

UMA INTERPRETAÇÃO WITTGENSTEINIANA DA EPISTEMOLOGIA PRESENTE NA FÍSICA CLÁSSICA E MECÂNICA QUÂNTICA

A WITTGENSTEINIAN INTERPRETATION OF THE EPISTEMOLOGY PRESENT IN CLASSICAL PHYSICS AND QUANTUM MECHANICS

Felipe Brião Weiss¹

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma interpretação Wittgensteiniana das diferenças entre física clássica e mecânica quântica utilizando termos como: *jogos de linguagem*, *seguir regras* e *uso*. Abordaremos o pensamento de Wittgenstein, seguido de uma comparação entre o jogo de linguagem da física clássica com o jogo de linguagem da física quântica que são guiados por regras diferentes e possuem termos com uso distintos. Apresentaremos a evolução de modelos atômicos, assim como fez Heisenberg em seu livro *Física e filosofia*, desde os antigos gregos até a contemporaneidade. Apresentaremos a passagem da física clássica para uma nova física, seus principais conceitos e a filosofia que está presente por de trás da visão desses cientistas, principalmente quanto a epistemologia.

Palavras-chave: Epistemologia. Filosofia da ciência. Jogos de linguagem. Física clássica. Mecânica quântica.

Abstract: The present work aims to present a Wittgensteinian interpretation of the differences between classical physical objective and quantum mechanics using terms such as: *language games*, *following rules* and *usage*. Let's think about Wittgenstein's thought, followed by a comparison between the classical physical language game with the quantum physical language game that are guided by different and terms with different usage. The evolution of atomic models, as Heisenberg did in his book *Physics and Philosophy*, since the ancient Greeks presents contemporaneity. We will present the passage from his classical physics to a new physics, main concepts and the philosophy that is present behind the philosophy that is present behind the vision of these scientists, mainly, regarding epistemology.

Keywords: Epistemology. Philosophy of science. Language games. Classical physics. Quantum mechanics.

Do Tractatus às Investigações Filosóficas

O pensamento de Wittgenstein, ficou conhecido na tradição filosófica, por estar dividido em dois momentos distintos, a saber, o primeiro Wittgenstein correspondente ao *Tractatus Logico-Philosophicus* e o segundo Wittgenstein ou Wittgenstein tardio, correspondente as suas outras obras póstumas, como por exemplo, as *Investigações Filosóficas* e *Da certeza*.

¹ Bacharel e Mestre em Filosofia pela Universidade Federal de Pelotas.

No pensamento do primeiro Wittgenstein o mundo é a totalidade dos fatos, ou seja, é a totalidade daquilo que é o caso. Para o segundo Wittgenstein, o mundo não é mais a totalidade dos fatos, mas sim a totalidade dos jogos de linguagem, que embora não sejam infinitos, são muitos. Isso representa uma ruptura extremamente importante em relação a um primeiro momento do seu pensamento. Agora o referencial para determinação de verdades não é mais a representação na realidade, mas sim confirmação em relação aos critérios de veracidade em cada jogo de linguagem.

Uma grande diferença para começarmos a diferenciar a filosofia tardia de Wittgenstein de uma primeira fase do seu pensamento é que o mundo deixa de ser tudo aquilo que é factual, ou seja, que possui representação na realidade, para se tornar aquilo que possui sentido de acordo com as regras de determinados jogos de linguagem.

As Investigações filosóficas se divide em duas grandes partes, uma segunda parte tratando sobre psicologia e a primeira parte tratando de uma série de questões, como por exemplo: a crítica da visão agostiniana de linguagem, o conceito de jogos de linguagem, a ideia de que a linguagem passa a ser uma atividade guiada por regras (tópico seguir regras), argumento contra a linguagem privada, a ideia do que significa compreensão, a distinção entre interno e externo, a noção de formas de vida e a ideia de filosofia como uma espécie de terapia para mostrar que os problemas da filosofia decorrem do mal uso da linguagem.

Wittgenstein começa sua obra com uma crítica a visão de que a linguagem opera unicamente com uma função designativa, algo que remonta a Platão e Aristóteles. No entanto, ele critica essa função designativa de linguagem em Santo Agostinho, pois o autor medieval, assim como Wittgenstein, possuía uma honestidade intelectual de mostrar quando estava enganado e assim superar a si mesmo confessando os seus erros, por isso escolhe a obra confissões.

[Quando os adultos nomeavam um objeto qualquer voltando-se para ele, eu o percebia e compreendia que o objeto era designado pelos sons que proferiam, uma vez que queria chamar a atenção para ele. Deduzia isto, porém, de seus gestos, linguagem natural de todos os povos, linguagem que através da mímica e dos movimentos dos olhos, dos movimentos dos membros e do som da voz anuncia os sentimentos da alma, quando esta anseia por alguma coisa, ou segura, ou repele, ou foge. Assim, pouco a pouco eu aprendia a compreender o que designam as palavras que eu sempre de novo ouvia proferir nos seus devidos lugares, em diferentes sentenças. Por meio delas eu expressava os meus desejos, assim que minha boca se habituara a esses signos.]

Nestas palavras temos, ao que parece, uma determinada imagem da essência da linguagem humana, a saber: as palavras da linguagem denominam objetos – as sentenças são os liames de tais denominações. - Nesta imagem da linguagem encontramos as raízes da ideia: toda palavra tem um significado. Este significado é atribuído à palavra. Ele é o objeto que a palavra designa (WITTGENSTEIN, *Investigações Filosóficas*, 1).

Essa é uma concepção de linguagem com a qual os filósofos se confrontaram em um longo percurso na história da filosofia. O que Wittgenstein tenta fazer é rejeitar essa visão para que possa introduzir a noção importante nas Investigações, que é a noção de jogos de linguagem.

A visão agostiniana de linguagem não é uma teoria, mas sim uma espécie de protovisão. De acordo com Glock em seu dicionário sobre Wittgenstein, esse paradigma ou protovisão, está subjacente as teorias filosóficas mais sofisticadas. O que Wittgenstein faz a partir do segundo parágrafo das Investigações, é mostrar a quão limitadora é essa visão de linguagem, comparado ao que podemos perceber nos diferentes jogos de linguagem que existem.

Algumas das características da visão agostiniana de linguagem são as seguintes: cada palavra possui um significado. Todas as palavras são nomes, uma espécie de sucedâneos de objetos. O significado de uma palavra é o objeto da qual essa palavra é seu sucedâneo. A conexão entre as palavras (nomes) e seus significados, ou seja, seus referentes, se estabelece por definição ostensiva que determina uma associação mental entre palavra e objeto.

Uma das consequências que essa posição nos faz ter de admitir é que a única função da linguagem é representar a realidade. As palavras referem e as sentenças descrevem. Outra consequência é a de que só somos capazes de estabelecer associação entre palavras e objetos por meio do pensamento, o que significa que se deve possuir antes de tudo, uma linguagem privada para que se possa aprender a pública. Essa é uma consequência extremamente grave, pois só conseguimos entrar num jogo de linguagem com uma linguagem que é anterior a pública (manifesto de uma palavra publicamente).

A visão agostiniana de linguagem ignora as diferentes figuras da linguagem. Ela só se dá para nomes próprios ou alguns termos que envolvam uma grande quantidade de indivíduos. Ela ignora verbos, adjetivos, advérbios, conectivos, preposições, expressões indexicais, entre outros.

Com o alargamento na forma como pensamos as funções da linguagem presente no segundo Wittgenstein, os significados devem ser encontrados dentro de contextos. Linguagem é uso e os usos da linguagem podem se apresentar de diferentes maneiras em diferentes jogos de linguagem.

Em cada jogo de linguagem há lances adequados e lances inadequados. Um lance adequado em um jogo de linguagem ocorre quando seguimos adequadamente as regras daquele jogo de linguagem. No caso do xadrez, por exemplo, o uso adequado das regras do cavalo, representam um lance adequado nesse jogo de linguagem.

O significado de uma palavra é seu *uso* e os usos são diferentes em diferentes jogos de linguagem. Com isso, podemos vir a compreender melhor o distanciamento do Wittgenstein das investigações para o Wittgenstein do *Tractatus*. Uma proposição é uma sentença em uso.

A respeito do conceito de jogos de linguagem, Wittgenstein fornece quatro concepções de jogos de linguagem. São elas: jogos de linguagem como práticas de ensino; jogos de linguagem fictícios (como o apresentado na origem das investigações, para mostrar como é rudimentar a ideia que a tradição pensou para a linguagem); jogos de linguagem como atividades linguísticas e observarmos a linguagem como um jogo.

O parágrafo 23 das investigações filosóficas se faz importante nesse momento:

Mas quantas espécies de frases existem? Porventura asserção, pergunta e ordem?
- Há inúmeras de tais espécies diferentes de emprego do que denominamos 'signos', 'palavras', 'frases'. E essa variedade não é algo fixo, dado de uma vez por todas; mas podemos dizer, novos tipos de linguagem, novos jogos de linguagem surgem, outros envelhecem e são esquecidos. (As mutações da matemática nos podem dar uma imagem aproximativa disso)
A expressão 'jogo de linguagem' deve salientar aqui que falar uma língua é parte de uma atividade ou de uma forma de vida.
Tenha presente a variedade de jogos de linguagem nos seguintes exemplos, e em outros:
Ordenar, agir segundo ordens –
Descrever um objeto pela aparência ou pelas suas medidas –
Produzir um objeto de acordo com uma descrição (desenho) –
Relatar um acontecimento –
Fazer suposições sobre o acontecimento –
Levantar uma hipótese e examiná-la –
Apresentar os resultados de um experimento por meio de tabelas e diagramas –
Inventar uma história; e ler –
Representar teatro –
Cantar cantiga de roda –
Adivinhar enigmas –
Fazer uma anedota; contar –
Resolver uma tarefa de cálculo aplicado –
Traduzir de uma língua para outra –
Pedir, agradecer, praguejar, cumprimentar, rezar.
- É interessante comparar a variedade de instrumentos da linguagem e seus modos de aplicação, a variedade das espécies de palavras e de frases com que os lógicos disseram sobre a estrutura da linguagem (inclusive o autor do Tratado Lógico-Filosófico). (WITTGENSTEIN, *Investigações Filosóficas*, 23).

No *Tractatus* uma proposição tem sentido quando podemos compará-la com a realidade para saber se sua descrição corresponde a um determinado estado de coisas. Nas investigações o significado é pensado com um conjunto de regras que determina quais são os lances de regras em cada um dos jogos de linguagem. Todos jogos de linguagem possuem suas regras e essas regras

determinam quais são os lances possíveis nesse determinado jogo de linguagem. Nas Investigações, a linguagem é uma atividade guiada por regras.

Em 1932, Wittgenstein compara a ideia de jogo com a linguagem vista como um todo, reforçando a ideia de que a linguagem é uma atividade guiada por regras. As regras são constitutivas do jogo de linguagem, ou seja, funcionam como uma espécie de regras de gramática. No entanto, ao falar em gramática, não falamos da gramática de uma língua específica, como o inglês ou alemão, mas a gramática profunda de uma atividade guiada por regras que é o jogo de linguagem. Ao falar da gramática profunda de uma língua, falamos sobre aquilo que está subjacente aos jogos de linguagem e não na gramática superficial de uma língua que trata como construímos corretamente frases ou como empregar corretamente determinadas figuras de linguagem.

A gramática profunda determina o uso que certas expressões possuem e como aplicar corretamente a regra ou como não aplicar corretamente a regra em um determinado jogo de linguagem. Em um jogo de xadrez, se um jogador faz o movimento na diagonal com a peça do cavalo que segundo suas regras, só pode se movimentar em 'L', esse jogador não está jogando xadrez ou está jogando incorretamente, pois sua movimentação de peças é inadequada de acordo com as regras daquele jogo de linguagem.

As regras de gramática mostram quais lances são adequados em determinado jogo de linguagem. Nesse sentido, regras de gramática são diferentes de regras estratégicas, pois elas não determinam qual lance ou proferimento terá êxito, mas o que é correto e faz sentido. O que é correto e faz sentido é definido em um determinado jogo de linguagem.

Há nesse momento uma dimensão mais flexível para busca do significado de uma palavra, que é determinado pelo seu uso em um contexto, pois nesse determinado contexto, de acordo com a gramática profunda desse jogo de linguagem que acontece nesse contexto, nos mostra que lances podemos efetuar e que lances não podemos efetuar de acordo com as regras que nós temos.

Temos uma flexibilidade do uso dos jogos de linguagem. Compreender o significado dessa maneira fornece uma forma de argumentar contra a visão agostiniana de linguagem, que dizia entre outras coisas, que cada palavra possui um significado, que todas palavras são nomes sucedâneos de objetos, o significado de uma palavra é objeto da qual ela é o sucedâneo, a conexão entre as palavras (nomes) e seu significados (referentes) se estabelece por definição ostensiva que determina uma associação mental entre palavra e objeto.

A visão agostiniana de linguagem tem duas consequências. A primeira é que a única função da linguagem é representar a realidade. E a segunda é que somos capazes de estabelecer a associação entre uma palavra e o objeto por meio do pensamento, o que significa que deveríamos ter de antemão uma linguagem privada que nos permitisse aprender qualquer tipo de coisa. Essa segunda consequência será motivo para uma forte crítica por parte de Wittgenstein em seu argumento contra a possibilidade de uma linguagem privada.

A visão agostiniana da linguagem é uma visão referencial do significado das palavras, e é uma concepção descritivista de sentenças. Na qual uma definição ostensiva fornece os fundamentos da linguagem e há a ideia de que uma linguagem do pensamento subjaz nossas linguagens públicas.

A expressão *jogos de linguagem* também possui a função de combater a *visão agostiniana de linguagem*, já que o significado de uma palavra não o objeto da qual ela é sucedânea, mas é determinado pelas regras que orientam o seu funcionamento, ou seja, observando o seu uso. Um jogo de linguagem pode possuir função descritivista e referencial, mas não é todo jogo de linguagem que possui essa característica. O significado de uma palavra é sempre determinado pelas regras que orientam o seu funcionamento.

Fora do sistema em que faz parte, uma proposição não faz sentido. O seu sentido é no interior de um jogo de linguagem. Destacando uma proposição de seu contexto, ela perde o seu valor prático, perdendo por sua vez o sentido que antes possuía.

Física clássica e Mecânica quântica

Existem muitas diferenças entre física clássica e mecânica quântica. Algumas serão de maior enfoque em nosso trabalho e teremos uma linha que permanecerá constante na diferenciação desses dois jogos de linguagem distintos, a saber a relação entre matemática e natureza.

Uma diferença interessante é sobre a questão de como esses cientistas entendiam a relação entre matemática e natureza. Os autores da física moderna, próximos da revolução científica, como Newton, Kepler, Galileu, Copérnico compreendiam a matemática como sendo a linguagem da natureza e não como um instrumento utilizado, criado pelo ser humano, para interpretar a natureza. Isaac Newton escreve em seu *Principia* que compreendia a matemática como uma linguagem pela qual a natureza se expressa, representando, portanto, a própria essência da natureza. Esses autores

são anteriores a Kant, sendo assim, a distinção entre fenômeno e coisa em si ainda não estava presente na epistemologia. Eles acreditavam que poderiam ter esse acesso à essência da natureza. No entanto, havia também um elemento teológico muito forte presente no pensamento desses cientistas, como por exemplo Newton, que escreveu muito sobre teologia. Newton afirma também em seu *Principia* que a natureza estaria melhor expressa pela linguagem de Deus, pela geometria e não pela álgebra. Essas crenças teológicas acabaram por ditar o caminho que as ciências seguiram em certo sentido, as limitando, moldando o caminho com que foram construídas. Não havia uma diferença entre número e fenômeno, mas havia crenças teológicas que acabavam por moldar a crença desses cientistas. Não seria possível acessar a essência da natureza, pois não seria possível acessar a mente de Deus. E também, a geometria era mais enaltecida por Newton, o que acabou por limitar o alcance da compreensão da natureza em certo sentido onde fórmulas algébricas seriam mais adequadas do que figuras geométricas.

Ainda assim, há a crença de que a natureza se expressa diretamente a nós, o que posteriormente, Heisenberg vai chamar de realismo dogmático (diferenciando do realismo metodológico) presente nessa física clássica e que utiliza também para criticar Einstein em sua dificuldade de aceitar algumas concepções da mecânica quântica e julgar que essa estaria incompleta, indo contra a interpretação de Copenhague proposta por Niels Bohr, Schroedinger, entre outros físicos importantes da época para a mecânica quântica. Como Oswaldo Pessoa Jr ressalta, foi feita uma pesquisa onde mostra que a maioria dos físicos tendem a ser realistas quando a questão é física clássica, no entanto, mudam de visão quando o assunto é física quântica, optando pelo antirrealismo. Voltando para a concepção desses pensadores da revolução científica, podemos afirmar que havia um elemento teológico forte em sua visão de mundo que afetava a forma como realizavam sua ciência, como conduziam seus experimentos e pesquisas científicas, possuíam uma visão de mundo realista, onde o ser humano é capaz de acessar a essência da natureza, sem uma distinção entre o que aparece para nós, o que conseguimos captar a partir de nossos instrumentos, capacidades cognitivas, sensoriais ou categorias do pensamento e aquilo que o mundo é em si mesmo, em sua essência, e também podemos afirmar que através de uma compreensão entre matemática e natureza, cálculo e experimento, linguagem e medição, podemos concluir que eles tinham uma compreensão ontológica realista de mundo, capazes de acessar a essência da natureza. Sem a revolução epistemológica de Kant que estaria comparada a revolução de Copérnico, só que no sentido do pensamento, colocando não mais a terra no centro do universo no caso da revolução

copernicana e no caso de Kant, colocando não mais o objeto como centro das atenções, mas a razão humana.

O mundo para eles é determinístico pois eles acreditam que é possível uma compreensão completa dos estados passíveis. É possível compreender todas as possíveis organizações entre os objetos, pois podemos compreender todas as regras do jogo de linguagem que constitui a natureza. Essa é mais uma diferença em relação a mecânica quântica, que não será determinística como a física clássica.

Há diferença entre o indeterminismo da física quântica, o caos determinístico e o determinismo na física clássica que precede Poincaré. O caos determinístico ainda é constituído por um tipo de determinabilidade, pois embora haja o caos, ele ainda está dentro do escopo epistemológico da física clássica e é compreendido pelo determinismo onde é possível compreender o total de estados passíveis e assim calcular todos estados passíveis, embora ele se desenvolva de forma caótica, onde pequenas mudanças no início de um experimento podem ocasionar grande mudanças no final do fenômeno. É o famoso efeito borboleta, sintetizado na frase de que o bater de asas de uma borboleta no Brasil pode causar um furacão no Texas. Isso acontece pois numa cadeia causal, pequenas alterações no início de um experimento, podem ocasionar uma sequência de efeitos causais que levem a grandes mudanças no final desse fenômeno. O caos determinístico, no entanto, ainda não constitui, um caso de indeterminabilidade. Na biologia isso é bastante perceptível, onde há sistemas caóticos, que tem o caos como elemento que constitui a regra de seus jogos de linguagem, ou seja, a imprevisibilidade quanto a resultados de eventos futuros que fogem nossas conjecturas iniciais, pois não temos o total de estados passíveis e por isso não podemos calcular todos os estados passíveis no futuro. Na física também há casos onde isso pode acontecer, mas isso é fora do escopo epistemológico da física clássica e também é diferente no caos determinístico de Poincaré que ainda representa um tipo de determinismo e não indeterminismo total.

No final do século XIX existia a mecânica clássica, feita por Newton; existia o eletromagnetismo, feito por diversos físicos, mas Maxwell foi quem a transformou em uma teoria completa, juntando eletricidade e magnetismo. Existia a termodinâmica e mecânica estatística que buscavam explicar propriedades maiores da matéria, como transporte de calor, ou seja, existiam diferentes jogos de linguagem buscando explicar diferentes fenômenos do universo.

Algumas regras que diferenciam o jogo de linguagem da física clássica para a física quântica são: Não tem mais o elemento teológico, a relação entre natureza e cálculo é diferente. Não possuímos mais acesso direto com a natureza, não podendo acessar sua essência, mas a matemática passa a ser apenas um instrumento.

A física quântica também pode ser chamada de mecânica quântica. Os físicos costumam usar ambos os termos com a mesma finalidade, ou seja, se referir a fenômenos muito pequenos (movimento de partículas subatômicas), extremamente microscópicos, que ocorrem numa escala quântica. As vezes o termo física quântica pode ser utilizado num sentido um pouco mais amplo, buscando abordar todos os outros fenômenos quânticos, como a teoria quântica de campos e eletromagnetismo quântico (pensado por Richard Feynman), enquanto mecânica quântica se refere a algo mais específico que começa na física no final do século XIX e início do século XX, que hoje pode ser chamado de velha mecânica quântica substituída pela nova mecânica quântica, ou apenas mecânica quântica.

No final do século XIX, os físicos costumavam pensar que a física estava completa, com exceção de dois pequenos problemas. Eles acreditavam que a física no século XX seria feita na décima casa decimal, ou seja, só coisas muito específicas. Existiam apenas duas nuvens em um céu azul na visão desses autores, que para sua surpresa, depois viriam a se tornar um grande temporal, pois muita física nova surgiu do final do século XIX até os dias atuais. Existia o problema da radiação de corpo negro, que dizia que quando um corpo é aquecido, ele emite luz em diversas frequências e os experimentos que eram feitos na época não conseguiam explicar esse fenômeno. O outro problema era o efeito fotoelétrico, que depois daria prêmio Nobel para Einstein, (Einstein nunca ganhou o prêmio Nobel por sua conhecida e famosa teoria da relatividade, mas sim por resolver o problema fotoelétrico. Em 1905 ele teve seu ano mirabilis, publicando três artigos muito importantes para a física, um sobre o efeito fotoelétrico, outro sobre movimento Browniano e outro sobre a teoria da relatividade restrita ou específica, essa última que dez anos depois em 1915 geraria a teoria da relatividade geral incluindo também a gravidade.) Quando em um experimento é jogado luz em uma placa metálica, a luz faz emitir elétrons dessa placa, mas se a luz é ondular como o magnetismo dizia, quando a intensidade da luz jogada nessa placa metálica é aumentada (aumentasse a força da lâmpada), isso começa a mudar a frequência da luz fazendo com que ela emita elétrons a partir de certa frequência, mas abaixo de uma certa medida em que não se emite elétrons, é possível mudar a frequência e a luz não vai emitir elétrons, algo que não faz sentido do

ponto de vista ondular, pois se a luz fosse uma onda ela deveria entrar em ressonância com aqueles elétrons que quando aumentado intensidade, deveriam ser emitidos. Havia uma explicação do comportamento da luz e de sua interação com a matéria, mas no laboratório, o experimento empírico negava o modelo teórico.

Pensava-se que a física do século XX seria apenas aperfeiçoamento do que já havia, mas algo novo surgiu, novas regras que constituiriam um novo jogo de linguagem para além da física clássica. Tudo começa quando Max Planck tenta entender o fenômeno da radiação de corpo negro. Ele pensa a luz como pequenos pacotes de energia. Quando o filamento de uma lâmpada está quente, ele emite luz, radiação, mas não como ondas da forma pela qual o eletromagnetismo previa, mas sim em pequenos pacotes que receberam o nome *quanta* na época que concede o nome a física quântica. Esses pacotes possuiriam uma energia que é uma constante multiplicada pela frequência da luz, que receberia o nome de *constante de Planck*. Foi um mecanismo para obter uma lei matemática para conseguir estar de acordo com aquilo que era observado em laboratório com a esperança de que no futuro, fosse mais desenvolvido.

Até 1905, pensava-se a luz como uma onda. Foi Einstein que trouxe a ideia de que existem discontinuidades ou partículas na luz, que se chamam fótons (Na relatividade geral em 1915 Einstein também concluiria que a luz era afetada pela gravidade que foi provado empiricamente em um eclipse em Sobral no Ceará em 1919). Em 1905 a natureza da luz haveria de ser repensada. Até o momento, pensava-se que a luz possuía propriedade ondulatória. Planck para resolver o problema de um experimento empírico, propôs que a luz tivesse uma natureza corpuscular e assim obter correspondência entre teoria e experimento. Einstein mostrou que a ideia de Planck não era só um truque para solucionar um problema da época, pois a luz realmente tinha essa característica corpuscular, ainda que em alguns experimentos se comporte como onda. Essa propriedade da luz, do fóton, esse fenômeno onda-partícula é complicado de entender de acordo com princípios lógicos, pois como é possível que um mesmo corpo manifeste comportamento ondulatório e corpuscular.

Esse período é conhecido como o momento da velha mecânica quântica que vai até 1925, onde surge a nova mecânica quântica. O físico Francês De Broglie estende o fenômeno onda-partícula para a matéria, ao descobrir que não só a luz possuía propriedades corpusculares e ondulatórias, mas também a matéria. O elétron, que se pensava até então ser apenas uma partícula, quando colocado no mesmo experimento de dupla fenda que a luz, percebesse que ele também vai

ter um comportamento semelhante ao da luz que manifestava o fenômeno de difração, interagindo com a luz da outra fenda e criando diferentes espectros de incidência de luz em uma placa do outro lado do experimento onde é medida a intensidade da luz. A natureza ondulatória e corpuscular da luz se estende à matéria², pois elétrons também se comportam dessa forma, interagindo com eles mesmos e provocando diferentes incidências na placa que mede os resultados.

Nesse contexto, surge Schroedinger com sua importante equação e a metáfora que ficou conhecida como o *gato de Schroedinger*, uma metáfora visual para trazer para o nosso mundo conceitos que ocorrem no mundo quântico. O autor mostra que a sobreposição de estados é natural na mecânica quântica, colocando como um elemento da própria fórmula ou equação. É quando o experimento é feito que descobrimos se o gato está vivo ou morto, mas até o momento, ele está numa probabilidade de estar vivo ou morto ao mesmo tempo, uma sobreposição de estados. A questão da probabilidade é uma regra muito importante para a física quântica, algo que não estava presente nos cálculos da física clássica. Está nas regras do jogo de linguagem da física quântica calcular probabilidades, isso a caracteriza, enquanto no jogo de linguagem da física clássica, a regra é ser determinística.

Esse elemento probabilístico é um ponto que Einstein questionava, afirmando que a física quântica estaria incompleta e escrevendo um artigo com Rosen e Podolsky colocando sua posição sobre o assunto. Einstein se opõe a interpretação de Copenhague sobre a física quântica que contava com importantes físicos da época, como: Schroedinger e Niels Bohr. Einstein afirmava quanto a essa questão probabilista que “Deus não joga dados”, ao passo que Bohr diz para Einstein “não dizer o que Deus deve fazer”. Deus é entendido como a natureza, o mundo entendido a partir da física e o jogar de dados que Einstein questionava era em relação ao jogar dados representar a ideia de probabilidade presente em mecânica quântica a qual ele discordava e julgava incompleta, pois Einstein possuía um realismo que buscava não cair em estados quânticos de sobreposição, o cálculo tinha que ter uma correspondência com a realidade em um sentido mais clássico, por isso estava contra a interpretação de Copenhague.

² Elétrons são considerados como matéria, mas a luz não pois, não tem massa. Eles recebem dois tipos de nomenclatura diferente, bósons para o caso do fóton e férmions para o caso do elétron. Bósons podem ocupar o mesmo lugar no espaço, ao lado que férmions não. Bósons constituem partículas de interação ao lado que Férmions possuem matéria. Um elétron interage com outro elétron através de um fóton, de sua liberação. O bóson de Higgs constitui esse fundamento último onde as partículas que interagem constituem o modelo padrão. A dualidade onda-partícula está presente tanto em tipos de férmions como em tipos de bósons. Se essa dualidade acontece porque a onda sofre um colapso ou se a onda carrega a partícula como um “surfista” nela (já que se comporta como onda, mas a medição funciona como um ponto), são diferentes interpretações possíveis que serão feitas.

Bohr também tem uma importância para os modelos atômicos nessa época. Heisenberg em seu livro *Física e filosofia* escreve que o modelo atômico na contemporaneidade é muito diferente dos antigos gregos, mas ainda assim escreve sobre eles por perceber a importância dessa história do pensamento, chegando a escrever que se trocarmos a palavra *fogo* de Heráclito por *energia*, veremos que Heráclito descreveu muito bem a natureza da matéria, que sua doutrina é próxima da visão que temos em física moderna. Ele escreve sobre os pré-socráticos, como entendiam o princípio do mundo e buscavam explicá-lo não mais através de mitos ou religiões, mas com argumentos racionais. Isso é um passo muito importante para a história do pensamento, dando os primeiros passos para o que depois veio a dar origem ao pensamento científico. Descreve o pensamento de pré-socráticos como: Anaxímenes, Anaximandro, Anaxágoras, Tales de Mileto, Empédocles, Heráclito, Parmênides, os pitagóricos (Pitágoras era muito aclamado por Russel), Leucipo e Demócrito³.

Após os gregos, há os modelos atômicos modernos, que de forma breve Heisenberg comenta. Dalton que pensava o átomo como uma esfera maciça, seguido de Thomson, com sua visão conhecida como um pudim de passas, onde o elétron estava dentro núcleo atômico, como se fosse uma substância chamada de núcleo com os elétrons em diferentes posições dentro desse núcleo. Após Thomson, surge o modelo atômico de Rutherford, bem mais próximo do senso comum e que é ensinado nas escolas, onde o elétron está carregado negativamente em uma eletrosfera que circunda o núcleo onde estão localizados os prótons com carga positiva e os nêutrons que não possuem carga. O que mantém essa estrutura atômica dos prótons e nêutrons no núcleo e não permitem que os nêutrons sejam atraídos não é a força da gravidade, que nessa esfera é completamente desprezível os seus efeitos, mas uma outra força da natureza, a saber a força nuclear forte (existem quatro forças fundamentais na natureza, sendo elas: força da gravidade, força nuclear forte, força nuclear fraca e eletromagnetismo). O próximo passo na evolução dos modelos atômicos é o modelo atômico de Bohr, que traz a ideia que ficou conhecida como a escada de Bohr e também o salto quântico. Seguindo com um núcleo com prótons e neutros e uma eletrosfera com os elétrons, a escada de Bohr mostra a dificuldade de um elétron realizar um salto quântico conforme está mais distante do núcleo atômico. Existem diferentes orbitas de energia onde o

³ Heisenberg comenta no início do quarto capítulo de seu livro que na visão de Nietzsche sobre esses pré-socráticos, existia na filosofia três ideias fundamentais. A primeira é sobre a causa material de todas as coisas, a segunda é sobre a exigência dessa questão ser respondida de acordo com a razão sem a ajuda de mitos ou misticismo e a terceira é que tudo deve ser possível de ser reduzido a um único princípio.

elétron pode estar ao redor do núcleo atômico e quando ele vai para um nível mais longe ou mais perto, ganhando ou perdendo energia, podemos afirmar que o elétron realizou um salto quântico. Temos posteriormente o modelo de Sommerfeld com orbitais elípticas ao redor do núcleo atômico onde os elétrons estão localizados.

Nos modelos atômicos depois de suas evoluções e com a presença da física quântica, não é mais possível encontrar a localização de um elétron na eletrosfera. Não podemos mais afirmar que o elétron está em um ou outro subnível de energia, mas apenas que ele está em uma nuvem de possibilidades em algum lugar ao redor do núcleo. Nunca é possível saber a localização e velocidade de um elétron ao mesmo tempo, o que ficou conhecido como o princípio de incerteza de Heisenberg.

Ao realizar o experimento de dupla fenda, surge o que ficou conhecido como o colapso da função de onda. A observação do experimento faz com que o resultado seja diferente, da verificação da chegada de um elétron em uma chapa metálica após ser atirado por um canhão de elétrons e passar por uma fenda. Surgem diversas interpretações, como a interpretação de múltiplos mundos de Everett⁴ em que existem diversas realidades paralelas ou a interpretação de Richard Feynman onde o elétron teria percorrido todos os caminhos possíveis antes de ser verificado.

Conclusão

A física clássica ainda funciona muito bem para fenômenos macroscópicos, fenômenos que estamos habituados a observar em nosso dia a dia, mas para fenômenos quânticos, ela se mostrava incompleta para lidar com certas situações. A mecânica clássica, portanto, ainda é válida para medir, por exemplo, a velocidade de um carro em uma determinada distância por um determinado intervalo de tempo, porém quando o assunto são fenômenos sub atômicos, ela não consegue compreender.

Física clássica e física quântica constituem jogos de linguagem guiados por regras diferentes. É muito difícil elencar a principal regra pela qual a física clássica e a física quântica funcionam e até mesmo as principais regras, devido à complexidade desses jogos de linguagem.

⁴ Um outro proponente da interpretação de muitos mundos é o físico israelense David Deutsch. Em filosofia, pensamentos como os mundos possíveis de Leibniz ou da pluralidade de mundos de David Lewis podem possuir em nível restrito, alguma relação com interpretações de múltiplos universos em física quântica.

Ainda assim, buscamos apresentar algumas regras, conceitos, características, elementos que constituem esses campos do conhecimento e que os distinguem. Enquanto a ideia de probabilidade constitui uma regra muito importante para a física quântica, na física clássica ela não possui a mesma importância, onde reina o determinismo. A física clássica é mais objetiva, enquanto a física quântica possui diversas interpretações em relação a diferentes tipos de experimentos. A relação entre matemática e natureza na física clássica constitui uma visão mais realista de mundo, numa verdade por correspondência, onde a natureza se manifesta em sua essência direta pelo cálculo, não havendo um distanciamento entre matemática e natureza, cálculo e experimento. A física quântica por sua vez, possui uma tendência a ser antirrealista (uma das possíveis interpretações ortodoxas), onde o cálculo é apenas um instrumento por onde a natureza não se expressa em sua essência, mas pelo qual conseguimos resultados funcionais numa perspectiva pragmática. Na física clássica a teologia é um elemento que influencia o cientista, guiando sua trabalho, fazendo com que opte por uma metodologia mesmo sendo inferior objetivamente ao lado que na física contemporânea, se o cientista possui alguma crença teológica, essa não deve lhe influenciar e muito menos guiar sua metodologia. A física clássica é mais determinista, enquanto o indeterminismo é uma característica da física quântica. De uma perspectiva Wittgensteiniana podemos afirmar que esses jogos de linguagem são distintos, essas são algumas das regras que os diferenciam no momento de direcionar o uso de cada proposição.

Referências Bibliográficas

EINSTEIN, Albert; PODOLSKI, Boris e ROSEN, Nathan. **Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?** In: Physical review 47 (1935).

GLOCK, Hans-Johann. **Dicionário Wittgenstein**. Jorge Zahar Editor, 1997.

HEISENBERG, Werner. **Física e filosofia**. Brasília, DF: UnB: Humanidades, 1999.

PESSOA JUNIOR, Osvaldo. **Conceitos de Física Quântica**. vol.1 / 4. Ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019.

WITTGENSTEIN, Ludwig. **Tractatus Logico-Philosophicus**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2017.

_____. **Investigações Filosóficas**, Vozes; Bragança Paulista, SP: Editora Universitária São Francisco, 2014.

E-mail: felipebriao7@hotmail.com