

A conexión Erwin Schrödinger – Instituto Eusebio da Guarda

Un pequeno artigo do catedrático de Física e Química Constantino Armesto Ramón (1) púxome na pista. Este catedrático asistiu en 2006 a un seminario na Universidade de California, e como alumno tivo que expor un traballo para o cal realizou unha investigación na biblioteca de dita universidade, onde atopou un documento en alemán titulado “A conferencia do profesor Schrödinger” con lugar e data “Santiago de Compostela en 1934”. Pero antes de chegar á conexión proposta no título, vexamos brevemente o legado deste gran físico e profesor e o entorno científico no que se desenvolveu.

Ata finais do S. XIX a física era fundamentalmente “física clásica”, onde había unha clara diferenza entre o comportamento das ondas (a luz, o son, ondas na auga, ondas sísmicas...) e as partículas (canecas, átomos, electróns...) e estaba asentado, debido ao gran físico e matemático escocés James Clerk Maxwell, que a luz é unha onda electromagnética. Xa en 1801 Young demostrou co seu famoso experimento da dobre fenda (ondas que saen dun foco e atravesan dúas fendas moi próximas recollendo o impacto das mesmas nunha pantalla) a natureza ondulatoria da luz porque experimenta, entre outros, o fenómeno da interferencia (superposición das ondas cando coinciden, continuando despois cada unha delas o seu camiño como se non pasara nada) aparecendo na pantalla unha sucesión de franxas claras e escuras, fenómeno que non experimentan os corpos (se lanzamos balas contra unha parede que ten dúas fendas recolleremos na pantalla dúas zonas de impactos, pero non a alternancia de franxas de impacto-non impacto). Cara a finais do S. XIX comezou a tremer a física clásica porque apareceron novos fenómenos non xustificables por ela: radiación do corpo negro, explicado por Max Planck en 1900; efecto fotoeléctrico, explicado por Albert Einstein en 1905; espectros atómicos, explicados por Niels Bohr en 1913... e que requiren para a súa comprensión supor que a luz ten un comportamento corpuscular (cuantos primeiro, fotóns despois) cando interactúa coa materia.. A partir de entón suponse unha natureza dual para a luz: ondulatoria cando se propaga, corpuscular cando interacciona coa materia. Vólvese á natureza corpuscular para a luz, polo menos nalgúns aspectos, como había proposto Isaac Newton no S. XVII! Estaba nacente a “mecánica cuántica” (expresión acuñada polo físico e matemático Max Born en 1924), que deu lugar posteriormente a unha revolución tecnolóxica.

Baseándose nos traballos anteriores, o físico francés Louis de Broglie formulou en 1924 na súa tese doutoral a hipótese da dualidade onda-corpúsculo para a materia. A idea que hai detrás é simple: se o comportamento da luz se podía, en certos casos, describir como unha partícula, por simetría cabería esperar que o comportamento das partículas se puideran describir como se fosen ondas. Se fora así, as partículas deberían experimentar o fenómeno das interferencias, por ser un fenómeno propio das ondas. A proposta de Broglie era tan revolucionaria que o tribunal da tese declarouse incapacitado e tivo que pedir opinión por carta a Albert Einstein, quen a aprobou. Resulta que as interferencias producidas por electróns foron verificadas experimentalmente por primeira vez polos físicos estadounidenses Davisson e Germer en 1927, e posteriormente moitas veces, incluso con partículas máis grandes como átomos e moléculas, confirmándose a hipótese de Louis de Broglie.

Neste contexto científico, o físico Erwin Schrödinger, nado en 1887 en Austria, cunha formación impresionante (dominaba varios idiomas, estudou química, afondou na relatividade xeral e na óptica durante a 1ª GM como oficial artilheiro...), aplicou aos electróns que se moven arredor do

núcleo do átomo a idea de que se poden describir como se fosen ondas, máis concretamente a través de paquetes de ondas chamados “funcións de onda”, e despois dunhas vacacións esquiando anunciou en 1926 a ecuación, chamada “Ecuación de Schrödinger”, $\hat{H}\cdot\psi = E\cdot\psi$ (fermosa ecuación!), que constitúe o postulado central da mecánica cuántica (ondulatoria) non relativista. O mesmo Schrödinger resolveu esta ecuación para o átomo de hidróxeno obtendo bo acordo cos valores experimentais. Ecuación simple en aparencia, pero que non ten solución matemática exacta para sistemas de máis de dúas partículas (como son todos os átomos, excepto o hidróxeno, e moléculas) polo que hai que acudir a métodos aproximados. Max Born interpretou o cadrado da función de onda como a probabilidade de atopar o electrón (renunciando así ao coñecemento exacto da posición do electrón no átomo), é dicir, o “orbital atómico”, concepto co que traballan por exemplo os químicos para explicar a estrutura e propiedades das moléculas, e polo tanto, da materia, ou para obter materiais: plásticos, fármacos... ou explicar as funcións bioquímicas dos lípidos, proteínas, por exemplo. A máis, a interpretación probabilística conleva o problema da medida, con diferentes posicións por parte dos físicos que se recollen en (2). A ecuación de Schrödinger está ao mesmo nivel, polo menos, que a ecuación da segunda lei de Newton, que relaciona a forza aplicada a un corpo coa aceleración que adquire, ou da ecuación de Einstein que relaciona a masa dun corpo coa súa enerxía.

Non podemos esquecer neste resumo ao outro pai da mecánica cuántica, o físico alemán Werner Heisenberg, que formulou unha teoría cuántica matricial unhas semanas antes de que Schrödinger publicara a súa ecuación. Pero este último demostrou que ambas formulacións, a súa, ondulatoria, e a matricial de Heisenberg, son equivalentes, chegando aos mesmos resultados. Na práctica utilízase máis o enfoque ondulatorio de Schrödinger por ter significado físico, ao contrario do de Heisenberg que é puramente matemático. Werner Heisenberg é coñecido ademais por formular en 1927 o principio de incerteza, unha das bases da mecánica cuántica.

En abril de 1933 o réxime nacionalsocialista aprobou unha lei que permitía despedir a funcionarios que non foran de “ascendencia aria” e tamén aos opositores ao réxime nazi. Moitos investigadores foron expulsados, outros fuxiron... Schrödinger abandonou Alemaña por estar en contra do antisemitismo nazi, mentres que Heisenberg pasou a dirixir o intento nazi para obter a bomba atómica.

Que o comportamento dos electróns se rexa por unha función de onda implica que para poder explicar a interferencia dos mesmos no experimento de dobre fenda obriga a que a función de onda sexa unha superposición dos posibles estados nos que se pode atopar o electrón: este sae disparado como unha bala, pero ao atravesar as fendas podemos supor que o fai como onda provocando figuras de interferencia na pantalla como se realmente fosen ondas, coa particularidade de que o patrón de interferencias se desfai cando procedemos a detectar por que fenda pasou o electrón, fenómeno que aínda hoxe está sen explicar! Para maior información sobre o “misterio central da mecánica cuántica”, en palabras do físico, e quizás un dos mellores divulgadores científicos, Richard Feynman, pódese ver a exposición do físico Al-Khalili (3). As interferencias de partículas e este formulismo probabilístico, con resultados contrarios á intuición, presentaron reticencias en Einstein e incluso do propio Schrödinger que o levou a formular o famoso experimento mental coñecido como “o paradoxo do gato de Schrödinger” (en (4) o físico Javier García fai referencias á vida de E. Schrödinger, á súa ecuación -con algunhas fórmulas- e a este experimento) para resaltar o absurdo da súa creación: nunha caixa cerrada e opaca metemos un gato (vivo), un átomo radioactivo e un

mecanismo que fai romper un frasco cun forte veneno cando se detecta unha emisión radioactiva. Dende o mundo macroscópico, o da vida diaria, diremos que nun certo momento o gato está vivo “ou” morto, que son estados excluíntes para a nosa intuición, dependendo de se non hai ou si hai emisión radioactiva, e chega con abrir a tapa para coñecer en que estado se atopa. Pola contra, a formulación ondulatoria da mecánica cuántica esixe que o gato (en realidade a desintegración radioactiva por ser o verdadeiro proceso cuántico neste experimento; o gato está aí so para chamar a atención) sexa descrito mediante unha función de onda que é unha superposición de estados, vivo (átomo sen desintegrar) “e” morto (átomo desintegrado) á vez, e que a “realidade” do seu estado non a coñeceremos ata que o medimos (abrimos a tapa), pero esa “realidade” corresponde ao momento posterior a abrir a tapa (non hai “realidade” antes); dise que o proceso de medida fai “colapsar” a función de onda nun dos dous estados, vivo ou morto, o mesmo que na experiencia da dobre fenda na que a superposición colapsa cando intentamos detectar o camiño seguido polo electrón. Non hai unha interpretación definitiva deste experimento, sen embargo a mecánica cuántica funciona, e digamos “unha metade” dos físicos aceptan as ecuacións e a outra metade “non vive” pola falta dunha comprensión final. Entre outras explicacións, a máis aceptada é a de “decoherencia cuántica”: o entorno, moito máis grande que a partícula (o entorno aquí pode ser o mecanismo que detecta a desintegración e libera o veneno), obriga a esta a tomar un dos posibles estados, incluso antes de que o observador realice a medida; partícula e entorno están entrelazados...

Finalmente resaltar outra gran influencia do noso personaxe no pensamento científico, ademais das súas contribucións á termodinámica, mecánica estatística, teoría da cor... humanista (5), pois era este físico un gran aventureiro (e gran sedutor) e amigo de meterse nas charcas intelectuais máis complicadas. E non e outra que a inspiración dunha revolución na bioloxía ao ser o primeiro que suxeriu claramente a existencia dun “código xenético” que garda a información que determina o desenvolvemento e funcionamento de cada ser vivo, e que dito código debía estar nunha molécula complexa de estrutura regular pero non repetitiva (xusto como a do ADN descuberta en 1869, pero da que non se coñecía a súa estrutura nin tampouco o seu papel na herdanza xenética), dez anos antes do gran descubrimento de Watson e Crick, os cales recoñeceron a influencia de E. Schrödinger. Estas ideas, e outras como o factor entrópico no desenvolvemento da vida (cuestión aínda non resolta o da orixe da vida), ou o misterio da conciencia, foron expostas por este físico en diversas conferencias e recollidas nun breve libro de culto publicado en 1944 (6).

Un artigo da periodista Iolanda Casal para o Consello da Cultura Galega (7) recolle como se xestou a conferencia do noso protagonista, xa Nobel, o 3 de agosto de 1934 na Universidade de Santiago de Compostela no “XIV Congreso para el Avance de las Ciencias”, dentro dun movemento de apertura ao mundo da investigación galega, mais xa no declive da “Idade de Prata” da ciencia española. Recolle a periodista a escasa cobertura que a prensa da época lle deu á conferencia, pero si ás abundantes referencias aos actos do congreso, incluída a posibilidade de que E. Schrödinger puidese asistir a unha conferencia do físico canario Blas Cabrera na Coruña... O 5 de agosto a maioría dos congresistas acudiron a unha excursión polo Val do Ulla. Parte deles acercáronse ao Pazo de Oca onde lles ofreceron un bufete (coa ausencia dos marqueses porque estaban de luto), coa desgracia de que o chan cedeu malferindo a unhas 40 persoas e na que morreu unha profesora. Polo menos, por sorte para a ciencia, o noso protagonista non participou nesa excursión, quizás desanimado polo mal tempo que facía ese día.

O Pazo de Oca era propiedade da Casa de Camarasa (en 1948 os títulos e propiedades desta casa pasaron por herdanza á Duquesa de Medinaceli). Ao mencionar “Camarasa”, os lectores máis avezados xa se darían conta da “conexión” proposta -vale, recoñezo que é moi feble dita conexión!-, pois seguro que son coñecedores dos artigos, por exemplo (8) e (9), da directora do Instituto Eusebio da Guarda, M^a Isabel Ruso de Lago: o Instituto da Coruña comezou a súa andadura en 1862 por Real Orde de Isabel II nun pazo da rúa Herrerías (despois rúa do Instituto) propiedade dos marqueses de Camarasa, ata o seu traslado ao actual edificio, do cal foron benfeitores Eusebio da Guarda e a súa esposa Modesta Goicuría, na Praza de Pontevedra en 1890. O pazo que foi dos marqueses é hoxe sede do colexio Montel Touzet.

Referencias

- (1) Armesto Ramón, C. (2020). *A conferencia de Schrödinger*. Boletín das Ciencias, 89, 139-140.
- (2) C. Santamarina (2015). *Elemental, querido Schrödinger* (consultado en agosto de 2020). <http://culturagalega.gal/noticia.php?id=25564>
- (3) J. Al-Khalili. *Double Slit Experiment explained!* (consultado en agosto de 2020). https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=A9tKncAdlHQ&feature=emb_logo
- (4) Javier García. *La ecuación y el gato de Schrödinger* (consultado en agosto de 2020). <https://www.youtube.com/watch?v=TBzdk9QR2x0>
- (5) E. Pérez (2019). *El gato de Schrödinger visita España* (consultado en agosto de 2020). <http://lab.cccb.org/es/el-gato-de-schrodinger-visita-espana/>
- (6) Erwin Schrödinger. *¿Qué es la vida?*. Tusquets Editores (edición de 2019), Barcelona.
- (7) Iolanda Casal (2015). *A semana na que Schrödinger non morreu no pazo de Oca*. (consultado en agosto de 2020). <http://culturagalega.gal/noticia.php?id=25553#>
- (8) M. I. Ruso (2013). *O instituto da Coruña* (consultado en agosto de 2020). <http://www.edu.xunta.gal/eduga/496/nosa-escola/o-instituto-da-coruna>
- (9) M. I. Ruso (2016). *Espazos de formación da Pablo Ruiz Picasso* (consultado en agosto de 2020). <http://www.edu.xunta.gal/eduga/1189/nosa-escola/espazos-formacion-pablo-ruiz-picasso>

Pedro Luis Rodríguez Porca
Catedrático de Física e Química
IES P. Eusebio da Guarda
Agosto de 2020