

NOME: EMILYN F DE
OLIVEIRA OSTWALD
PROFESSORA PATRÍCIA
WAZLAWICK

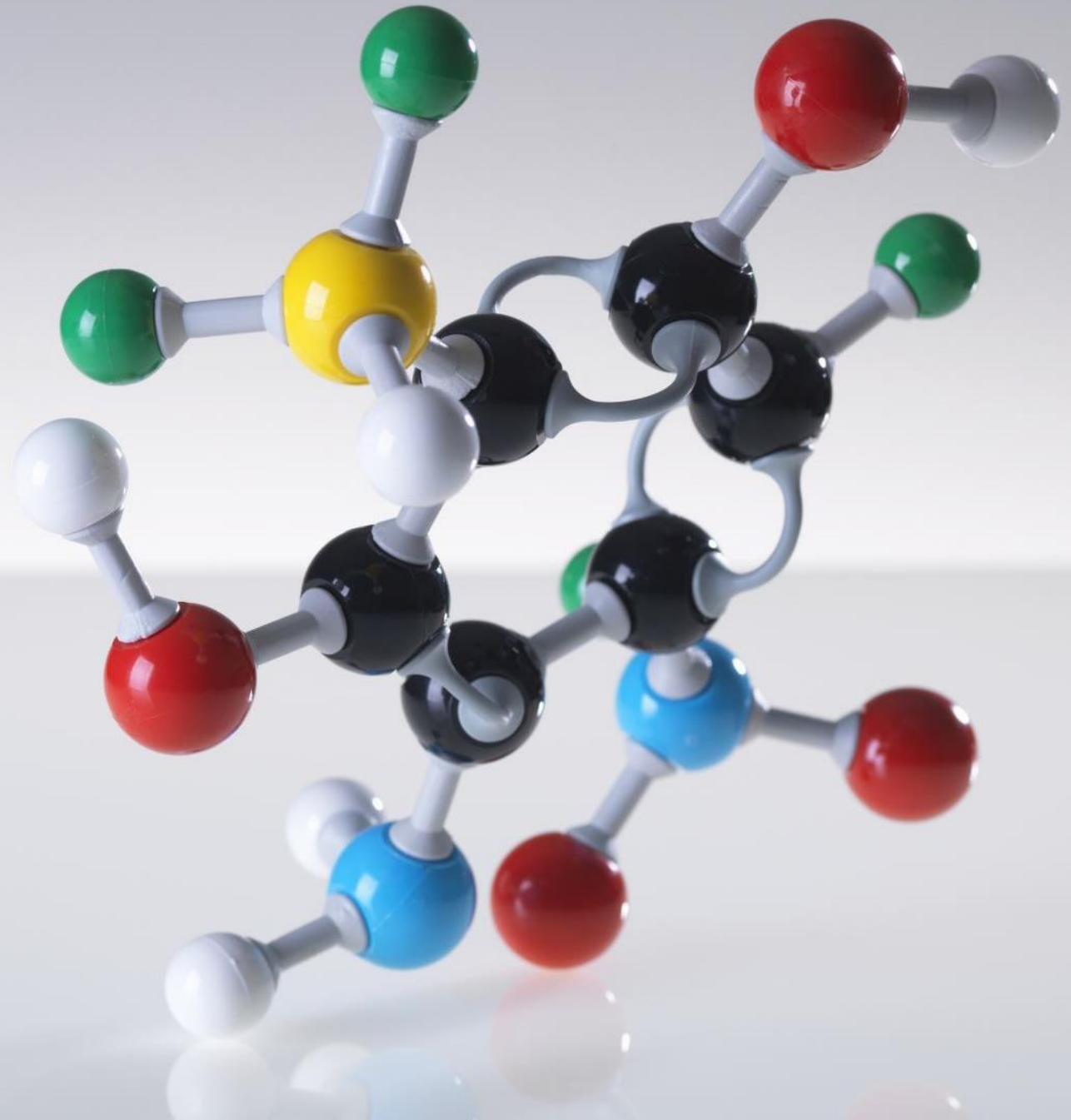
DOSSIÊ: FÍSICA QUÂNTICA



ÁTOMO

Átomo é o nome dado ao formador da matéria (tudo aquilo que ocupa espaço e possui massa). Em sua constituição, o átomo apresenta partículas (prótons, nêutrons e elétrons), não sendo a menor parte da matéria. Todavia, sua visualização não é possível. O que se conhece sobre o átomo está relacionado com experimentos físicos, químicos e aspectos matemáticos comprovados cientificamente.

Átomos e Moléculas. Todas as substâncias que existem são constituídas de átomos e moléculas. Podemos ter substâncias simples (ferro, oxigênio, hidrogênio, cobre, etc) e substâncias compostas (água, sal, etc). Por exemplo a água é composta de dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, a sua fórmula química é H_2O .



Quantum, quanta e quântica.

A Física Quântica é o que estuda o comportamento de diversos fenômenos que ocorrem em escalas moleculares, atômicas e nucleares.

Na física um **quantum (plural: quanta)** é a menor quantidade de qualquer grandeza física envolvida numa interação. A noção de que uma grandeza pode ser “quantizada” vem da “hipótese da quantização”. Isso implica que a magnitude dessas grandezas podem apenas assumir valores discretos, que são múltiplos inteiros da unidade de um quantum.

A quantidade mínima de energia que é susceptível de transmissão através de um comprimento de onda. Também a noção diz respeito ao valor mais pequeno que pode adquirir uma grandeza no âmbito de um sistema físico ao modificar o seu estado.

Quantum significa uma unidade elementar indivisível, definida como a menor parte de uma coisa. A ideia de quantum remete o pensamento ou a uma medida ou quantidade de mínimo. O quantum da Física quântica é a menor energia. Mas a menor realidade física. Onda e partícula ao mesmo tempo.

Quanta (palavra latina, plural de quantum, -i, que quantidade); substantivo masculino plural; Singular: quantum.

A física quântica trata de analisar como se comporta a matéria com dimensões íntimas, algo que dificulta conhecer/saber qual é a posição exata e a energia de uma partícula.

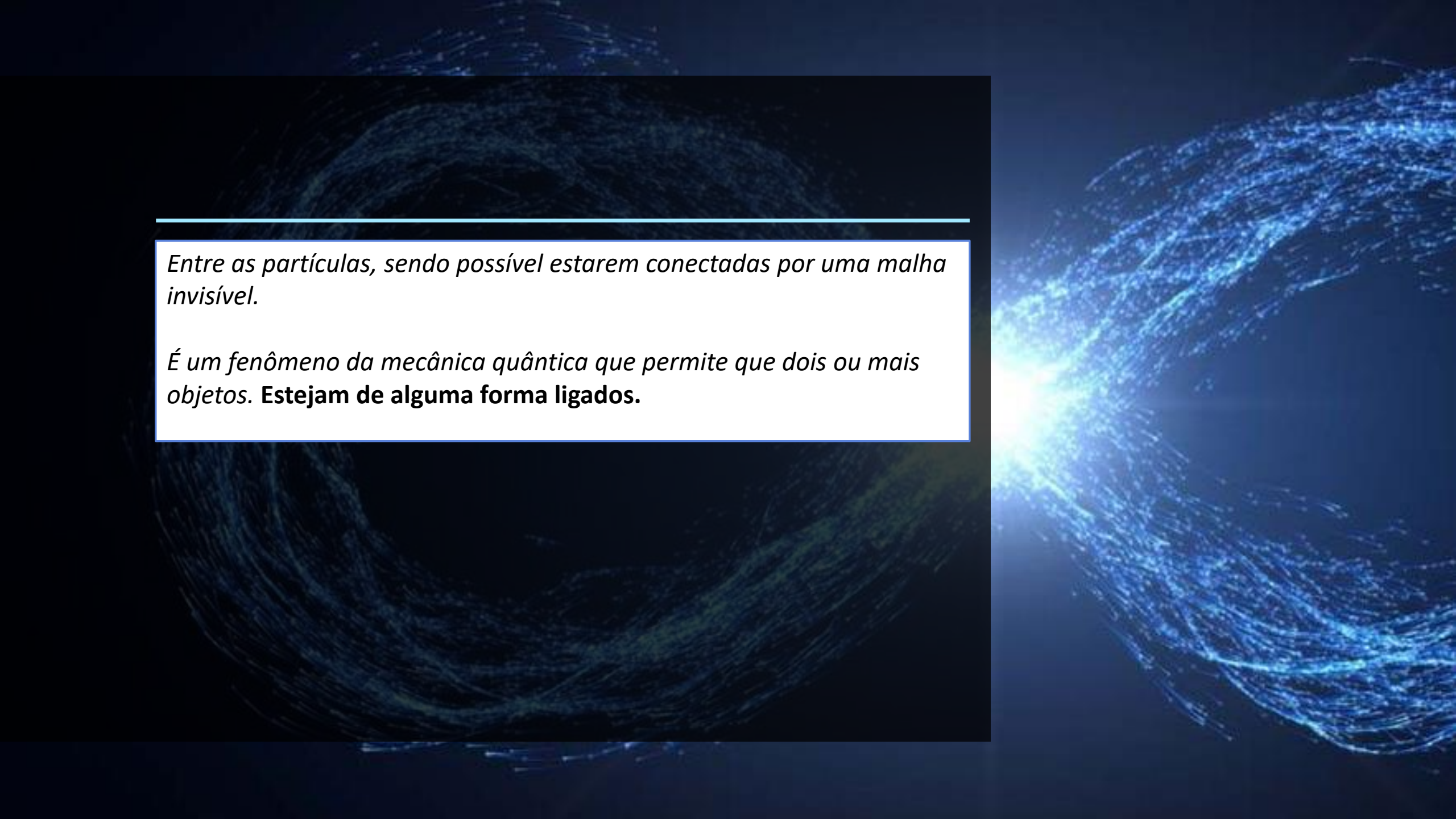
A palavra “quântica” (do Latim quantum) quer dizer quantidade. Na física quântica, esta palavra refere-se a uma unidade discreta que a teoria quântica atribui a certas quantidades físicas, como a energia de um elétron contido num átomo em repouso.

PARTÍCULAS SUBATÔMICAS/ELEMENTARES

- Nas ciências físicas, as partículas subatômicas são partículas muito menores que os átomos. Tal acepção reduz o conceito de "partícula" ao conjunto de "elementos fundamentais da matéria", por vezes também chamadas de partículas subatômicas. É fácil perceber que esta acepção restringe mas não invalida a acepção anterior visto que em sentido estrito as "partículas" são as menores porções localizadas de matéria-energia conhecidas, e por tal são entes de dimensões desprezíveis frente às dimensões presentes na (quase?) totalidade de problemas que exijam considerações sobre as mesmas. O termo "matéria-energia" figura na definição devido à equivalência entre massa e energia ($E=mc^2$) e ao comportamento dual onda-corpúsculo facilmente verificado para entes com tais dimensões.
- A Física de partículas é a área da Física que estuda as partículas elementares que constituem a matéria, além da radiação que emitem e a interação entre elas. As partículas elementares são assim chamadas porque são indivisíveis e formam todas as outras partículas encontradas na natureza.
- As primeiras pesquisas relacionadas com as partículas isoladas foram feitas pelos gregos. O primeiro artigo foi formulado por Tales de Mileto, que abordou como tema a eletricidade. Já o segundo artigo foi formulado por Demócrito e afirmava que toda a matéria poderia ser dividida até chegar à sua parte mais fundamental e indivisível, o que introduziu a ideia de átomo.

EMANHARAMENTO OU ENTRELAÇAMENTO
QUÂNTICO



The background features a complex, abstract pattern of fine, overlapping lines in shades of blue and green, resembling particle tracks or a network. A central white rectangular box with a thin blue border contains text. On the right side, there is a vertical strip of the same abstract pattern, which is more brightly lit and appears to be part of a larger, glowing structure.

Entre as partículas, sendo possível estarem conectadas por uma malha invisível.

*É um fenômeno da mecânica quântica que permite que dois ou mais objetos. **Estejam de alguma forma ligados.***

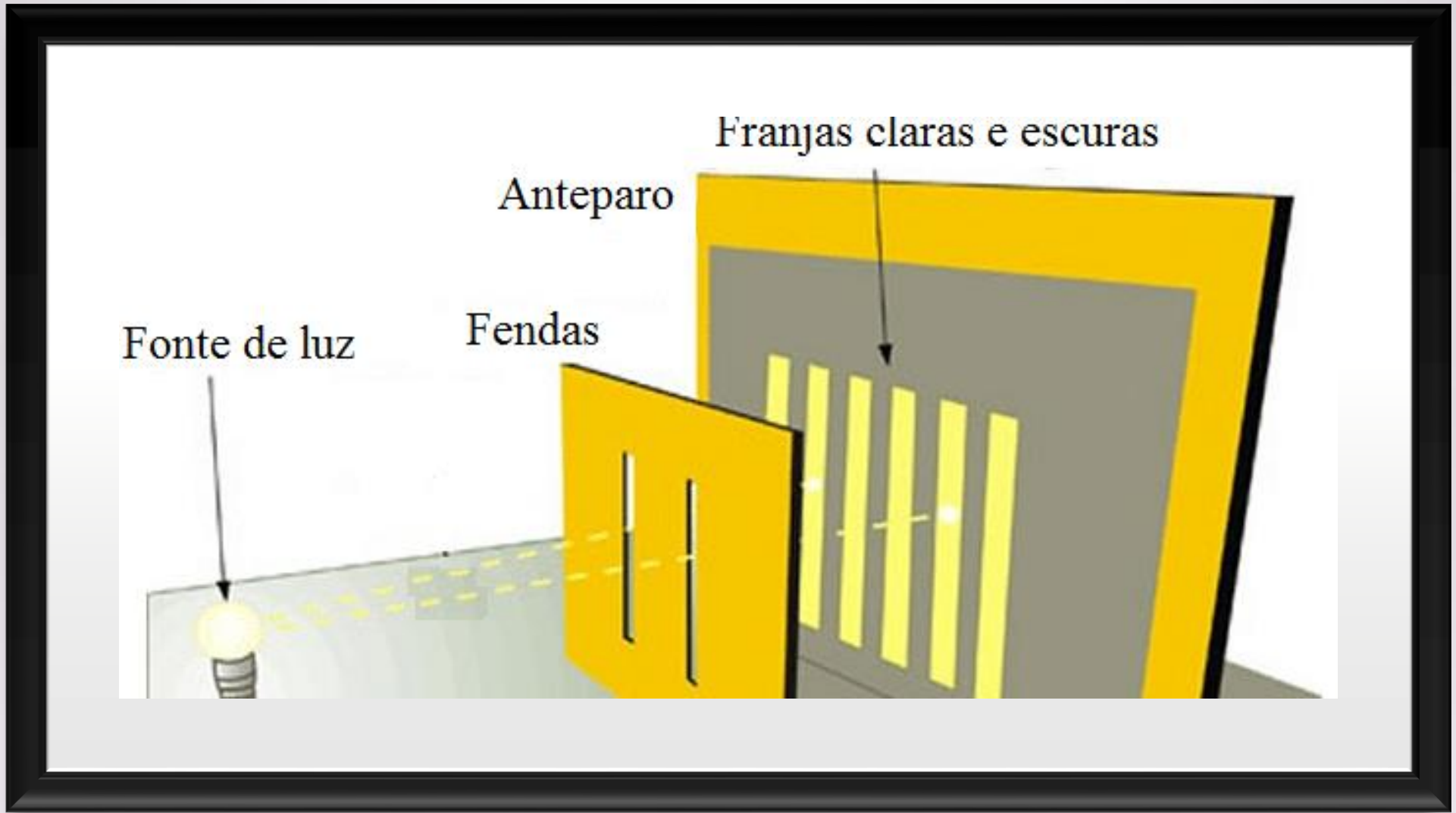
A expressão '**entrelaçamento**' foi elaborada por **Erwin Schrödinger**, físico de origem austríaca, quando ele realizou, em 1935, uma experiência de natureza mental conhecida como **Gato de Schrödinger**. Nesta investigação ele compara o universo cotidiano com a mecânica quântica, exemplificando com a história de um gato encerrado em uma caixa com um recipiente de veneno.

Um contador é programado para promover a disseminação desta substância fatídica assim que perceber a presença de radiação. Há então várias possibilidades em ação, o animal está vivo ou morto, dependendo de fatos submetidos à incerteza e também do próprio intérprete do evento em questão.

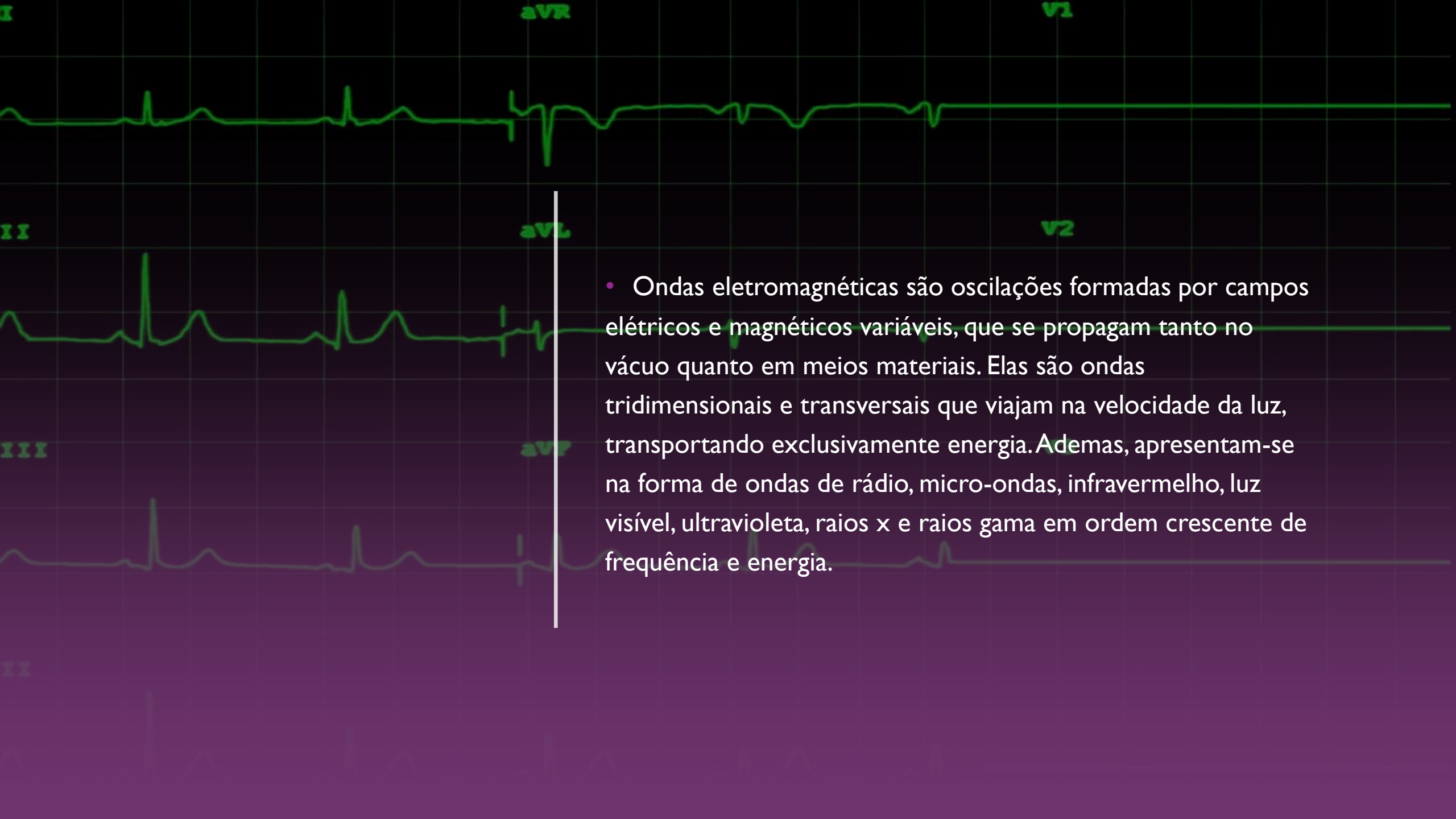
O **entrelaçamento** ou **emaranhamento quântico**, portanto, é um evento estudado pela Mecânica Quântica. Segundo esta teoria, dois ou mais objetos podem estar de tal forma conectados que uma face não pode ser analisada adequadamente sem que a contraface seja igualmente afetada, ainda que ambos estejam localizados em dimensões espaciais distintas.

Experimento da Fenda Dupla

- A experiência das duas fendas consiste em deixar que a luz visível se difrate através de duas fendas. Foi Thomas Young quem realizou o experimento da fenda dupla.
- "Thomas Young, em 1802, realizou um importante experimento para a teoria ondulatória, no qual foram usados três anteparos. No primeiro, havia um pequeno orifício em que ocorria a primeira difração da luz proveniente de uma fonte monocromática.
- O orifício único no primeiro anteparo fazia a luz atingir os orifícios do segundo anteparo em fase, transformando-os em "fontes" coerentes, já que pertenciam a uma mesma fonte original de onda. No segundo anteparo havia dois orifícios colocados lado a lado, nos quais aconteciam novas difrações com a luz já difratada no primeiro orifício.
- No último anteparo eram projetadas as manchas de interferência e podiam ser observados máximos (regiões mais bem iluminadas) e mínimos (regiões mal iluminadas) de intensidade. Quando os orifícios eram substituídos por estreitas fendas, essas manchas tornavam-se franjas de interferência, que eram mais bem visualizadas."
- "Esse experimento permitiu que Young entendesse melhor a difração e a interferência, interpretando a simetria das franjas e a variação da intensidade da luz nelas obtida".

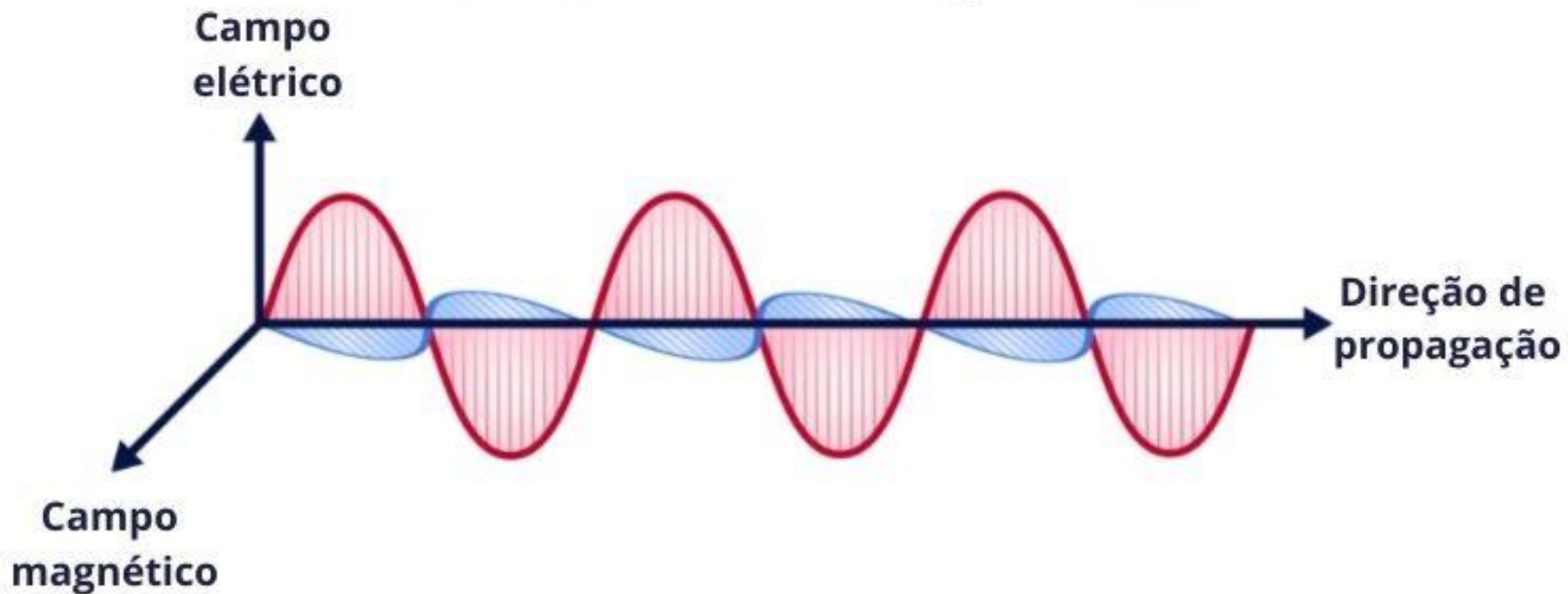


-
- Fóton
 - Também a causa do universo utilizou essa energia primordial para criar o universo, e acreditar nisso é uma experiência da lógica das causalidades. Deus utilizou a luz ou o fóton como ferramenta para criar o universo, e sobre isso o o Fiat Lux (faça-se a luz) do Gênesis é um exemplo bastante sugestivo. E em diferentes épocas e nas diferentes culturas, as teologias e os mitos utilizarem a luz como um símbolo, por meio do qual as divindades criam os seus mundos. Fóton = luz. Tudo é feito do fóton e todas as coisas também são vistas por conta do fóton. O fóton não foi apenas a primeira realidade a surgir, mas também é a partícula mais abundante do universo: uma única lâmpada elétrica de 100 w emite uma quantidade de 250 milhões de trilhões de fótons por segundo, que nós chamamos de duzentos e cinquenta bilhões de trilhões. Também é a única partícula estável que não possui antipartícula. O fóton é a única partícula que não decai, ou seja, é a única partícula que existe para sempre. Até mesmo a antimatéria é feita de fóton.



- Ondas eletromagnéticas são oscilações formadas por campos elétricos e magnéticos variáveis, que se propagam tanto no vácuo quanto em meios materiais. Elas são ondas tridimensionais e transversais que viajam na velocidade da luz, transportando exclusivamente energia. Ademais, apresentam-se na forma de ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama em ordem crescente de frequência e energia.

Ondas eletromagnéticas



Sobreposição quântica

Sobreposição quântica é um princípio fundamental da física quântica que afirma que um [sistema físico](#) (como um [elétron](#)) existe parcialmente em todos os [estados](#) teoricamente possíveis simultaneamente antes de ser [medido](#). Porém quando medido ou observado, o sistema se mostra em um único estado.

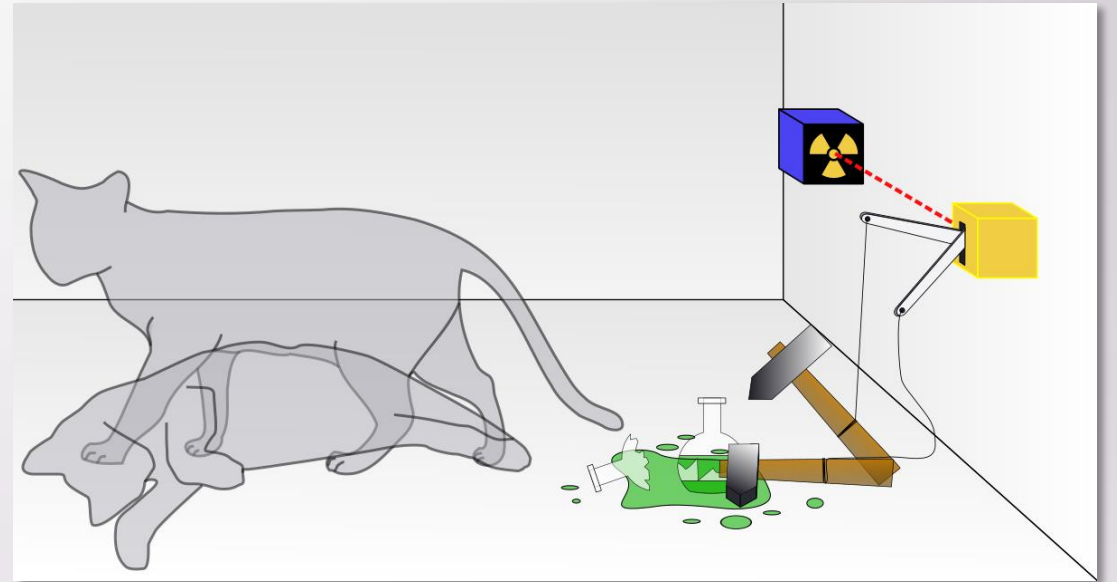
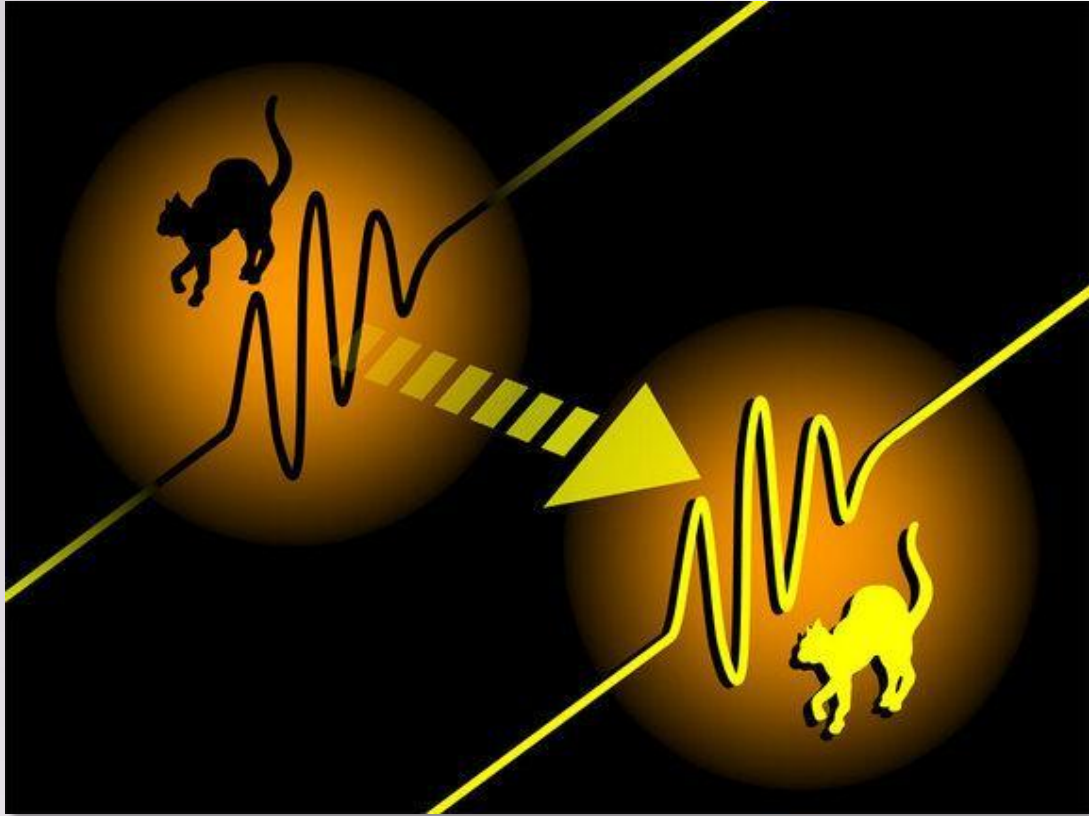
O princípio da superposição vem da adição de [amplitudes](#) de [ondas](#) por [interferência](#). Na física quântica é a amplitude de [funções de ondas](#), ou vetores de estado que são somados. Isso ocorre quando um objeto simultaneamente "possui" dois ou mais valores para uma quantidade [observável](#) (e.g. a [posição](#) ou a [energia](#) de uma [partícula](#)).

Mais especificamente, qualquer quantidade observável corresponde a um [autovetor](#) (auto estado) de um [operador linear Hamiltoniano](#). A combinação linear de dois ou mais autovetores resulta em uma sobreposição de dois ou mais valores de uma quantidade observável. Se a "quantidade" é medida, o postulado (da física quântica) que fala a respeito de projeção afirma que o estado será aleatoriamente colapsado em um dos valores da superposição (com probabilidade proporcional a amplitude do autovetor na combinação linear). Uma questão que naturalmente aparece é: Por que objetos e eventos macroscópicos (que obedecem as leis newtonianas) não parecem mostrar propriedades da mecânica quântica (como a superposição).

Em 1935, Schrodinger descreveu um experimento já bem conhecido hoje como o gato de Schrodinger, que mostra as dissonâncias entre a mecânica quântica e a física newtoniana.

De fato, a sobreposição quântica resulta em vários efeitos diretamente observáveis, como os padrões de interferências das ondas em experimentos com luz.





-
- Tunelamento quântico (ou Efeito Túnel) é um fenômeno da física quântica no qual partículas podem transpor um estado de energia classicamente proibido. Isto é, uma partícula pode escapar de regiões cercadas por barreiras potenciais mesmo se sua energia cinética for menor que a energia potencial da barreira. Existem muitos exemplos e aplicações para os quais o Tunelamento tem extrema importância, podendo ser observado no decaimento radioativo alfa, na fusão nuclear, na memória Flash, no diodo túnel e no amplamente conhecido microscópio de corrente de tunelamento.

Efeito fotoelétrico

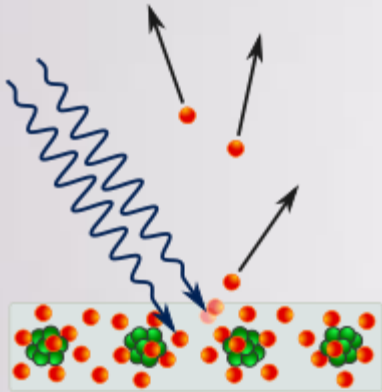
O efeito fotoelétrico foi descoberto por [Heinrich Hertz](#), durante seus experimentos relacionados à produção e captação de ondas eletromagnéticas. Em 1886, Hertz conduzia seus experimentos com chapas metálicas quando percebeu que a incidência da luz ultravioleta resultava em maior produção de faíscas. A **explicação teórica** para o fenômeno, entretanto, só foi feita em 1905, pelo físico alemão **Albert Einstein**.

O mecanismo do efeito fotoelétrico era **controverso**, uma vez que, de acordo com os conhecimentos do **eletromagnetismo clássico**, um corpo iluminado por uma fonte de luz deveria absorver toda energia luminosa irradiada sobre ele, no entanto, o efeito fotoelétrico **só acontecia a partir de certa frequência**, que variava de acordo com cada material.

Albert Einstein conseguiu interpretar o efeito fotoelétrico usando os argumentos matemáticos de **Max Planck**, generalizando-os. De acordo com a teoria da Planck, a radiação térmica é quantizada, isto é, apresenta valores de energia discretos. Segundo esse ponto de vista, a luz é formada por pequenos **pacotes de energia**, que mais tarde foram batizados como **fótons**.

Einstein assumiu que a hipótese de Planck fosse válida para todo tipo de radiação eletromagnética, desse modo, mostrou a todo o mundo que **luz podia comportar-se como onda e como partícula**.





- O efeito fotoelétrico acontece quando os fótons que incidem sobre um material apresentam certa **energia capaz de arrancar os elétrons desse material**. Cada material necessita de uma quantidade específica de energia para ter seus elétrons ejetados, essa quantidade de energia é chamada de **função trabalho**.
- Essa **energia é transferida para os elétrons do material na forma de energia cinética**. Assim, caso a energia do fóton seja superior à energia que mantém o elétron preso no material, o elétron será ejetado, e sua energia cinética será numericamente igual à diferença entre a energia contida no fóton e a função trabalho.
- O experimento que ressaltou o caráter quântico do efeito fotoelétrico é conhecido como **experimento de Philipp Lenard**, um dos assistentes de Heinrich Hertz. Lenard realizou uma série de experimentos e constatou que a **intensidade da luz não afetava a energia com que os elétrons eram arrancados** de placas metálicas, contradizendo a teoria vigente do eletromagnetismo, em 1903.
- Pouco tempo depois, **Egon Schweidler** conseguiu provar experimentalmente que a energia cinética dos elétrons ejetados era **diretamente proporcional à frequência da luz** que iluminava as placas.
- Os experimentos de Lenard eram feitos utilizando duas placas metálicas — uma placa emissora, iluminada por uma fonte de luz monocromática, e uma placa coletora, que servia para absorver os elétrons. A fim de detectar a absorção de elétrons pela placa coletora, ligava-se um amperímetro em série com as duas placas, além disso, havia uma variação do experimento em que uma bateria era ligada às placas.
- A função da bateria era criar um campo elétrico entre as placas que pudesse frear os elétrons; ajustando-se à **tensão elétrica**, era possível descobrir-se o valor da energia cinética de cada elétron ejetado.

"A **dualidade onda-partícula** é uma propriedade inerente da natureza tanto para partículas quanto para ondas. A natureza dual pode ser observada por meio de experimentos quando se investiga o comportamento de partículas, como elétrons, prótons, nêutrons e até os átomos. A dualidade onda-partícula é resultado de um grande número de experimentos e teorias, como aquelas relacionadas ao efeito fotoelétrico, esclarecidas por Albert Einstein."

"As partículas: ocupam uma posição no espaço, são dotadas de massa, têm forma definida, são bem localizadas, isto é, pode-se determinar facilmente sua posição.

Já as ondas: são perturbações no espaço, não têm posição definida, não têm massa, são fenômenos que transportam energia, estão sujeitas aos fenômenos de reflexão, refração, difração, interferência etc."

"Apesar de serem coisas totalmente diferentes, do ponto de vista da física, toda partícula tem uma onda a ela associada e vice-versa. A forma como a matéria se expressa, seja em forma de onda, seja em forma de partícula, está relacionada à forma como ela é observada."



ANTIMATÉRIA

- A antimatéria é o inverso da matéria. Cada partícula elementar que conhecemos possui uma partícula oposta que apresenta exatamente as mesmas características, exceto a carga elétrica, que é o inverso. O pósitron, por exemplo, é a antimatéria do elétron, portanto, possui a mesma massa, mesma rotação, mesmo tamanho, mas carga elétrica de sinal oposto. A antimatéria não é produzida naturalmente na Terra. Tudo o que se sabe sobre essas antipartículas vem de experiências realizadas em aceleradores de partículas, que apresentam antipartículas como produto. A dificuldade de produzir e analisar esses materiais está no fato de que, no encontro da matéria com a antimatéria, sempre ocorre aniquilação, isto é, uma destrói a outra, e o resultado é uma grande quantidade de energia.



- **Padrão de interferência**

- Se a luz a partir de duas fontes pontuais se sobrepõe, a interferência padrão mapeia o caminho em que a diferença de fase entre as duas ondas varia no espaço. Isto depende do comprimento de onda e das distâncias relativas das fontes pontuais.

- **Colapso da função de onda**

- Em física quântica, a função de onda colapso ocorre quando uma função de onda -initially em uma superposição de vários autoestados -reduz a um único autoestado devido à interação com o mundo exterior. Essa interação é chamada de "observação". É a essência de uma medição em física quântica que conecta a função de onda com observáveis clássicos como posição e momento. O colapso é um dos dois processos pelos quais os sistemas quânticos evoluem no tempo; o outro é a evolução contínua por meio da Equação de Schrödinger. Collapse é uma caixa preta para uma interação termodinamicamente irreversível com um ambiente clássico. Cálculos de decoerência quântica mostram que quando um sistema quântico interage com o ambiente, as superposições aparentemente se reduzem a misturas de alternativas clássicas. Significativamente, a função de onda combinada do sistema e do ambiente continua a obedecer à equação de Schrödinger . Mais importante, isso não é suficiente para explicar o colapso da função de onda, já que a decoerência não o reduz a um único estado próprio.

- Historicamente, Werner Heisenberg foi o primeiro a usar a ideia de redução da função de onda para explicar a medição quântica. A decoerência quântica explica por que um sistema interagindo com um ambiente passa de um estado puro , exibindo superposições, para um estado misto , uma combinação incoerente de alternativas clássicas. Esta transição é fundamentalmente reversível, pois o estado combinado de sistema e ambiente ainda é puro, mas para todos os efeitos práticos irreversível, pois o ambiente é um sistema quântico muito grande e complexo, e não é viável reverter sua interação. A decoerência é, portanto, muito importante para explicar o limite clássico da física quântica, mas não pode explicar o colapso da função de onda, pois todas as alternativas clássicas ainda estão presentes no estado misto, e o colapso da função de onda seleciona apenas uma delas.



- **Conceito de campo**

- Um campo é uma grandeza física associada ao espaço onde o valor mensurável da sua intensidade se designa intensidade do campo e define-se classicamente como a força por unidade de carga. Com esta definição o campo representa o módulo da força que atua sobre a unidade de carga em cada ponto do espaço.

Interação quântica

- Einstein acreditava que os eventos quânticos não eram puramente aleatórios, mas que as partículas surgiriam em determinados locais devido a razões ocultas que ainda iríamos descobrir. A ciência afirma hoje que a mente ocupa um lugar de destaque na seleção do local de surgimento das partículas e postula que, uma vez determinado o evento, todas as demais possibilidades ocorreriam em outros Universos inteiramente diferentes. Matematicamente, já é possível a existência de até 11 dimensões extras (veja em Scientific American Brasil de Janeiro de 2009).

A mecânica quântica usa o acaso quântico para chegar a leis determinísticas, mas a influência da mente humana como coparticipante do experimento, e não como mero observador, gera um grande fator complicador nas experiências. Até que ponto nós temos o poder de influenciar os eventos quânticos? E quando não influenciemos, quem ou o que o influencia? Aquilo que não observamos existe mesmo, ou tem apenas uma probabilidade de existir, passando a existir somente depois de observado pela mente humana? Ou é a mente que cria a observação?

Esses questionamentos, longe de serem apenas questões acadêmicas, ocorrem em nossa vida diária. Existe algo como destino, algo como a predestinação, ou temos o poder de mudar o destino? Dois argumentos surgem dessas questões. Se o nosso destino foi irremediavelmente traçado pelo evento do Big-Bang (que gerou um Universo de partículas interligadas pelo efeito teorema de Bell), quem, ou o que, desencadeou essa explosão? E o que existia antes dele?

Já que não existia espaço nem tempo, nesta situação, matematicamente falando, existiam infinitas possibilidades, como se fosse um programa com todas as possibilidades possíveis.

- A Lei da Interconexão é mais uma das leis que regem o Universo. Entendendo que tudo é energia que vibra em frequências diversas, ao ponto de formar a matéria, chegamos à conclusão de que toda a criação é feita da mesma substância.
- Ora, se somos feitos da mesma substância, estamos todos interconectados.
- Sendo feitos da mesma substância que gera o que chamamos de vida, estamos todos conectados. Com isso podemos deduzir que nossos atos, sentimentos e pensamentos não afetam apenas a nós, ou pessoas próximas. Somos responsáveis pela vida de todos e do mundo. Sentimentos e pensamentos geram vibrações específicas, assim como nosso comportamento.

- **Catástrofe do ultravioleta**

- A catástrofe do ultravioleta, também chamada catástrofe de Rayleigh-Jeans, é uma falha da teoria clássica do electromagnetismo para explicar a emissão electromagnética de um corpo em equilíbrio térmico com o ambiente, ou um corpo negro. Foi uma previsão da física clássica do final do século XIX e começo do século XX, que um corpo negro ideal no equilíbrio térmico emite radiação com energia infinita.

-

- O termo catástrofe do ultravioleta foi primeiramente usado em 1911 por (Paul Ehrenfest), apesar de o conceito ser utilizado em 1900 com a primeira derivação de dependência de λ^{-4} da lei de Rayleigh-Jeans; a palavra "ultravioleta" refere-se ao fato de que o problema aparece na região de pequeno comprimento de onda do espectro eletromagnético. Desde a primeira aparição desse termo, ele tem sido, também, utilizado para previsões de natureza similar, como um quantum eletrodinâmico e em casos como a divergência ultravioleta.

- De acordo com as previsões do electromagnetismo clássico, um corpo negro ideal em equilíbrio térmico deve emitir uma certa quantidade de energia em cada frequência. Quando se calcula a quantidade total de energia emitida de acordo com a teoria clássica, observa-se que para comprimentos de onda maiores a teoria clássica concorda com a observação experimental, mas para comprimentos de ondas menores a intensidade da radiação emitida tende para o infinito, que não concorda com os experimentos, daí o nome de catástrofe do ultravioleta. Teve-se, então, uma das primeiras indicações de que existia problemas irresolúveis no campo da física clássica. A solução para este problema levou ao desenvolvimento das primeiras formas de física quântica.

Radiação do corpo negro

- O estudo da radiação térmica se deu a partir do momento em que o físico alemão Robert Kirchhoff, ao analisar as relações existentes entre calor absorvido e calor emitido, propôs duas leis fundamentais para o estudo da radiação térmica.
- A primeira lei fala sobre a cor da radiação emitida. Ela depende da frequência, e esta frequência depende da temperatura do corpo aquecido, seja qual for sua composição.
- A segunda lei de Kirchhoff introduz o conceito de corpo negro. Para ele, o corpo negro é um excelente emissor de radiação, e toda radiação gerada nele é emitida.
- Como o corpo negro apresenta fácil realização prática, ele se tornou fundamental para o estudo das radiações térmicas. Isso porque o corpo negro é caracterizado por uma abertura em um objeto oco, o que possibilita a reflexão nas paredes internas de qualquer tipo de radiação emitida absorvendo então essa radiação.
- A montagem experimental, feita a partir da radiação emitida pelo corpo negro, obtinha gráficos que eram formados pela potência dessa radiação, mas não eram capazes de serem explicados. Isso porque a física clássica não possuía informações necessárias capazes de obter uma função matemática que desse origem a tais gráficos.
- Por volta de 1900, o físico alemão Max Planck resolveu partir dos gráficos gerados pela radiação para enfim chegar à equação. Nascia então a Física quântica.

Consciência

- A palavra consciência vem do latim conscientia: conhecimento de algo partilhado com alguém.
- O termo “consciência” tem, em português, pelo menos dois sentidos, descoberta ou reconhecimento de algo, quer de algo exterior, como um objeto, uma realidade, uma situação etc., quer de algo interior, como as modificações sofridas pelo próprio eu, conhecimento do bem e do mal.
- O primeiro sentido de consciência pode desdobrar-se noutros sentidos: o psicológico, o epistemológico e o metafísico. Em sentido psicológico, a consciência é a percepção do eu por si mesmo, este é o conceito mais conhecido. Em sentido epistemológico, a consciência é primeiramente o sujeito do conhecimento. Em termos metafísicos, chamamos muitas vezes à consciência o Eu.
- A consciência é uma qualidade da mente, considerando abranger qualificações tais como subjetividade, autoconsciência e a capacidade de perceber a relação entre si e o outro.

- Princípio da complementariedade

Vem da dualidade da matéria que significa que partícula não é apenas partícula. Mas partícula (matéria) + onda.

- Princípio de Indeterminação

No momento, no qual o elétron é conhecido, a sua velocidade só será conhecida por determinadas grandezas: quanto mais precisa for a determinação do lugar, maior será a impulsão da velocidade, e vice-versa. Diz que: a ciência não pode conhecer nada com total certeza.



- Referências:

- <https://www.revistasaudequantica.com.br/Artigos/Fisica-quantica/84-A-interacao-quantica-mente-e-materia/>
- <https://revistasatto.com.br/bem-estar/espiritual/a-importancia-da-lei-da-interconexao/>
- <https://super.abril.com.br/especiais/fisica-quantica-entenda-de-uma-vez-ou-nao/>
- <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-antimateria.htm>
- <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-natureza-dual-luz.htm>
- <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-efeito-fotoeletrico.htm>
- [http://portal.if.usp.br/ifisc/pt-br/node/342#:~:text=Tunelamento%20qu%C3%A2nico%20\(ou%20Efeito%20T%C3%BAnel,a%20energia%20potencial%20da%20barreira.](http://portal.if.usp.br/ifisc/pt-br/node/342#:~:text=Tunelamento%20qu%C3%A2nico%20(ou%20Efeito%20T%C3%BAnel,a%20energia%20potencial%20da%20barreira.)
- https://pt.wikipedia.org/wiki/Sobreposi%C3%A7%C3%A3o_qu%C3%A2ntica
- <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/experimento-das-duas-fendas.htm>
- <https://www.infoescola.com/fisica/teoria-do-entrelacamento-quantico/>

- - Caderno
- - Anotações

-
-

obrigada