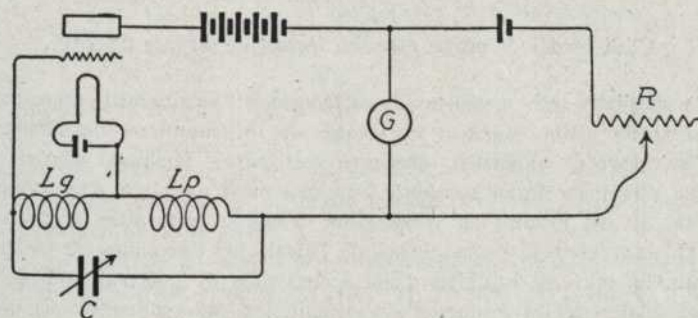


Fig. 5
Ultramicròmetre de HARTLEY

R, és ajustada fins que sigui exactament igual a l'augment de potencial en *E*, aleshores no hi haurà cap diferència de potencial resultant entre *A* i *B*, i *G* romandrà, per tant, sense desviació. Aquest ajustament a zero, però, és bo solament per a una valor fixada del corrent *I*. Si *I* augmenta o disminueix, encara que lleugerament, la caiguda de potencial *RI* augmentarà o disminuirà a una valor diferent de la d'*E*, la qual suposem

⁸ En electrotècnia hom anomena "shunt" (paraula anglesa que significa "derivació") uns ponts metàl·lics la missió dels quals és desviar els corrents elèctrics de forma que, amb aparells de mesura febles, poden ésser mesurats corrents molt forts (N. del T.).

que roman invariable, i el galvanòmetre desviarà. Si l'ajustament de zero és fet per a la valor normal del corrent de placa, aleshores el galvanòmetre seguirà les alteracions del corrent i sempre restarà indesviat per al corrent normal, ço que era la condició cercada.

Quan hom insereix en el circuit de placa d'un tub oscil·latori un galvanòmetre amb shunt zero, s'obté un ultra-micròmetre de DOWLING complet. Poden ésser usats altres tipus de circuits oscil·lants. La fig. 5 representa un ultra-micròmetre complet en combinació amb un circuit de HARTLEY. Les bobines L_p i L_g són bobinades d'uns 10 cm de diàmetre, compostes d'aprox. 150 espises de fil de coure esmaltat del núm. 28 (= 0,4 mm), col·locades axialment i d'acoblament variable per moviment al llarg de llurs eixos. Una separació aproximada de mitja polzada és adequada per a aquestes bobines. C és un condensador d'aire, variable, amb una capacitat màxima de 1200 micro-microfàrads. El galvanòmetre G és sensible a 10^{-8} ampers. R és una caixa de resistències en dècades, variables per plots d'una dècima d'ohm a 1100 ohms. En aquesta disposició una divisió de l'escala del galvanòmetre indica un canvi de capacitat d'una deumilèsima de micromicrofàrad.

Aquest mínim canvi de capacitat mesurable, si és produït en un condensador de

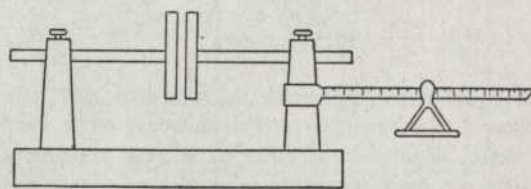


Fig. 6

Condensador de prova, especial, format de plaques d'acer

dues plaques paral·leles amb moviment de distanciament longitudinal correspon a una separació sumament petita. Suposem les plaques de 10 centímetres de diàmetre i llur separació d'un quart de mil·límetre; aleshores pot veure's fàcilment que el canvi de capacitat d'un micromicrofàrad resultarà d'un moviment de placa d'una deumilèsima de centímetre. Si ara inserim un condensador d'aquesta naturalesa (fig. 6) en lloc de C (fig. 5), una desviació de la divisió de l'escala del galvanòmetre indicant, com s'ha dit abans, un canvi de capacitat d'una deumilèsima de micromicrofàrad, indicarà un moviment relatiu de les plaques d'una deumilèsima de centímetre. El circuit és, doncs, capaç de mesurar petits desplaçaments de 10^{-7} centímetres.

Donat que la capacitat d'un parell de plaques és representada per la coneguda fórmula $C = KA/4D$ (on A és l'àrea d'una placa, D és la distància entre les dues plaques i K és la constant dielèctrica), un canvi petitíssim en la constant dielèctrica del material que separa les plaques del condensador bastarà, per altra banda, per produir el petit canvi de capacitat perceptible en aquest circuit, ço que ens dóna un mitjà molt sensible per decellar alteracions en les constants dielèctriques.

El circuit DOWLING ha estat aplicat a diversos usos pràctics. El mateix DOWLING⁹ mesurava allargaments de barres de metall que comportaven un desplaçament de 10^{-7} cm amb enginyers que tenen una importància extraordinària als laboratoris d'enginyeria, per tal com permeten estudiar els passos inicials de ruptura o de deformació

⁹ *Phys. Mag.*, 46, 81, 1922.

permanent, més completament que no pas ha estat possible abans d'ara. Situant una placa del seu condensador en el diafragma d'una caixa de pressió pogué obtenir un registre continu de canvis de pressió dependents de la rigidesa del diafragma. En un altre cas també obtingué lectures d'un terç de milionèsima d'atmosfera, corresponent a 0,32 dines per centímetre quadrat. Tal dispositiu aplicat al manòmetre de mercuri, serveix, també, per veure variacions de pressió de l'ordre d'una milionèsima de milímetre.

Si la placa mòbil del condensador variable és lligada a un braç de balança, el circuit pot ésser usat per a pesos ordinaris i particularment per comprovar masses que hom suposa idèntiques, tals com els "pesos" tipus. Amb un pes fix al braç de palanca, pot ésser fet l'estudi de la variació de la força de gravetat a diferents llocs o poden ésser exterioritzats els mesuraments de la força atractiva de petites masses situades prop del pes fix. En aquest aspecte, DOWLING mesurà l'atracció que una massa de plom de 50 kg. a una distància de 25 cm, exercia sobre un pes fix d'un quilo del mateix material. Una altra interessant aplicació ha estat l'estudi del creixement de les puntes d'arrel de

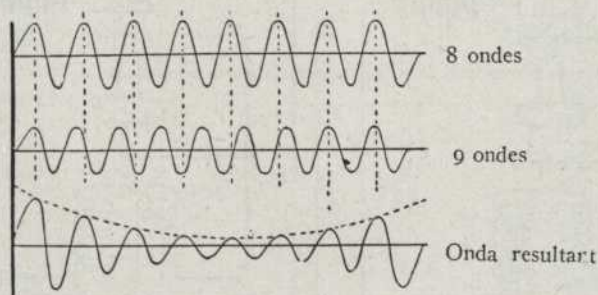


Fig. 7

Principi de la producció de batecs entre ondes de longitud diferent

les plantes, que ha estat seguit prou atentament per veure les periòdiques "pulsacions de creixement" descrites per BOSE; en quinze minuts determinà un creixement de més de cinc deumilèsimes de centímetre.

Una altra aplicació molt important en enginyeria ha estat la investigació de les forces desequilibrades d'una maquinària rotatòria. Si hom vol realitzar aquest dispositiu en una armadura rotatòria o en un motor a turbina, l'extrem de l'arbre i el seu coixinet poden ésser presos com a condensador de la prova, donat que la pel·lícula d'oli lubricant preserva en tot moment el contacte de llurs superfícies.

En l'aplicació dels circuits ultra-micromètrics als usos que hem anomenat, sempre apareixen en la pràctica certes dificultats, de forma que cada nova aplicació constitueix ella mateixa un problema important de recerca. Per superar industrialment totes aquestes dificultats, cal destresa i un coneixement dels principis fonamentals.

Tornem ara als ultra-micròmetres de la primera classe mencionats als començament d'aquest treball, o sigui els nomenats "sistema heterodí a batecs", de WHID-DINGTON. En aquest instrument hi han dos circuits oscil·lants, quasi bé de la mateixa freqüència, que s'influeixen mútuament, de forma que és produïda una "nota pulsant" entre les dues oscil·lacions fonamentals. La freqüència d'aquesta nota pulsatòria és igual a la diferència de les freqüències dels dos circuits. La producció per aquest mit-

jà d'una nota pulsatòria és coneguda en radio-art com a "heterodinització"—d'on prové el nom del circuit—. No cal que entrem ara en cap explicació del principi de la producció dels batecs o pulsacions. El fenomen en el circuit elèctric és el mateix que el de la pulsabilitat entre dues ondes sonores: supressió i reforçament alternatius de l'energia resultant de la interferència de dos trens d'ondes que difereixen en llur longitud. A la fig. 7 hom veu que el nombre de reforçaments, de pulsacions per segon és igual a la diferència del nombre d'ondes emeses per les dues diferents deus en cada segon. Si un circuit elèctric produeix 1,000.000 oscil·lacions per segon i l'altre 1,001.000 oscil·lacions, es desenrotllarà una freqüència pulsatòria de 1.000. Si connectem convenientment un telèfon en qualsevol dels circuits, hom escoltarà solament el to pulsant, donat que les freqüències de l'ordre d'un milió no poden passar a través de la impedància del fonos i, de tota manera, serien incapaços de produir un so audible.

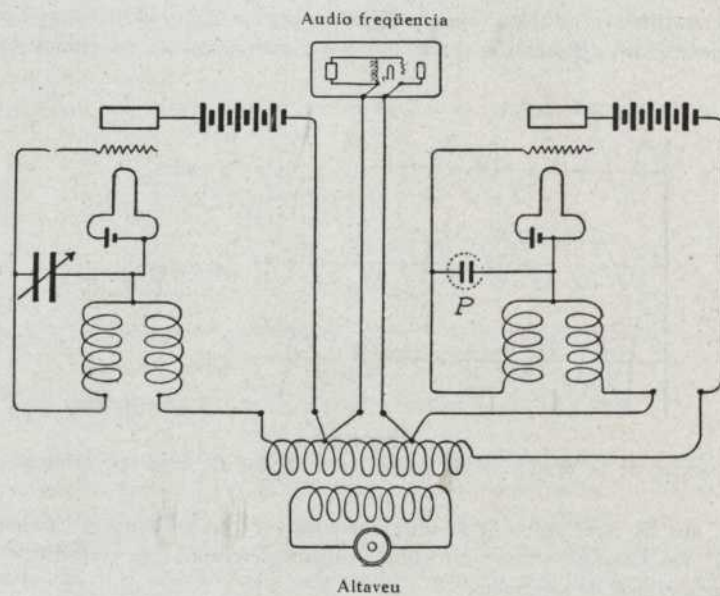


Fig. 8

Circuit ultramicromètric de WHIDDINGTON

Donat que l'altura de la nota pulsant determinada per la seva freqüència és produïda per substracció de la freqüència dels dos circuits, és evident que un canvi en el segon circuit de la freqüència 1,001.000 a 1,001.001—o sigui un augment d'una milionèsima—serà reflectit per un canvi en la nota pulsatòria d'una freqüència 1.000 a una freqüència 1.001.

És probable que cap orella humana no pugui distingir el petitíssim canvi en el to associat a aquesta alteració de freqüència d'un període. WHIDDINGTON, però, féu fàcilment perceptible tal petit canvi per la comparació amb un to mantingut indefinidament a 1.000 cicles. L'orella percep bé si el to tipus està a l'unison amb la nota pulsant heterodina. Si, subsegüentment, la nota heterodina varia de 1.000 a 1.001, hi haurà una diferència d'un batec per segon entre aquest to i la nota tipus, cosa que serà percep-

tible. Estem, doncs, en condició de decellar una alteració en la freqüència, de qualsevol dels dos circuits enllaçats, d'una milionèsima o, en les freqüències més altes, d'una deumilionèsima part. Podem, per tant, detectar, al mateix temps, mínimes alteracions de qualsevol de les característiques del circuit respectiu, o sigui, capacitat, inductància o resistència. Si és negligida la resistència i permanenceix constant la inductància, com és usualment el cas, els canvis de capacitat dependents del moviment de les plaques del condensador o de la variació de la constant dielèctrica, poden ésser estudiats justament com ja hem descrit per a l'instrument de DOWLING.

La fig. 8 mostra un parell de circuits de reixa sintonitzada connectats com a ultramicroscòpi de WHIDDINGTON. En *P* hi ha el condensador típic, la variació de capacitat

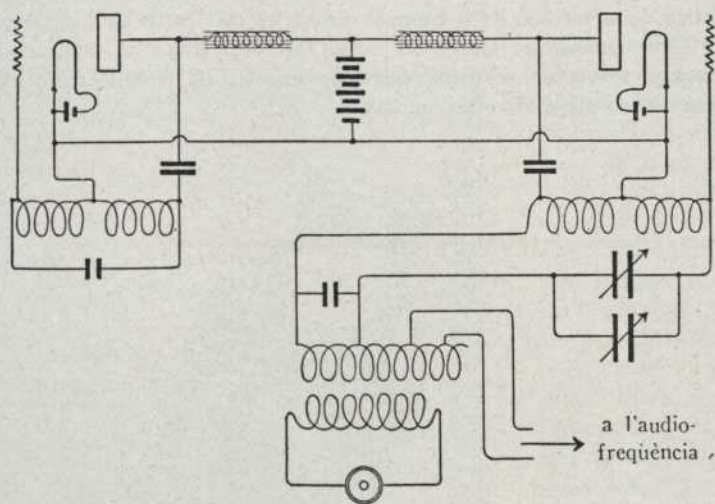


Fig. 9

Forma pràctica de l'ultramicroscòpi de WHIDDINGTON

del qual s'efectua pel moviment d'una de les plaques. La capacitat d'aquest condensador

$$KA$$

és donada, com ja ha estat dit, per la fórmula $C = \frac{KA}{4\pi D}$. La freqüència d'a-

$$4\pi D$$

quest circuit ve determinada per

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

El càlcul, a partir d'aquestes fórmules, mostra que, sota condicions controlades convenientment, poden ésser detectats i mesurats amb l'ultramicroscòpi de WHIDDINGTON, desplaçaments de 10^{-8} cm—el diàmetre aproximat de l'àtom d'hidrogen—.

Naturalment, són possibles diverses disposicions de les parts components del circuit per obtenir en la pràctica un circuit de WHIDDINGTON. Pot assolir-se un acoblament suficient dels dos circuits oscil·lants acostant simplement els dos circuits o, millor, per acoblament permanent dels dos circuits de placa o de reixa. La nota heterodina pot

ésser produïda amb un altaveu i un amplificador connectat a un dels circuits de placa. El tercer circuit emprat per produir la nota tipus pot realitzar-se amb un altaveu independent—aleshores les pulsacions útils al mesurament són les produïdes a l'aire—o bé connectant-lo a l'altaveu del segon circuit oscil·lant. La fig. 9 mostra un arranjament de circuit pràctic.

L'ultra-micròmetre WHIDDINGTON ha tingut aplicació als condensadors de mesures de precisió que aprecien una trilionèsima de polzada ¹⁰; al dispositiu de mesurar temperatures, o termòmetre mecànic, que aprecia la 17.000^a part d'un grau centígrad ¹¹; a una micro-balança que ajusta una 10.000.000^a part d'una dècima de grau ¹²; al mesurament de les constants dielèctriques i a la variació d'aquestes constants amb la temperatura ¹³; a la detecció de molt petits estiraments en metalls a pressió ¹⁴; a l'estudi de la variació de la constant dielèctrica dels gasos amb el camp magnètic ¹⁵ i a altres aplicacions. Un estudi de la literatura d'aquestes aplicacions farà veure que moltes altres són possibles, particularment en els treballs d'investigació i en la comprovació de materials o maquinària.

Tf., trad.

¹⁰ *Phil. Mag.*, 40, 634, 1920.

¹¹ *Phil. Mag.*, 43, 223, 1922.

¹² *Phil. Mag.*, 49, 113, 1925.

¹³ *Phys. Rev.*, 15, 2434, 1920.

¹⁴ *Phil. Mag.*, 47, 806, 1924.

¹⁵ *Am. Phys. Soc.*, Nadal, 1925.