

**MAX BORN (1882-1970) I JAMES FRANCK (1882-1964)
FISICS EN LLUR EPOCA***

per

Jost Lemmerich i Senta Everts-Grigat

Institut per a les Relacions Internacionals de la República Federal d'Alemanya,
Stuttgart.
Goethe Institut, Munic.

James Franck nasqué a Hamburg el dia 26 d'agost de 1882. El seu pare era banquer. Les aptituds que el jove Franck tenia per a aprendre les ciències es posaren de manifest aviat, però trobaren poc suport a la seva escola. En contra de la voluntat dels seus pares, Franck estudià Física i Química a Heidelberg.

Max Born nasqué a Breslau l'onze de desembre de 1882. Era fill d'un embrióleg. També s'interessà molt aviat per les ciències i per la tècnica. Max, seguint el consell del seu pare, no dirigí els seus estudis inicials cap a una temàtica molt concreta, sinó que assistí a lliçons de matèries diverses i no s'especialitzà fins més tard en Física i en Matemàtiques.

Les Universitats alemanyes eren exclusivament Universitats de l'Estat. Els professors eren nomenats per a tota la vida. Els sous els cobraven de l'Estat i tenien ingressos addicionals pels drets de matrícula i d'assistència a classe que pagaven els estudiants. A més dels professors ordinaris, amb Instituts propis, hi havia també els professors extraordinaris i els professors agregats (*Privatdozenten*). Aquests darrers només cobraven dels drets de les matrícules i només en el cas que hi hagués alumnes matriculats.

La investigació i l'ensenyament eren lliures de la intervenció estatal. No hi havia cap prescripció que assenyalés allò que havien de fer els estudiants durant llur estada a la Universitat, fins a la culminació normal de la carrera amb el títol de Doctor. L'estudiant només s'havia de sotmetre a un nombre determinat d'exàmens sobre matèries diverses al fi-

* Traducció del text alemany "Max Born (1882-1970) und James Franck (1882-1964). Physiker in ihrer Zeit" per Josep M. Tura i Soteras.

nal dels seus estudis; si havia assistit o no a classes no tenia cap importància. Aquesta gran llibertat acadèmica requeria naturalment, dels mateixos estudiants, un elevat sentit d'autodisciplina si volien acabar amb èxit llurs estudis dins un període de temps prudencial. Heidelberg era un centre d'estudis predilecte per a passar-hi un agradable *Sommersemester* (1). L'any 1902 hi coincidiren Born i Franck, i s'establí entre ells una estreta amistat que es mantingué durant tota la vida.

La importància de Göttingen com a gran centre de les Matemàtiques tenia els fonaments en la tasca desenvolupada allí per Carl Friedrich Gauss al segle XIX. Quan Born arribà a Göttingen per tal completar-hi els seus estudis de matemàtiques, Felix Klein (1849-1925) ja havia contribuït a fer que aquesta Universitat registrés una nova època de floriment de les ciències exactes, gràcies a haver aconseguit el trasllat de David Hilbert (1862-1943) i de Hermann Minkowski (1864-1909) des de Königsberg. D'aquesta manera tot l'àmbit de les matemàtiques fou reelaborat, d'una manera conjunta, amb el matemàtic Carl Runge (1856-1927) i nombrosos *Privatdozenten* (professors agregats) que feien lliçons sobre temes especials. Born fou assistent privat de Hilbert i treballà també en estret contacte amb Minkowski. Els treballs científics ulteriors de Born són caracteritzats sempre pel domini elegant dels mitjans auxiliars matemàtics.

El lliurament de Born a la Física es realitzà sota la influència de Max von Laue, qui se l'emportà per tal que assistís a les classes de Woldemar Voigt. Voigt tractava el tema de la Física dels cristalls, i per tant, la interrelació entre la llum i els cristalls, la piezoelectricitat i d'altres, fenòmens tots els llavors molt difícils d'entendre. Estimulats per aquestes classes i pels treballs d'Einstein sobre la calor específica dels sòlids, Born i el seu amic d'estudis Theodore von Kármán desenvoluparen l'any 1912 una hipòtesi sobre les estructures de les xarxes cristal·lines. Born i Kármán partiren de la base de considerar que els punts individuals de la xarxa cristal·lina oscil·len al voltant d'una posició de repòs. Mentre Einstein només contemplava un sol àtom, Born i Kármán intentaren de trobar una solució aproximada per al conjunt dels punts de la xarxa cristal·lina, la qual proporcionà una concordança considerablement millor amb els valors mesurats.

Born aconseguí d'establir molt ràpidament una física dels cristalls unificada, que estructurà únicament sobre la base atòmica. L'any 1915, en plena Primera Guerra Mundial, Born publicà el seu primer llibre: "Dinàmica de les xarxes cristal·lines".

Born treballà fins a una edat molt avançada en el camp de la Física

(1) "Sommersemester": semestre d'estiu; segona part del curs acadèmic de les Universitats alemanyes que sol començar el dia 2 de maig i acabar el dia 31 de juliol.

dels cristalls. Les seves investigacions constitueixen també, per tant, el fonament de la teoria actual de la física dels sòlids, els desenvolupaments tècnics de la qual —des del transistor fins al microprocessador— han impulsat d'una manera inusitada les possibilitats de l'electrotècnia.

El 1914 Born fou cridat (2) com a Professor Extraordinari a Berlín, amb la finalitat d'alleugerir Max Planck en les seves tasques docents. Born establí també relacions personals amb Albert Einstein (1879-1955). A Göttingen s'havia endinsat en els conceptes de la Teoria de la Relativitat per mitjà de Minkowski i també s'havia dedicat a analitzar problemes en aquest camp. Quan Einstein rebé una vegada un treball de Born, li escriví: “. . . que jo vaig llegir no sense avergonyir-me, però amb l'agradable sensació d'haver estat entès d'una manera completa i d'haver estat reconegut per un dels col·legues més qualificats”. Tant Born com Franck tenien una estreta amistat amb Einstein.

Les classes sobre Física a Heidelberg ja no satisfien James Franck, i per això l'any 1902 decidí de traslladar-se a Berlín, a l'Institut d'Emil Warburg. Aquest científic era un magnífic director d'Institut. Warburg s'ocupava, entre altres línies de recerca, dels estudis sobre les descàrregues dins gasos, i assignà a Franck com a matèria de la seva tesi doctoral un tema dins aquest camp. Un cop presentat el seu doctorat l'any 1906, Franck romangué a la Universitat i continuà treballant amb col·laboradors diversos en el camp de les descàrregues dins gasos. A Berlín tingué l'oportunitat de conèixer la jove generació de físics: Lise Meitner, Frederich A. Lindemann, Robert Pohl, Gustav Hertz, i el químic Otto Hahn.

James Franck i Gustav Hertz (1887-1975), un nebot de Heinrich Hertz, es dedicaren els anys 1910 i 1911 a estudiar la relació entre la ionització de gasos i la hipòtesi quàntica de Planck. Planck havia establert l'any 1900 la hipòtesi que l'energia en el nivell atòmic no se cedeix ni es pren d'una manera continua, sinó en quantitats discretes: “els quanta d'energia”. Amb l'ajut d'aquestes hipòtesis, Planck pogué establir una fórmula de la radiació encertada.

Franck i Hertz feren servir un dispositiu experimental relativament simple. En un recipient on hi havia una petita quantitat de mercuri, hi feren el buit. A continuació escalfaren el recipient. Els electrons emesos per un filament incandescent foren accelerats per un camp i xocaren amb els àtoms de mercuri del recipient. Mitjançant un contracorrent pogueren aconseguir electrons d'una energia determinada. En augmentar la

(2) La crida o “Ruf” és el procediment utilitzat per la Universitat alemanya quan s'ha de cobrir una càtedra. El candidat escollit rep una “crida” (“Er erhaltet einen Ruf”) de part dels responsables de la Universitat, i tot seguit s'inicien unes negociacions per tal intentar d'aconseguir un tracte.

tensió d'acceleració, l'instrument connectat al circuit mostrarà un fort augment del corrent.

Franck i Hertz completaren encara aquest experiment amb una altra experiència, ajustant un espectrògraf a la cambra de gasos. Després de diverses hores d'exposició d'una placa fotogràfica, pogueren observar una línia de ressonància del mercuri. Aplicaren la fórmula indicada per Einstein el 1905 per a l'efecte fotoelèctric i, a partir de la freqüència de la línia observada i de la tensió aplicada al camp dels tubs, pogueren determinar la constant d'acció de Planck h . L'energia dels electrons és cedida a l'àtom de mercuri a una energia determinada.

L'any 1913 el físic danès Niels Bohr, basant-se en el model atòmic de l'anglès Rutherford, havia dissenyat una mena de model planetari de l'àtom. Els electrons giraven seguint trajectòries fixes al voltant del nucli carregat positivament. Si havien estat excitats per electrons com, per exemple, en l'experiment de Franck i Hertz, passaven d'una trajectòria a una altra, en la qual només restaven breument. En saltar de retorn a la trajectòria inicial, l'energia alliberada era emesa en forma de radiació. Mitjançant l'experiment de Franck i de Hertz, aquest salts d'electrons amb emissió d'energia lluminosa foren comprovats experimentalment.

Malgrat que el model atòmic de Bohr fou substituït posteriorment per una concepció més refinada sobre la disposició dels electrons a l'àtom, es mantigué la validesa plena de la confirmació experimental dels salts d'energia dels electrons i l'assignació d'aquests a estats d'energia simples. Com a reconeixença a aquest experiment fonamental, l'any 1926 fou atorgat el Premi Nobel de Física a Franck i a Hertz, d'una forma retrospectiva per a l'any 1925. Els matrimonis Franck i Hertz viatjaren a Estocolm per tal d'assistir a l'acte de lliurament del premi.

L'any 1921 Born fou nomenat catedràtic de Física Teòrica a Göttingen. Born també aconseguí que Franck fos cridat com a catedràtic de Física Experimental a la mateixa Universitat. Durant els dotze anys que seguiren, Göttingen esdevingué el centre de la Física Moderna, gràcies a Born, Franck i Robert Pohl, que també feia classes de Física Experimental. Això fou possible, no solament perquè Born i Franck contribuïren amb llurs propis experiments i d'una manera considerable al desenvolupament de la Física Moderna, sinó també perquè ells aconseguiren d'atreure a la ciutat de Göttingen un gran nombre de professors assistents i d'alumnes altament dotats.

Born prosseguí a Göttingen no solament la seva tasca sobre la Física dels sòlids, sinó que cada cop més s'ocupà també del model atòmic de Bohr. El mes de juny de 1922, Bohr féu una visita d'una certa durada a Göttingen per tal d'explicar el seu model, el qual permetia llavors l'establiment d'afirmacions molt concretes sobre l'estructura del sistema periòdic.

Born, d'una manera conjunta amb el seu professor assistent Werner Heisenberg (1901-1976), intentà de calcular un àtom amb dos electrons, o sigui l'àtom d'heli. Hom pot fer la comprovació de l'autenticitat d'aquest càlcul d'àtoms mitjançant els espectres. El model matemàtic serà correcte si aquests espectres són reproduïbles. Born i Heisenberg aplicaren el càlcul de perturbacions ordinari de la mecànica celest, al seu model, bé que no pogueren aconseguir cap resultat utilitzable. Això significà que el model atòmic de Bohr no proporcionava cap descripció apropiada d'aquesta forma atòmica senzilla.

L'estiu del 1925 Heisenberg aconseguí de trobar la formulació matemàtica correcta per a una "mecànica quàntica", expressió que havia estat introduïda per Born. En la seva teoria només partí de magnituds observables de l'àtom, o sigui de les línies espectrals i de llurs intensitats, car les freqüències de circumval·lació requerides pel model de Bohr no són observables.

Heisenberg envià el manuscrit del seu treball a Born, el qual molt aviat s'adonà que les idees de Heisenberg es podien emmarcar dins un esquema matemàtic conegut amb el nom de càlcul matricial. Pocs mesos després, Born, Heisenberg i Pascual Jordan, que havia estat cridat a cooperar-hi, pogueren presentar una teoria rigorosa i completa de l'àtom. Aquesta publicació, coneguda com la "teoria dels tres homes" constitueix el fonament de la mecànica quàntica.

Estimulat pel treball de Heisenberg, l'anglès Paul Dirac desenvolupà poc després un model matemàtic de l'àtom. El físic austríac Erwin Schrödinger pogué també descriure el comportament de l'àtom a partir d'un altre camí matemàtic. L'any 1926 Born s'ocupà de les idees de Schrödinger i investigà la interpretació física del formulisme matemàtic. Descobrí que la concepció determinista de la Física s'ha de deixar de banda en el nivell atòmic, i hom l'ha de substituir per una interpretació estadística. Això implicà repercussions molt àmplies, no solament en la Física, sinó també en la Filosofia. Born aconseguí l'any 1954 el Premi Nobel de Física com a reconeixement de la seva interpretació estadística de la Mecànica Quàntica.

Born i Franck mantingueren sempre un tracte humà i franc amb llurs col·laboradors i alumnes. Més d'un tingué el consell i el suport d'ambdós quan, a causa de les dificultats dels estudis o bé davant el temor dels exàmens finals, estigué temptat d'abandonar la carrera. A aquest comportament fou degut, en part, que aviat un nombre elevat de científics joves anessin a estudiar a Göttingen amb Born i Franck. Només podem citar alguns noms d'entre l'ampli cercle d'estudiants i de doctorands, que més tard esdevingueren famosos: Maria Göppert-Mayer, Hertha Spöner, P. M. Blackett, E.U. Condon, W. Hanle, W. Heisenberg, W. Heitler, A. von Hippel, F. Hund, P. Jordan, H. Kopfer-

mann, W. W. Kröbel, H. G. Kuhn, H. Maier-Leibnitz, O. Oldenberg, R. Oppenheimer, E. Rabinowitch, L. A. Turner, V.F. Weisskopf.

El 30 de gener de 1933 Hitler fou nomenat Cancellier del Reich. En pocs mesos féu desaparèixer tots els partits polítics, a excepció del NSDAP (3), prohibí els sindicats i anul·là els drets democràtics fonamentals. Les persones considerades no addictes al règim foren recloses en camps de concentració, i la població jueva fou discriminada i perseguida d'una forma cada cop més intensa.

L'abril del 1933 prohibiren a Born que continués ensenyant. Els ciutadans alemanys d'ascendència jueva foren exclosos dels càrrecs estatals i, per consegüent, també de l'activitat de professors. Franck, que havia estat combatent durant la Primera Guerra Mundial, dimití en senyal de protesta. Born emigrà a Anglaterra, on trobà una nova pàtria; Franck es traslladà primer a Copenhaguen, a casa de Niels Bohr, i emigrà després als Estats Units d'Amèrica.

El setembre de 1939 la política agressiva de Hitler provocà la Segona Guerra Mundial. Escassament un any abans, Otto Hahn i Fritz Strassmann havien descobert la fissió nuclear, i alguns físics eren del parer que hom podia construir bombes atòmiques. Einstein, que residia a Amèrica del Nord des del 1933, preocupat per la possibilitat que els nazis poguessin ordenar la construcció d'aquesta arma, es decidí d'advertir d'aquest perill al Govern nord-americà. Sota la direcció de Robert Oppenheimer, físics americans, juntament amb emigrants procedents de l'àrea de poder de Hitler, desenvoluparen la bomba atòmica. James Franck, que també es trobava entre aquests col·laboradors, reflexionà amb els seus amics durant la primavera de l'any 1945 sobre les conseqüències que el desenvolupament d'aquesta arma comportaria per a la pau mundial. Redactà un memoràndum, conegut com "Informe Franck", l'adreçà al Govern nord-americà i li exigí que no fes servir aquesta arma contra persones.

Durant els seus darrer anys a Göttingen, Franck es dedicà d'una manera molt intensa a l'estudi de la interrelació entre la llum i les molècules complexes; un cop emigrat, començà a investigar la fotosíntesi. Per fotosíntesi hom entén el procés físico-químic que es desenvolupa a les plantes sota l'acció de la llum segons el qual s'absorbeix diòxid de carboni (CO_2) i aigua (H_2O) per a formar hidrats de carboni (CH_2O). Franck estudià d'una manera especial el fenomen fonamental de l'absorció de la llum per part dels colorants del grup clorofil·lic que existeix a les plantes.

Després de la Segona Guerra Mundial, Franck emprengué d'una ma-

(3) "Nationalsozialistische Deutsche Arbeiter Partei", Partit Nacional Socialista dels Treballadors Alemanyans.

nera més intensa les investigacions sobre la fotosíntesi, i dugué a terme els seus treballs a la Universitat de Chicago gràcies al suport del fons Samuel Fels. Es tractava principalment d'ordenar d'una manera compilada els resultats elaborats per diversos grups de científics, en lloc de dedicar-se ell mateix a actuar en alguns subsectors. El mètode de Franck es caracteritzava, d'una banda, per la imaginació sobre quin podria ésser el camí que la natura segueix i, d'una altra, per l'autocrítica. D'aquesta manera aconseguí d'interpretar d'una manera correcta la demanda quàntica per al desenvolupament d'una reacció fins a l'hidrat de carboni.

Born fou nomenat catedràtic de Física l'any 1936 a Edimburg. Malgrat la Segona Guerra Mundial, aviat aconseguí d'atreure cap a Edimburg un bon nombre d'alumnes sobresortints i d'emprendre la tasca en diversos nous camps d'investigació, alhora que completava també la seva teoria de la matèria sòlida. Born publicà diversos llibres fonamentals sobre la Física Atòmica, l'estructura cristal·lina i l'òptica, en part de manera individual i en part amb els seus col·laboradors.

Després de la seva jubilació, el matrimoni Born decidí de retornar a Alemanya. La senyora Born era una quàquera convençuda i per això fixaren la residència a Bad Pyrmont, la seu central dels quàquers alemanys. Poc després del seu canvi de domicili, fou concedit el Premi Nobel a Born.

Ultra els treballs científics, Born es dedicà a editar el seu intercanvi de correspondència amb Einstein. Intervingué també molt activament en els debats sobre el desarmament. L'any 1955 signà també la crida Einstein-Russell, i participà en la manifestació de Mainau, en la qual cinquanta-un Premis Nobel adreçaren una crida als Governos a favor de la pau. L'any 1957 figurà entre els autors de la declaració dels divuit Professors de Göttingen contra la introducció de les armes nuclears a la República Federal d'Alemanya.

Aproximadament un any abans de la mort de Born aparegué, sota el títol d'"El luxe de la consciència" una col·lecció de treballs científics i polítics del matrimoni Born.

Born i Franck foren honorats amb els guardons màxims com a reconeixement a llurs treballs científics. Obtingueren el Premi Nobel, eren membres de quasi totes les acadèmies, els fou concedit diverses vegades el títol de Doctor Honoris Causa i foren nombroses les medalles que aconseguiren. En els escrits, en les felicitacions d'aniversari i en tot l'intercanvi de correspondència, tant amb llurs amics i companys com amb persones totalment desconegudes, hom els expressa l'admiració per llur comportament humà, pel sentit de responsabilitat i per llur altruisme.

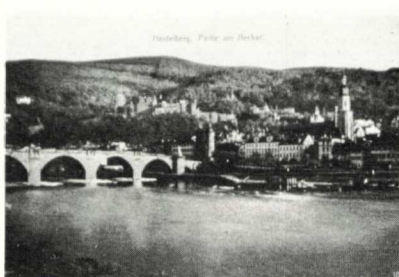
James Franck morí el 21 de maig de 1964 a Göttingen, on es trobava fent-hi una visita. Max Born morí el cinc de gener de 1970, també a Göttingen.



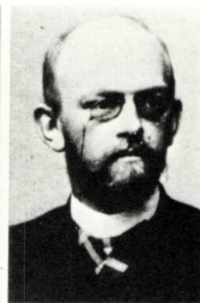
1. James Franck a la seva època d'estudiant.



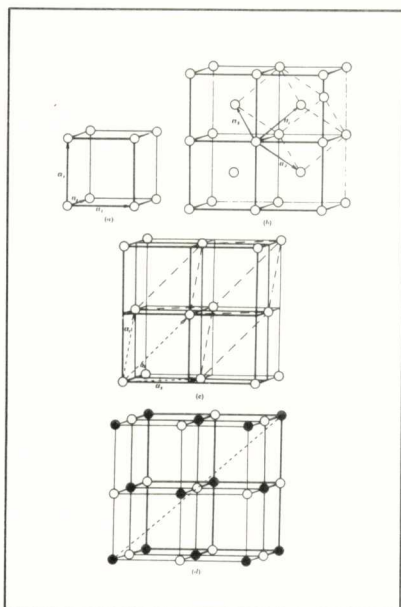
2. Max Born a la seva època d'estudiant.



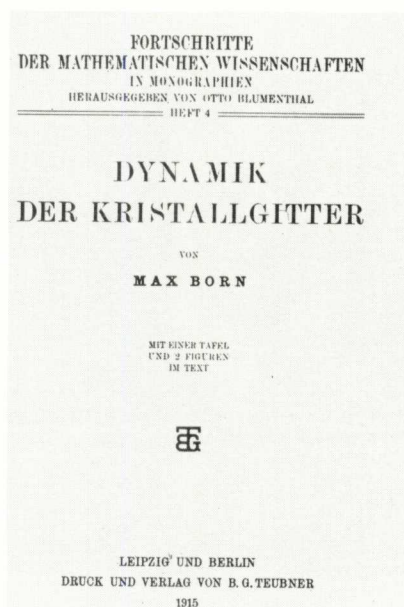
3. Postals de Heidelberg cap al 1900. A dalt: Vista del Neckar. A sota: El Mercat del Gra i el castell.



4. De dalt a baix i d'esquerra a dreta: Felix Klein, David Hilbert, Hermann Minkowski i Carl Runge.



5. Estructures de xarxes cristal·lines.



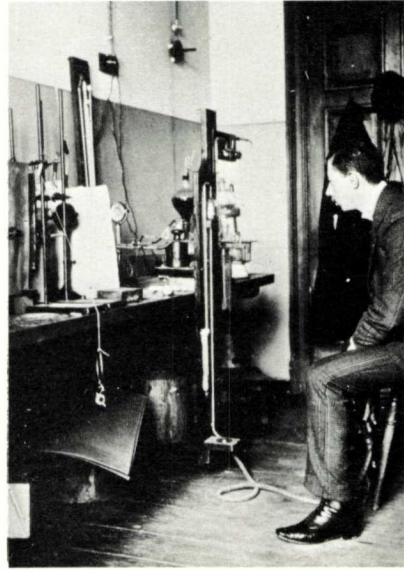
6. “Dinàmica de les xarxes cristal·lines”, per Max Born (1915).



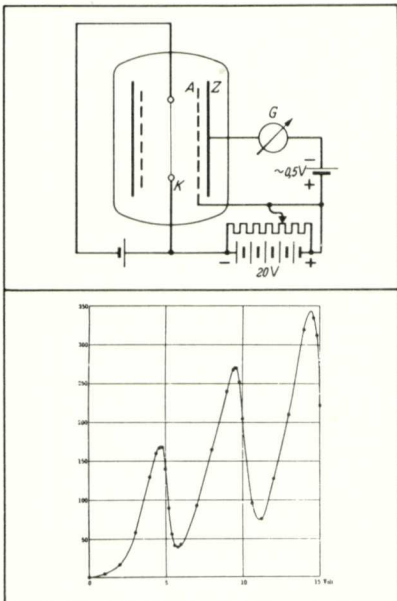
7. Albert Einstein a la seva “cambra-estudi”.



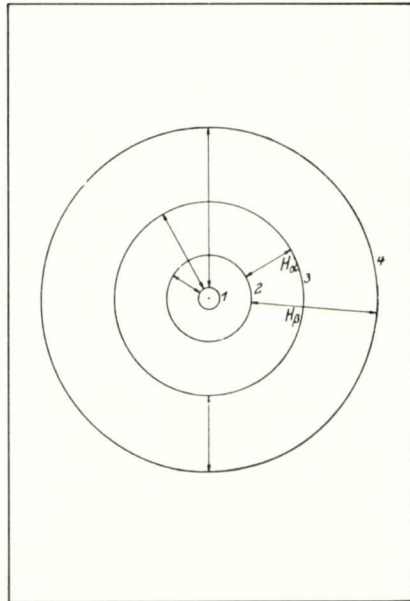
8. James Franck el 1912.



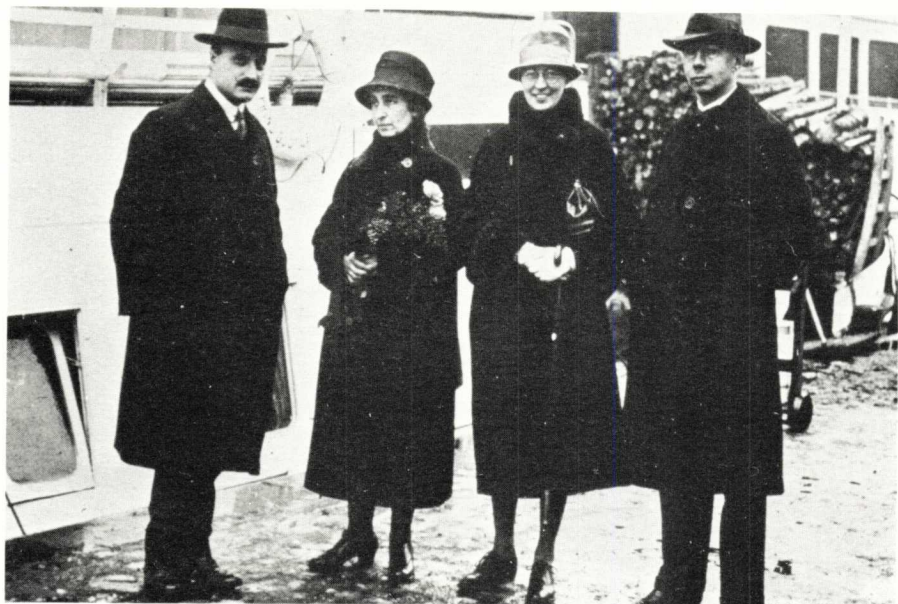
9. Gustav Hertz treballant al seu laboratori cap al 1913.



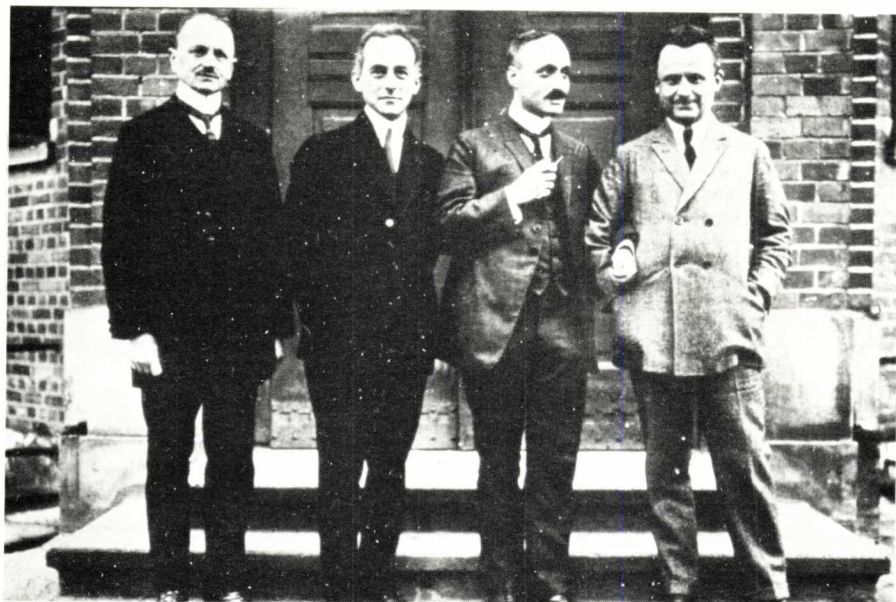
10. A dalt: Representació esquemàtica de l'experiment de Franck i Hertz. A sota: Corba de mesura de Franck i Hertz (1914).



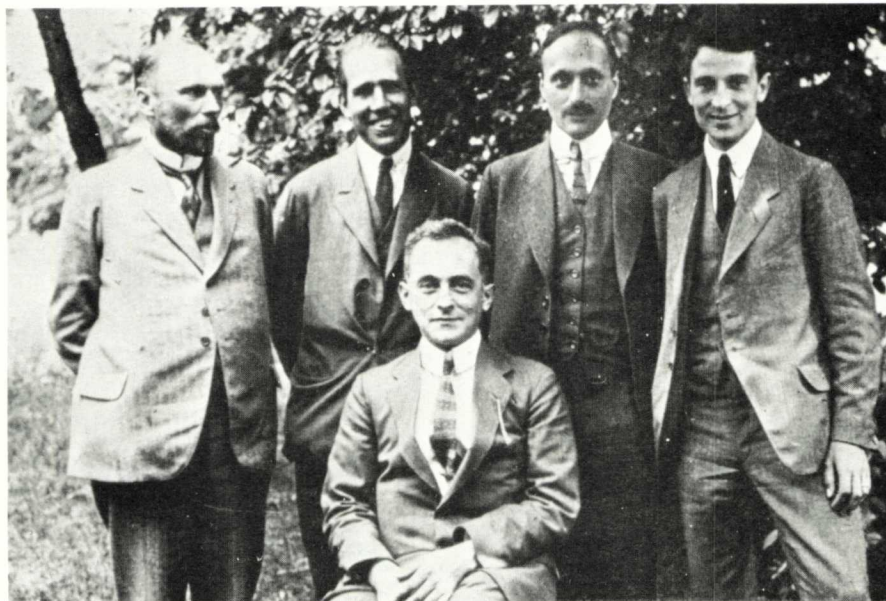
11. Model de l'àtom d'hidrogen de Niels Bohr.



12. James Franck i Gustav Hertz amb les respectives mullers a Estocolm, després d'haver rebut el Premi Nobel.



13. D'esquerra a dreta: El tècnic elèctric Max Reich, Max Born, James Franck i Robert Pohl a Göttingen.



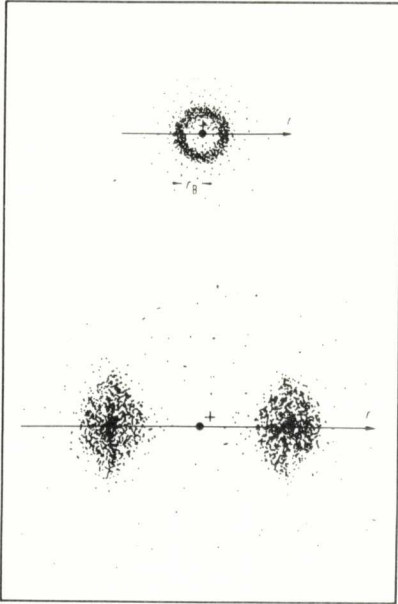
14. Els anomenats “Festivals Bohr” a Göttingen, l’any 1922. D’esquerra a dreta: Oseen, Bohr, Franck, O. Klein. Assegut: Born.



15. Werner Heisenberg.



16. “Sobre la Mecànica Quàntica. II” de M. Born, W. Heisenberg i P. Jordan (1925).



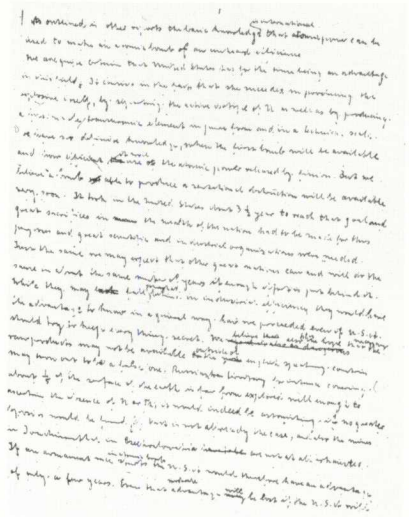
17. Distribució estadística dels electrons d'un àtom.



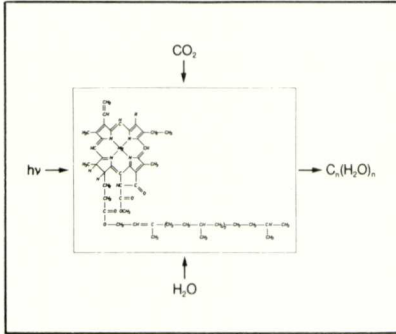
18. Born amb Maria Göppert-Mayer i Viktor F. Weisskopf a Göttingen.



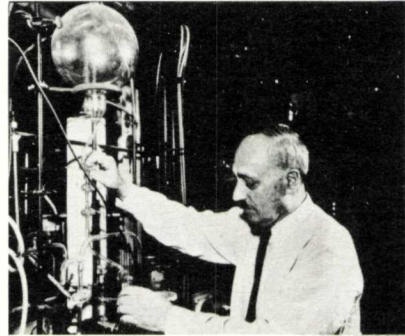
19. Reportatge sobre la dimissió voluntària de Franck al "Göttinger Zeitung" del 18 d'abril de 1933.



20. Esborrany de l'informe de Franck al Govern dels Estats Units (1945).



21. Representació esquemàtica de la fotosíntesi.



22. Franck al seu laboratori de Chicago cap al 1950.

STOCKHOLMS-TIDNINGEN
 TORSdagen DEN 9 DECEMBER 1954
 Pris 25 öre

Born inbjöd Stockholms Lucia att gästa hemmet i Tyskland
Åker till Australien och hälsar på dotter för Nobelpengarna

Pingstradions valuta spräckte regeringen
Pingstradions radiolog, International Bevatningskommissionen, har föreslagit att på sin begäran om utbildning för en finansieringsundersökning av svenska pingstradioner över världens radiumstationer. Men experimentet har varit starkt kritiskt och i utvärderingsrapporten har pingstradioner utpekats i stor del som följande.

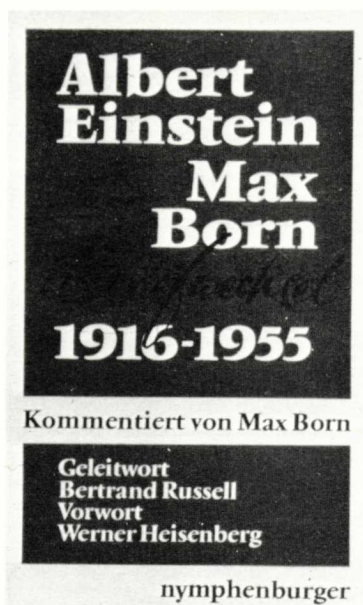
I diplomatgala
General Haglund i full dräkt som Londonsambasador. Han var 50 år den 17 december.

Sverige i förlig vind i England
 Av BERTIL ABELÉN
 LONDON 8 dec. — (Sve ST + London) I en år har atmosfärens Gunga Haglund varit som en vind i England. I London. Tjänar 45 år, och har kommit till i ett av de största kabinerna för en del av de senaste åren. I England har det varit en vind i England. I London. Tjänar 45 år, och har kommit till i ett av de största kabinerna för en del av de senaste åren.

Far dods-bränd Son i livsfara
 Göteborg 8 dec. — (Sve ST) En far har dött i en brand i en villa i Göteborg. En son i livsfara.

Tva döttrar hämlar pris at sin far
 Max Born, nobelpristagare, har två döttrar som hämlar priset till sin far.

23. Diari suc del 9 de desembre de 1954 amb un reportatge sobre l'atorgement del Premi Nobel a Max Born.



24. "Albert Einstein-Max Born. Intercanvi de correspondència 1916-1955", comentat per Max Born (1969).



25. "El luxe de la consciència", de Hedwig Born i Max Born (1969).



26. Franck i Born a la plaça de l'Ajuntament de Göttingen el 1964, pocs dies abans de la mort de Franck.