

A Chave Quântica

A Chave Quântica

Eliane Xavier

KOI
EDITORA

Copyright © 2022
Todos os direitos reservados.
Koi Editora - Curitiba
www.koieditora.com.br

Capa e diagramação:
Rodney Barbosa

Revisão:
Marina Frazão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

Xavier, Eliane.

X3c A chave quântica / Eliane Xavier; ilustrações Livy Dalboni, Vitor Vilarinho. – Curitiba, PR: Koi Editora, 2022.

124 p. : il. ; 16 x 23 cm

ISBN 978-65-996656-3-9

1. Teoria quântica. 2. Física. I. Título.

CDD 530.12

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

para meus queridos filhos,
Thales e a Manuela.

Sumário:

Prólogo	9
Capítulo 1 – O que é física quântica?	11
Capítulo 2 – Do que o mundo é feito?	17
Capítulo 3 – O salto quântico.	26
Capítulo 4 – O fóton, a partícula de luz.	33
Capítulo 5 - Dualidade onda/partícula. As ondas de matéria e o experimento da fenda dupla.	42
Capítulo 6 - O colapso da onda de probabilidades; o papel do observador na física quântica.	51
Capítulo 7 - O gato de Schrödinger: um misterioso gato que está vivo e morto ao mesmo tempo.	60
Capítulo 8 - O Princípio da Incerteza de Heisenberg.....	71
Capítulo 9 - As partículas e interações fundamentais.	79
Capítulo 10 – A antimatéria.	91

Capítulo 11 – O mecanismo de Higgs.....	100
Capítulo 12 – As infinitas possibilidades.....	105
Capítulo 13 – O poder da escolha.....	112
Capítulo 14 – A chave quântica.....	116
Agradecimentos	123

Prólogo

Era uma manhã fria de outono, Ana abriu os olhos e mal se mexeu embaixo das cobertas. Esticou de leve a pontinha da mão para pegar o celular na mesinha de cabeceira e conferiu a temperatura: 2°C. Fechou os olhos de novo e levou as cobertas até a orelha. Mal suspirou e relaxou, e as notificações das mensagens no celular começaram a chegar: “Ana, vc está aí?” “Me responda”.

Era Vicky, sua melhor amiga, que repentinamente parecia um pouco desesperada para conversar. Vicky andava estranha nos últimos dias... Muito calada, com um ar de mistério, bem do tipo que está armando alguma coisa secretamente...

Ana ainda sonolenta, achou melhor responder, pelo tom de urgência da amiga: “Oi, estou aqui, td bem com vc?”, e fechando os olhos de novo acabou por cochilar mais alguns minutos. A luz do sol naquela manhã gelada já havia invadido os sonhos de Ana, e uma fresta de claridade que entrava pela janela acabou por tocar seus olhos fazendo com que ela despertasse de vez. Ana se espreguiçou e sentou-se na cama procurando seus chinelos com os pés. Checou mais uma vez o celular e percebeu que Vicky não havia recebido sua resposta, parece que ela já havia perdido a internet.

Definitivamente Vicky parecia estar aprontando alguma, Ana pensou, e resolveu dar uma passada na casa da amiga que morava a apenas algumas quadras da sua.

Curitiba ficava linda nestes dias frios e ensolarados. As árvores no outono, com suas folhas coloridas em tons de terra, caíam deslizando pelo ar gelado, cobrindo o chão num lindo tapete em tons de vermelho e marrom.

Em apenas alguns minutos Ana estava diante da porta da entrada da casa de sua melhor amiga, e tudo ficou ainda mais estranho. A casa se encontrava toda fechada, sem o menor sinal de alguém por perto. Até Toby, o cachorrinho de Vicky, parecia não estar lá. Será que sua amiga havia viajado com a família? E pior, sem avisar nada?

Dando a volta pelos fundos da casa, Ana acabou por descobrir a porta da cozinha destrancada. Respirou fundo e entrou, já que tocar a campainha não tinha surtido nenhum efeito. A essas alturas ela já estava preocupada que sua melhor amiga estivesse precisando de ajuda.

Na ponta dos pés Ana começou a vasculhar o espaço interno da casa, e nada... nem sinal de ninguém. Foi até o quarto da amiga e levou um susto. O quarto estava espantosamente arrumado. Sobre a cama de Vicky

ela encontrou uma caixa que nunca havia visto antes. Ana não conteve a curiosidade, e movida pela urgência em ter alguma pista sobre a amiga, abriu a caixa. O que encontrou foi mais estranho ainda. Neste momento Ana se lembrou de uma das suas últimas conversas com Vicky, onde ela se mostrava muito curiosa sobre o universo e o que acontece dentro dele. Ela falava sobre os cientistas e seus métodos de investigação, e decididamente tinha algo misterioso acontecendo.

Ana abriu a caixa devagar e olhou seu interior. Num tom de suspense e ansiedade o que encontrou não fez muito sentido, mas ao mesmo tempo não era nada demais. Ela se deparou com uma chave. Não uma chave qualquer, era uma chave muito estranha, daqueles modelos antigos que não se usam mais. E junto da chave havia um bilhete, na verdade um papelzinho de notas, onde ela leu apenas as palavras “física quântica”.

“Caramba! O que aquilo queria dizer? O que seria esse negócio de física quântica, e o que isso tem a ver com o desaparecimento de minha amiga”, Ana pensou.

Saindo da casa às pressas, antes que algum alarme pudesse soar criando uma confusão com sua passagem por lá, Ana rapidamente colocou a chave e o papel no bolso. Em poucos minutos já estava de volta em sua casa pesquisando na internet o que era essa tal de física quântica. Esse seria o primeiro passo.

O que é física quântica?

Uma chuva fina começava a cair naquela tarde gelada, convidando Ana para uma boa xícara de chocolate quente. Ela se acomodou na mesinha do seu quarto, abrindo o laptop para começar a pesquisar. Tomou um gole de sua xícara para se animar. Ciências nunca havia sido o seu forte, mas a situação merecia sua atenção. Respirou fundo e escreveu em um site de pesquisa: “introdução à física quântica”.

Encontrou uma descrição mais geral sobre o que é a ciência, como os cientistas descrevem o universo, e como nossa compreensão do mundo muda ao longo do tempo. Já era um bom começo.

“Os cientistas são pessoas muito curiosas que estudam o universo, e querem saber como tudo funciona. Querem entender as leis que estão por trás das coisas que vemos no mundo. Por exemplo, quando um lápis cai de nossa mão, por que ele cai em direção ao chão? Por que ele não flutua no espaço, ou sai se movendo para cima, em direção ao céu?”

Para explicar como nosso universo funciona, os cientistas criam um modo de descrever o que é visto, que se chama modelo científico. Um modelo científico é simplesmente um jeito organizado de explicar as coisas que vemos no mundo. Voltando ao exemplo do lápis que cai no chão, hoje sabemos que ele cai em direção ao chão porque existe algo chamado de força da gravidade que o puxa para baixo, nesta direção. Chamamos essa descrição que os cientistas elaboram, para explicar quais leis e dinâmicas estão por trás dos fenômenos que observamos no universo, de modelo científico.

Os modelos mudam com o tempo, conforme os cientistas fazem novos experimentos e novas descobertas.

Outro exemplo bem legal de modelo científico é como entendemos o nosso sistema solar. Lá na antiguidade acreditava-se que o nosso planeta Terra era o centro do universo, que tudo o mais girava em torno de nós. Esse era um modelo proposto por um cientista, astrônomo e geógrafo de origem grega chamado Ptolomeu. Anos depois outro cientista, astrônomo, que também era matemático, chamado Nicolau Copérnico, criou um outro modelo onde o sol é que ficava no centro, e os planetas giravam em volta dele. E hoje conhecemos muito mais coisas ainda sobre o nosso sistema solar e o espaço. Sabemos que estamos em uma galáxia, chamada de

Via Láctea, que ela é apenas mais uma galáxia entre outros bilhões que existem, e também ainda temos muitas perguntas sem respostas sobre os mistérios de nosso cosmo.

Bem, isso tudo foi para entender o que é um modelo científico e como eles podem mudar para explicar melhor as coisas, os fenômenos que vemos no universo.”

Legal! Ana pensou. Ela nunca tinha parado para olhar com calma esse assunto que parecia tão chato: a ciência. Mas agora parecia algo interessante, já que através da ciência podemos criar modelos para compreender melhor o universo em que vivemos.

Pensando na experiência que ela acabara de viver na casa da amiga, Ana percebeu que poderia criar alguns “modelos” teóricos sobre o sumiço da amiga, mas na verdade sua cabeça estava num “branco” total. Ela não conseguia pensar em nada... O que Vicky estaria procurando com esse assunto? O mistério a corroía por dentro. Resolveu então continuar sua pesquisa e saber sobre a tal física quântica em si. Seguiu com a leitura, para ver se algo passava a fazer sentido, e encontrou o seguinte:

“A física quântica nasce com um novo modelo sobre a energia. Mas, o que é energia?

Percebemos que quando estamos com bastante energia conseguimos correr, pular, jogar no computador, fazer várias coisas, certo? É assim mesmo que entendemos energia na ciência. Energia é a capacidade de realizar o que chamamos de trabalho, ou seja, podemos trabalhar mesmo, estudar, ou fazer qualquer coisa divertida quando temos energia. Por outro lado quando estamos cansados, e sem energia, só queremos dormir ou ficar parados...

Voltando agora aos modelos científicos, no início do século XIX, por volta do ano de 1900, os físicos entendiam a energia como uma onda que se propaga. A luz do sol chega até nós então como ondas, sentimos seu calor e ficamos muito queimados até, se não cuidarmos. Tudo ia bem na física mas um belo dia os cientistas fizeram um experimento no laboratório onde eles não conseguiam interpretar o que estavam observando, os resultados que estavam ocorrendo...Esse experimento era chamado de radiação do corpo negro.”

“Que nome estranho” - pensou Ana - “parece uma coisa maligna que vai irradiando uma nuvem escura”- mas acabou por descobrir que na verdade se tratava de algo mais simples, e mais do bem do que isso. Continuando sua leitura o tema foi ficando melhor.

“O objeto, o corpo, estudado nem precisa ser negro de verdade, esse é um nome técnico que não precisamos entrar em detalhe. Esse experimento diz respeito a energia pois medimos a radiação emitida por este corpo, que tem relação também com ondas eletromagnéticas.

*É importante compreender como a ciência funciona. Temos uma coisa chamada **método científico**, que é um método mesmo, como diz o nome, para a gente saber se as teorias científicas estão funcionando direitinho ou não.*

*O método científico funciona assim: quando vamos descrever algum fenômeno do universo com um modelo científico, temos uma parte que chamamos de modelo teórico, que é onde aparecem as equações matemáticas, pois a matemática é a linguagem que usamos para descrever o universo. Então fazemos os cálculos e anotamos os resultados. Por exemplo, no caso do lápis que cai no chão, podemos calcular quanto tempo ele leva para cair de uma determinada altura até atingir o chão. Depois vamos lá no laboratório e fazemos o experimento propriamente, e realizamos as medidas. Os resultados devem coincidir, ou seja, o resultado que encontramos nos cálculos tem que ser igual ao resultado que encontramos nas medidas feitas no laboratório. Caso esses resultados não coincidam isso mostra que o modelo científico não está funcionando bem, e que precisamos de um **novo modelo**.*

Voltando ao experimento da radiação do corpo negro, o importante aqui é sabermos que quando os físicos usavam o modelo científico de que a energia é uma onda, eles não conseguiam explicar o que era observado no laboratório. Quando faziam as contas, com seus modelos teóricos cheios de equações, eles chegavam a um resultado, mas quando faziam as medidas no laboratório achavam resultados diferentes.

Então era necessário que um novo modelo fosse criado, uma nova maneira de se compreender a energia.”

Ana achou isso muito interessante! Quer dizer que a maneira como compreendemos algum fenômeno no universo pode ser modificada? Ela não havia percebido isso nas aulas de ciência da escola. Parecia que o universo era daquele jeito e pronto. Foi uma novidade para ela saber que a ciência é algo “vivo”, que não é uma descrição absoluta e estática do universo, mas sim algo que se modifica com o tempo, trazendo mudanças até radicais em nossa compreensão. Animada continuou a leitura:

“Foi um físico chamado Max Planck quem teve a ideia genial e

audaciosa de propor uma maneira totalmente nova de se compreender a energia. Ele pensou assim: 'Será que a energia, que entendemos como onda, não seria na verdade um monte de pacotinhos de energia?' Ou seja, ao invés da energia ser absorvida ou emitida pelo tal corpo negro como onda, será que ela não era absorvida ou emitida como um monte de pacotinhos de energia?'

Que cara audacioso né?! Propor uma ideia totalmente nova de entender logo a energia, algo tão crucial e central na compreensão do universo!

*Algumas pessoas perguntavam para ele de onde havia tirado essa ideia, de que a energia seria pacotinhos muito pequenininhos, e ele respondia em tom de brincadeira que foi um ato de desespero. Algum modelo novo teria que surgir, e ele propôs esse. Agora resta fazer as contas e conferir se os novos resultados irão conseguir chegar aos valores que eram obtidos no laboratório. E a boa notícia é que deu certinho!! Quem poderia imaginar?! A energia pode ser compreendida como um grande feixe de minúsculos, mas minúsculos mesmo, pacotinhos, que foram chamados de **quantum**.*

*Cada pacotinho é um quantum de energia. E o plural de quantum é quanta. Vários 'quantuns' são na verdade chamados de **quanta**. A palavra 'quantuns' não existe.*

A palavra quantum vem da ideia de quantizar. E o que é quantizar? É dividir em quantidades, em pedacinhos. E tem mais uma coisa super importante, quando dividimos em pedacinhos temos uma descontinuidade.

*Imagine uma bola descendo uma rampa. A bola desce de modo contínuo a rampa, não tem nenhuma interrupção no movimento. Agora imagine uma bola descendo uma escada. Ela vai pulando de degrau em degrau, não é assim? Então podemos dizer que o movimento da bola descendo a rampa é um movimento contínuo, ou **não quantizado**, e o da bola descendo a escada é um movimento descontínuo, ou **quantizado**.*

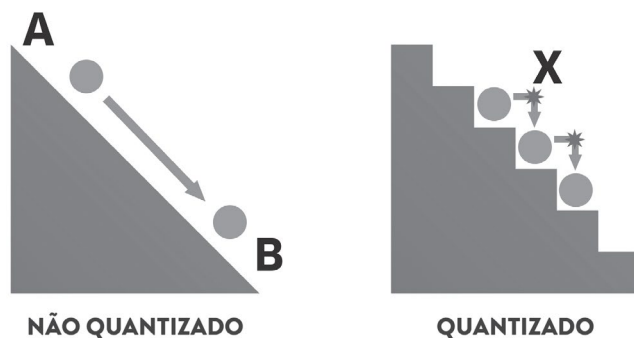


Figura 1: A bola desce de modo contínuo a rampa e de modo descontínuo a escada.

E para terminar nossa introdução à física quântica, é importante ressaltar que Max Planck criou uma equação para calcularmos a energia desse pacotinho, do quantum. Essa equação diz que a energia que cada pacotinho carrega é proporcional à frequência da onda à qual ele está associado.

Vamos explicar isso melhor. Ao entendermos a energia como uma onda, essa onda tem uma frequência de oscilação. Primeiro vamos pensar o que é uma onda. Você já viu as ondas do mar, e também ondas que se formam na água represada, como na piscina ou em um lago. Você já deve ter reparado também que a onda tem uma parte alta que chamamos de crista, e depois dela uma parte baixa que chamamos de vale.

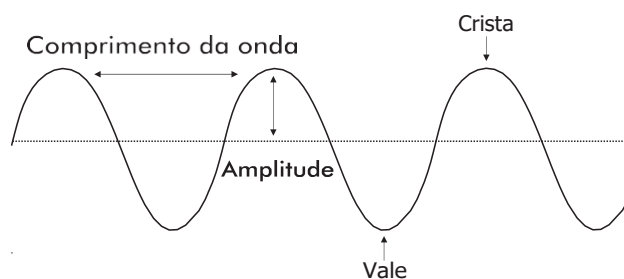


Figura 2: Comprimento de onda, amplitude, crista e vale

O número de vezes que a onda oscila, ou seja, que vemos uma crista e um vale, em um minuto, por exemplo, é o que chamamos de frequência da onda.

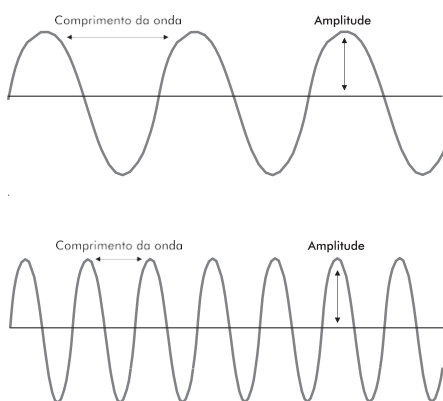


Figura 3: Duas ondas com frequências diferentes. A onda abaixo tem maior frequência que a onda de cima.

Então quando deixamos de usar o modelo de onda para a energia, e passamos a usar o modelo de pacotinhos, ou partícula, a energia dessa partícula, ou quantum, é proporcional a essa frequência da onda original, pois ela não deixou de ser onda também.

Parece confuso? É mais simples do que parece. É só se lembrar que energia e frequência estão sempre relacionadas de forma direta. Maior energia, maior frequência, ou menor energia, menor frequência, e vice-versa. Na verdade, temos que estar abertos a novas ideias. A física quântica mostra um universo totalmente diferente desse que vemos com nossos olhos, e sempre acreditamos que é o real. Quando vamos lá na escala menor possível de tudo que nos rodeia, que chamamos de matéria, as coisas são bem diferentes... As leis são outras, e as partículas dentro dos átomos se comportam de uma maneira muito inesperada! É surpreendente!

Tudo no mundo é feito de átomos, por isso é importante compreendermos como são as leis do universo nesse tamanho tão minúsculo. Aliás, você sabe o que é um átomo?"

Ana parou para respirar um pouco depois de tanta informação. Então física quântica é uma parte da física, uma teoria física, que nasce da ideia da quantização da energia, por isso ela tem esse nome! Quântico quer dizer quantizar, dividir em pedacinhos, em pacotinhos de energia chamados de quantum. Até que não era tão complicado quanto parecia. Mas ela não sabia absolutamente nada sobre o átomo.

Já estava dando para perceber que sua melhor amiga estava vivendo com a cabeça meio longe, nos últimos dias. Nesse mundo quântico, que parecia tão novo. Mas afinal, que novo universo quântico era esse? Agora ela precisava saber. E aquela chave pra lá de estranha? O que tinha a ver com tudo isso? Distraída em suas divagações Ana não percebeu que uma notificação bem inesperada tinha acabado de chegar no seu celular. Quando ela se deu conta e a leu, sua mente disparou de vez.

Do que o mundo é feito?

Ana olhou mais uma vez para a tela do celular. Incrédula leu a mensagem de Pedro, que era um amigo em comum entre ela e Vicky. Pedro perguntava, de modo totalmente inesperado, se ela sabia alguma coisa sobre o mundo atômico e subatômico. Nossa! O que significava isso afinal? Agora de repente todo mundo ficou interessado neste assunto? Ou uma outra hipótese ainda mais intrigante: será que Pedro estava seguindo as mesmas pistas que ela? Certamente precisava buscar as respostas para estas perguntas que sua mente fazia para si própria.

Respirou fundo recuperando o fôlego, e ansiosamente respondeu à mensagem do amigo: “Como assim? Estou justamente pesquisando sobre isso!”

Pedro respondeu com uma boa risada pela “coincidência”, e propôs que eles se unissem nesta nova pesquisa, sem dar maiores explicações. Ana estava um pouco frustrada com a resposta vaga do amigo, diante da expectativa que se criou na sua cabeça já intrigada. Pensou bem e chegou à conclusão de que a melhor coisa a fazer era embarcar nessa oportunidade que se abriu, de ter a companhia do amigo nesta aventura misteriosa em que sem querer ela se colocou. Combinaram então de se encontrar, no começo da tarde, na praça em frente à casa do Sr. Marcus, o professor de ciências da escola.

Certamente ele iria levar um susto com a visita inesperada de dois de seus alunos, numa fria tarde de sábado. Ainda mais dois alunos que nem eram tão fãs de ciência assim, diga-se de passagem. Mas mesmo correndo o risco de parecerem super estranhos e desajeitados, a situação merecia que eles improvisassem.

Pedro pensou em mandar uma mensagem para o professor e sondar a possibilidade da visita primeiro, mas Ana o convenceu a chegar de surpresa mesmo. Ela não podia mais esperar por uma pista concreta nesta história toda.

Com um sorrisinho meio amarelo no rosto os dois amigos timidamente tocaram a campainha. Poucos segundos depois os passos do professor Marcus já podiam ser ouvidos se aproximando da porta de entrada. Com aquele friozinho na barriga os dois ouviram a maçaneta se mexendo e deram de cara com o professor, que estava com uma cara mais

surpresa ainda do que eles já tinham imaginado.

- Olá, boa tarde - ele disse em tom bem-humorado, perguntando com um sorriso amigável. - A que devo essa ilustre surpresa?

Ana e Pedro aproveitaram a recepção calorosa e foram direto ao assunto:

- Professor, desculpe-nos por perturbar o seu final de semana, mas precisamos de sua ajuda.

- Claro, claro - respondeu o professor Marcus de forma solícita. - Façam o favor de entrar.

Deixando os sapatos na varanda, a dupla entrou mais do que depressa, com seus pezinhos no chão gelado da casa, aproveitando a brecha, antes que o professor pudesse por algum motivo mudar de ideia.

- Sentem-se - convidou Marcus. - Como posso ajudá-los?

Ana e Pedro trocaram um olhar, como que decidindo silenciosamente quem começaria a falar, e Ana percebeu que teria que ser ela mesma a começar o assunto.

- Professor Marcus - começou Ana tomando coragem. - Gostaríamos muito de saber sobre um assunto, que imaginamos que o senhor poderia nos ajudar.

- Sim - respondeu Marcus. - Podem falar

Ana puxou o ar, engoliu em seco, e achou melhor soltar de uma vez:

- Queremos muito saber sobre o átomo e o mundo subatômico.

Com um ar de espanto e contentamento misturados o professor se recostou na sua poltrona e disse:

- Claro, não é um assunto muito simples, pois diz respeito a um universo que não conseguimos ver com nossos olhos, e nem sentir diretamente com nossos sentidos grosseiros, mas tudo a nossa volta é feito de átomos, o que por outro lado faz do mundo subatômico algo totalmente presente em nossas vidas.

O professor se empolgou e começou sua explicação: *“Agora nós vamos juntos fazer uma viagem para o mundo do pequenininho, mas muito pequenininho mesmo! Pensem na menor coisa que você conhece ou já viu... Pensaram?”*

Agora imaginem partir essa coisa ao meio. Ficou menor ainda!! E vamos pegar essa metade e partir de novo, e de novo, e de novo, até partirmos trilhões de vezes, até um pedacinho que não poderemos mais observar diretamente com nossos olhos.

Não conseguimos mais enxergar mas tem coisa lá! Tem um pedacinho, o menor pedacinho possível, do que chamamos de matéria,

que forma essa matéria toda que nos rodeia e tudo o que conhecemos. A mesa da nossa casa, nossa cama, nossos corpos, a lua, as estrelas, o sol, as plantas, tudo, tudinho mesmo. Isso é o que chamamos de mundo material.

Então, vamos voltar para nosso pedacinho de matéria. Vou contar para vocês uma história, que começa lá na antiguidade... lá há muito tempo atrás, quando as pessoas começaram a se perguntar do que o mundo era feito.

Essa é uma boa pergunta, né?! Nós olhamos esse mundo todo a nossa volta e bate uma curiosidade. Será que tem algum tijolinho básico que monta tudo isso que a gente vê?”

- É uma ótima pergunta - disse Pedro.

E o professor continuou: “E era isso que as pessoas, lá pelo ano de 400 antes de Cristo, ou seja, antes de começarmos a contar os anos como contamos agora, já se perguntavam. Eram os filósofos da época. Bem, mas o que nos interessa é: afinal do que o mundo é feito?!”

Esses pensadores, filósofos, criaram a ideia de átomo. O átomo seria esse tijolinho fundamental, igual uma pecinha de lego, que vai juntando uma com a outra e montando várias coisas diferentes, o que a nossa imaginação mandar.

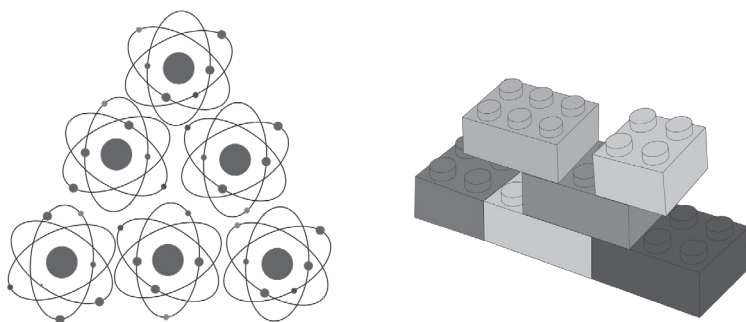


Figura 4: Segundo os atomistas gregos os átomos se juntam e formam a matéria como as pecinhas de lego formam os objetos.

Eles acharam que esse tal de átomo seria uma pecinha inquebrável, indivisível, e que nada no mundo poderia destruí-la, pois era como a pecinha de lego que Deus usou pra construir o nosso universo! Se foi Deus que criou esse tijolinho nada poderia destruí-lo.

Até o nome da pecinha – átomo – já tinha esse significado de algo indivisível, que não se reparte em partes menores.

Pois bem, assim foi durante muito tempo, até que muitos anos depois, em 1897 os cientistas descobriram uma outra coisa menor dentro do átomo”.

- Uauuu! Que surpresa! - disse Ana.

“Sim”, continuou o professor: “Um cientista muito esperto, chamado Thomson, encontrou uma particulazinha dentro do átomo a que deram o nome de elétron.

Agora o átomo não era mais o menor pedacinho de matéria que existe. Tinha algo menor dentro dele – o elétron. Então os cientistas começaram a se perguntar: como seria o átomo com essa partícula dentro? O tal do Thomson criou então um modelo, ou seja, uma maneira de entender como o átomo seria. O modelo recebeu o seu nome, mas ficou conhecido também como ‘pudim de passas’, pois os elétrons estariam entremeados pelo átomo como passas num pudim.”

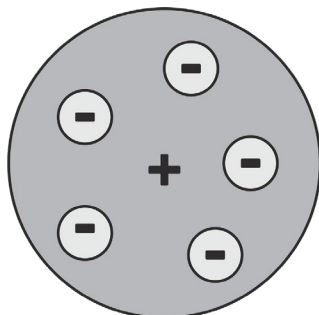


Figura 5: Modelo de Thomson. Os elétrons estão distribuídos pelo átomo, entremeados como passas num pudim.

- Ahhh, essa parte do modelo eu já sei - disse Ana, não contendo o orgulho pelo seu recente conhecimento. Pedro, por outro lado, fez uma cara de quem estava boiando no assunto, mas Ana logo o cutucou e disse:

- Não se preocupe, te explico mais tarde - e animadamente pediu ao professor que continuasse a explanação do tema.

Marcus, percebendo a animação dos alunos, se empolgou mais:

“Que legal quando somos surpreendidos né? Acharam que o átomo era o pedacinho menor de tudo o que existe, mas na verdade não era. E vem muito mais surpresas por aí!

Vocês já devem ter imaginado que os cientistas são uns caras muito curiosos, então eles não param de fazer experimentos e procurar por coisas novas. E foi o que aconteceu, poucos anos depois um outro cientista chamado Rutherford, que era aluno do Thomson, foi quem descobriu que o átomo na verdade era de um jeito diferente desse modelo que o Thomson criou. Ele fez uma experiência muito interessante no laboratório, onde jogou um monte de partículas bem pequenininhas, que eles chamavam de partículas alfa, que eles mesmos não sabiam direito o que eram, contra uma folha de ouro bem fininha.

E para a surpresa de todos, viram que as partículas atravessavam a folha de ouro!

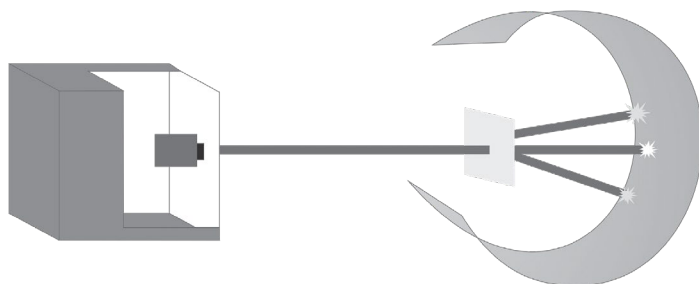


Figura 6: Partículas alfa atravessando uma folha de ouro, e sendo detectadas do outro lado.

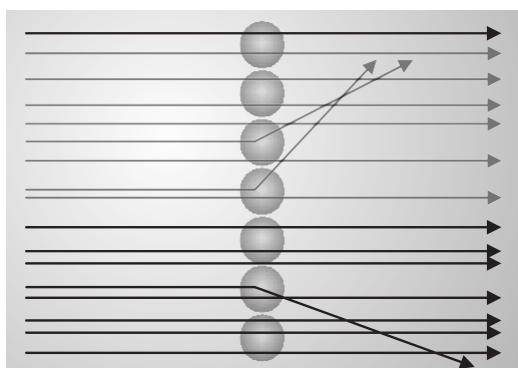


Figura 7: Partículas alfa atravessando a folha de ouro no laboratório.

Mas se o átomo fosse essa massa toda espalhada não teria como essas partículas pequeninhas atravessarem o átomo, certo? Já que a ideia original era que o átomo seria uma partícula dura e impenetrável.

Ou seja, a massa dele não está espalhada por todo lado como pensávamos. Ela está na verdade concentrada numa região muito pequeninha chamada de núcleo, que era onde as partículas batiam em algo massivo e desviavam seu caminho.

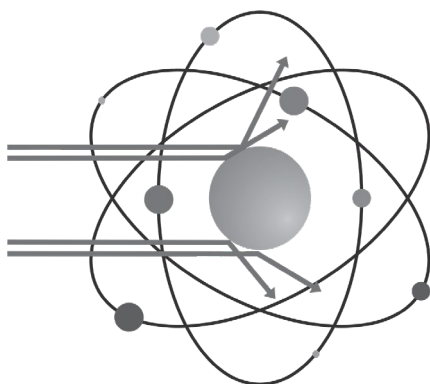


Figura 8: Partículas alfa sendo lançadas contra os átomos da folha de ouro. A maioria das partículas atravessa a folha de ouro, mas algumas partículas colidem contra o núcleo, alterando a direção do seu movimento.

E quando falo pequeninha, é pequeninha mesmo. Imagine que o átomo fosse do tamanho de um estádio de futebol. O núcleo do átomo seria a bola no centro do gramado. Bem menor mesmo que o tamanho do átomo todo.

Aí vocês vão perguntar: mas, e os elétrons, onde foram parar? Ficaram dentro do núcleo também?”

Mais uma vez os dois ouvintes atentos se entreolharam, e só encontraram mais curiosidade e perplexidade nos olhos um do outro.

Notando a reação dos alunos o professor continuou: *“A resposta é não... Os elétrons ficam orbitando o núcleo numa parte externa a ele. Esta área, que na verdade é a maior parte do átomo, chamamos de eletrosfera, nome parecido com nossa atmosfera, que está em torno do nosso planeta.”*

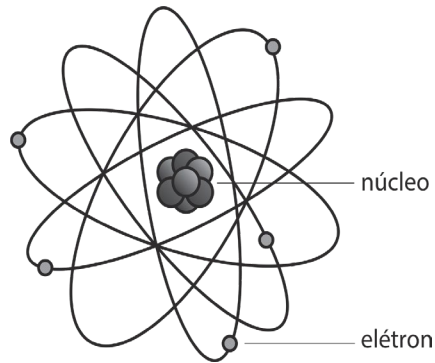


Figura 9: Modelo de Rutherford. A massa do átomo está toda concentrada no núcleo, e os elétrons orbitam o núcleo atômico numa região chamada de eletrosfera.

E ele continuou: *“Mas ainda tem mais coisas para a gente descobrir sobre o átomo. A história ainda não acabou.*

Vamos olhar mais de perto esse tal de núcleo do atômico. Será que tem mais alguma coisa lá dentro? Ou ele é só uma massa de matéria comprimida? O que vocês acham?”

A essa altura, os dois amigos já achavam que o mais prudente mesmo era continuar sem dar muitos palpites, mas essa parte eles se lembravam das aulas na escola, e Pedro respondeu:

- Se me lembro bem, dentro do núcleo temos dois tipos de partículas, o próton e o nêutron.

E Marcus continuou: *“Isso mesmo, as partículas estão aparecendo mais e mais. Agora temos mais essas duas.*

Então o núcleo do átomo é formado por prótons e nêutrons. Será que agora acabou? Ufa... Durante alguns anos os cientistas acharam que já tinham descoberto tudo sobre o átomo, mas depois foram surpreendidos de novo. Vocês acreditam que dentro dos prótons e nêutrons tem mais uma partícula ainda menor? Isso mesmo, e o nome dela é quark. Parecido com o barulho que os patos fazem quac, quac, quac.”

Os dois caíram na risada. Até que enfim alguma coisa que eles conheciam. Esse som dos patos lhes era bem familiar, já que eles costumavam andar de bicicleta num dos parques da cidade onde havia um lago com muitos deles.

Marcus continuou: “E essas partículas aparecem em seis tipos diferentes, com nomes bem engraçados. Tem o quark up, o quark down, o quark charmoso, o quark estranho, o quark top e o quark botton.

Dentro do próton encontramos dois quarks up e um quark down, e dentro do nêutron encontramos dois quarks down e um quark up.

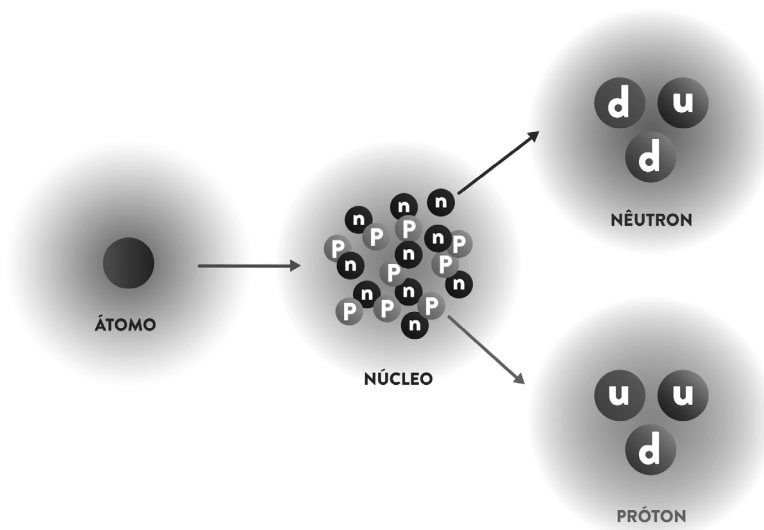


Figura 10: Dentro do átomo temos o núcleo, dentro do núcleo temos os prótons e nêutrons, e dentro dos prótons e nêutrons temos os quarks. O próton é formado por dois quarks up e um down, e o nêutron é formado por dois quarks downs e um up.

Aí vem a pergunta: Agora chegamos à menor partícula dentro do átomo ou será que ainda tem mais?

Até onde nossa ciência atual já foi, chegamos ao limite do que conhecemos hoje, mas não sabemos o que ainda pode estar por vir.

Mas ainda temos uma conclusão muito inesperada depois dessa exploração toda do átomo. Aquele átomo, como um pedacinho de matéria, nós não encontramos na verdade. Porque sempre que achávamos que tínhamos encontrado um pedacinho de matéria, acabávamos por encontrar outra partícula menor dentro daquela, e cada vez que passamos de uma partícula para outra menor dentro dela, sobra um monte de espaço de vazio...

Lembram-se quando descobrimos o núcleo do átomo? Descobrimos também que a massa do átomo estava toda concentrada nele, e que ele era minúsculo em relação ao tamanho do átomo, (lembrem-se do estádio de

futebol e da bola no centro). Daí já apareceu um enorme espaço “vazio” onde ficam os elétrons. Mas aí dentro do núcleo também encontramos os prótons e nêutrons, e dentro dos prótons e nêutrons encontramos os quarks, e sobra mais um monte de espaço vazio. No fim das contas chegamos à conclusão de que o átomo é quase, mas quase mesmo, todo o espaço vazio!!”

- O quê?! - perguntaram os dois quase que ao mesmo tempo!

“É isso mesmo!” continuou o professor: “Ninguém esperava por essa. Mas o que a física quântica mostra é que a matéria, daquele jeito de tijolinho tipo lego, na verdade não existe...”

“Ficaram surpresos?”, perguntou Marcus, e continuou: “Os físicos também ficaram muito surpresos! Mas isso é o que a ciência moderna tem para nos contar sobre o que é a matéria nos dias de hoje.”

Ana e Pedro estavam completamente intrigados e surpresos.

- Mas quando batemos a mão sobre uma mesa ou uma cadeira as sentimos sólidas, inclusive machuca bastante quando tropeçamos no pé de uma delas! - disse Pedro.

“Sim!”, respondeu Marcus, e continuou: “mas a matéria não é bem o que pensávamos até o século XIX. Hoje compreendemos a matéria como um tipo de energia condensada. O átomo é 99,999999999999% espaço vazio, no sentido daquela matéria que os físicos da visão clássica da física acreditavam existir.”

“E mais ainda”, complementou Marcus animado, “a teoria quântica nos mostra de modo irrefutável que a matéria é um tipo de onda de probabilidades, que se colapsa de acordo com a interação com o observador.”

- Como assim?! - exclamaram os dois amigos.

Marcus não se conteve e deu uma boa risada.

- Eu compreendo o espanto de vocês, mas já receberam muita informação por hoje. Esse assunto vai ficar para outro dia. Vamos continuar nossa investigação sobre o universo que essa história vai ficando cada vez melhor.