

# **O PENSAMENTO E A LINGUAGEM NA FUNDAMENTAÇÃO DE CONCEITOS, LEIS E PRINCÍPIOS QUE REGEM A FÍSICA MODERNA**

**Pedro Paulo Santos da Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Abaetetuba.  
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemáticas – PPGCEM/REAMEC.  
ppsilva06@yahoo.com.br

**Marisa Rosâni Abreu da Silveira**

Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Belém.  
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemáticas – PPGECEM/IEMCI/REAMEC.  
marisabreu@ufpa.br

## **Resumo**

Este trabalho é um ensaio argumentativo onde se pretende fazer uma apreciação dos aspectos epistemológicos que fundamentam conceitos, leis e princípios que deram origem a Física Moderna. Concentra-se na busca de entendimentos a respeito das funções elementares da linguagem, que ao serem utilizadas por professores e alunos, servem como instrumentos transmissores das ideias e pensamentos que compõem o processo ensino aprendizagem da Física Contemporânea. Discute-se o uso de uma linguagem do senso comum como instrumento para explicar os novos conceitos advindos da Mecânica Relativística, da Física Quântica e das teorias da Estrutura da Matéria e do Universo que se apresentam como as bases para o surgimento de uma nova visão do cosmos preconizada pela Física Moderna.

**Palavras-chave:** Linguagem; Pensamento; Física Moderna; Obstáculos Epistemológicos.

## **Abstract**

This paper is an argumentative essay that is intended to make an appreciation of the epistemological issues that underlie concepts, laws and principles that gave rise to Modern Physics. Focuses on the search for understandings about the language's functions elementary which they are used by teachers and students and serve as

instruments transmitters of ideas and thoughts that make up the teach learning process of Contemporary Physics. We discuss the use of a language of common sense as instrument to explain the new concepts coming from the Relativistic Mechanics, Quantum Physics and theories of the Structure of Matter and the Universe, which are presented as the foundation for the emergence of a brand new vision of the cosmos advocated by Modern Physics.

**Keywords:** Language; Thought; Modern Physics; Epistemological Obstacles.

## Introdução

A linguagem é um construto humano que tem como função a transmissão das ideias e concepções que se formam na mente do homem. É expressa das mais variadas formas e permite a interação de um com os outros. Usamos a linguagem para promover a representação dos pensamentos através de conceitos e leis que dão origem aos princípios físicos. A linguagem não mostra apenas a forma como vemos o mundo, ela também tem a intenção de externar muito além do que o real e deixar fluir o que é abstrato, internalizado e as variações que se produzem em nossas mentes.

Entendemos por representação de uma ideia tudo aquilo que está associado ao que concebemos como mundo ou como uma coisa. É a partir das representações que tomamos consciência da existência do concreto que nos rodeia e externamos o abstrato que se esconde no íntimo das nossas mentes. Utilizamos as representações para estabelecer a noção de elemento, que representa cada objeto que nos apropriamos e cada coisa que internalizamos, as quais concorrem com outras para a formação do que chamamos de todo. O que se pensa sobre uma classe de objetos ou uma classe de ideias constitui o que chamamos comumente de um conceito e é este conceito, que se desenvolve em torno das qualidades dos elementos que representamos o que faz com que um objeto ou uma ideia sejam o que são ou o que parecem ser.

Em uma perspectiva mais abrangente, quando os enunciados correspondentes a uma propriedade física são verificados de modo preciso passam a se constituir em uma lei da natureza, que se institui a partir da definição de um conjunto de regras necessárias e obrigatórias para validar, regular, ordenar e autorizar um fenômeno



físico específico. Acima disso estão as leis de caráter geral que comandam os fenômenos da natureza e são responsáveis pela verificação e pela exatidão de suas causas e consequências e formam o que chamamos de regras ou princípios.

Tomaremos essas definições iniciais e a partir delas pretendemos desenvolver uma análise primeira a cerca da estruturação das ideias e dos pensamentos que dão fundamentação aos conceitos, leis e princípios que regem a Física Moderna. É nosso interesse também avaliar o papel desempenhado pela linguagem nos processos de comunicação e transmissão das ideias que compõe o pensamento da Física Contemporânea.

## **O Pensamento e a Linguagem**

### *Análises e interpretações em Vygotsky*

Segundo Vygotsky (2000) as relações existentes entre o pensamento e a linguagem são produtos do desenvolvimento histórico da consciência humana. Para ele a linguagem e o pensamento não se encontram interrelacionados, sendo no decurso da evolução do pensamento e da fala que se estabelecem as conexões entre uma e outra. Defende que ao mesmo tempo em que a linguagem se modifica também se desenvolve. Destaca que: *“o significado de uma palavra representa um amálgama tão estreito de pensamento e da linguagem que é difícil dizer quando estamos tratando com um fenômeno de pensamento, ou com um fenômeno de linguagem”*. Acredita ainda que uma palavra sem significado é um som vazio e, portanto, o significado além de ser um critério da palavra e também seu componente indispensável.

Considerando do ponto de vista da psicologia, o significado de cada palavra é uma generalização, um conceito, e como as generalizações e os conceitos são inegavelmente atos de pensamento, podemos encarar o significado como um fenômeno do pensar. Entretanto, o significado das palavras é um fenômeno de pensamento na medida em que é encarnado pela fala e é um fenômeno linguístico na medida em que se encontra ligado com o pensamento e por este é iluminado. O significado é um fenômeno do pensamento verbal ou da fala significante, fruto de uma união do pensamento e da linguagem. É consenso que o significado das palavras evolui e que a associação entre a palavra e o seu significado pode desenvolver-se,

isto é, pode sofrer transformações quantitativas e externas, mas não pode modificar a sua natureza psicológica.

Para Vygotsky (2000) o pensamento verbal parte das generalizações primitivas e vai se elevando ao nível de conceitos mais abstratos. Neste processo, não é apenas o conteúdo de uma palavra que se altera, mas a forma como a realidade é generalizada e refletida numa palavra. Os significados das palavras passam a serem formações dinâmicas e transformam-se à medida que se desenvolvem e alteram-se também com as várias formas como o pensamento funciona. Se os significados das palavras se transformam na sua natureza interna, então as relações entre o pensamento e a palavra também se modificam.

As relações entre o pensamento e a palavra nas concepções Vygotskianas não são uma coisa, mas sim um processo, um movimento contínuo de vaivém entre a palavra e o pensamento. Nesse processo as relações entre pensamento e palavra sofrem alterações que podem ser consideradas como um desenvolvimento no sentido funcional. As palavras não se limitam a exprimir o pensamento, mas é através delas que este consente sua exposição e existência. Todos os pensamentos tendem a relacionar uma determinada coisa com outra e a estabelecer uma relação entre as coisas. Os pensamentos se movem, amadurecem, se desenvolvem, preenchem uma função e resolvem problemas.

No avanço deste estudo revela-se a necessidade de estabelecermos a distinção entre dois planos de discurso: o aspecto interno, significante, semântico e o aspecto externo, fonético, que embora tenham as suas leis de movimento específicas formam uma verdadeira unidade, complexa e não homogênea. De acordo com La Taille, Oliveira e Dantas (1992) Piaget demonstrou que a criança utiliza orações subordinadas muito antes de compreender as estruturas significantes correspondentes a estas formas semânticas e considera que no complexo processo de transição do significado, o semântico, para o som, o fonético, a criança tem que se desenvolver aperfeiçoar e aprender a distinguir entre a semântica e a fonética, requisito para poder compreender a natureza das diferenças entre uma e outra coisa. A capacidade da criança se comunicar através da linguagem encontra-se diretamente relacionada com sua capacidade de diferenciar os significados das palavras no seu discurso e na sua consciência. A estruturação da linguagem não se limitará apenas em refletir o pensamento, pois esta sofre muitas alterações ao transformar-se em fala.



A relação entre o pensamento e a palavra em toda a sua complexidade está associada a um discurso interno, de natureza psicológica, onde se originam toda espécie de mal entendidos terminológicos e de outros gêneros dos problemas relacionados com o pensamento e a linguagem. O discurso interno está ligado à memória verbal e difere do externo apenas da mesma maneira que a imagem ou ideia de um objeto difere do objeto real. O discurso interno é próprio da pessoa, é uma fala para si mesmo, enquanto que o discurso externo é uma fala para os outros. A diferença de funcionamento afeta radicalmente as estruturas de ambos os tipos de discurso.

Para La Taille e colaboradores (1992) Piaget defende que o discurso interno das crianças é uma expressão direta do egocentrismo do pensamento infantil, o qual é uma combinação entre o autismo primário do seu pensamento e a sua socialização gradual. Aspectos funcionais e estruturais do discurso interno tornam-se mais intensos à medida que a criança se desenvolve. Segundo os autores Vygotsky entende que se deve encarar o discurso interior, não como um discurso sem som, mas como uma função discursiva totalmente diferente, cujo traço principal é a sua sintaxe muito particular.

A comunicação por escrito por sua vez repousa sobre o significado formal das palavras e a transmissão da ideia busca mais fidelidade, entretanto pode exigir uma quantidade de palavras muito maior do que a comunicação oral, muito embora sua função seja a de objetivar a comunicação. É destinada a um expectador ausente que dificilmente vai possuir o mesmo espírito de quem escreveu. Normalmente deve ter a forma de um discurso completamente desenvolvido, com diferenciação sintática que atinge a sua máxima expressão e utilizam-se expressões que soariam como não naturais na conversação oral.

Em Vygotsky (2000) encontramos a afirmação que o discurso interior e o discurso escrito representam o monólogo, enquanto que o discurso oral, na maioria dos casos, representa o diálogo. Para La Taille e colaboradores (1992) Vygotsky entende que o diálogo pressupõe sempre um conhecimento prévio do assunto, de modo que seja o suficiente para permitir por parte dos interlocutores um discurso abreviado. Neste caso todas as pessoas devem estar em condições de ver os seus interlocutores, acompanhar as suas expressões faciais, os gestos que fazem e de ouvir o tom de voz.

No discurso escrito, como o tom de voz e o conhecimento do assunto não são possíveis, somos obrigados a utilizar muitas palavras para descrever tais expressões e estas devem ter uma significação mais exata. O discurso escrito é uma forma de discurso mais elaborado e a comunicação deve surgir através do uso exclusivo das palavras e de suas combinações. Isto exige que a atividade discursiva assuma formas complicadas e que a palavra passe a extrair o seu sentido do contexto em que surge, dessa forma, quando o contexto muda o seu significado muda também e o sentido denotativo de uma palavra tem potencialidade para assumir diversas significações ao longo do discurso.

Na análise de Vygotsky (2000) o pensamento não é constituído por unidades separadas, mas é gerado pela motivação, isto é, pelos nossos desejos, necessidades, interesses e emoções. Por detrás de todos os pensamentos há uma relação de vontade e de afeto que detém a resposta da análise do pensamento. Uma verdadeira compreensão do pensamento só é possível quando tivermos compreendido a sua base afetivo-volitiva. Para ele as relações entre o pensamento e a palavra são mutáveis durante os processos que surgem no desenvolvimento do pensamento verbal e uma corrente de pensamento não é acompanhada por um desabrochar simultâneo do discurso, então os dois processos não são idênticos e não há correspondência rígida entre as unidades de pensamento e de discurso.

### *Pensamento Matemático, Linguagem Matemática e a Física*

O pensamento permite refletirmos sobre nossas ideias e modificá-las quando utilizamos novas formas de avaliar e em nossas análises alteramos a ideia original e, desse modo, um mesmo objeto pode ser caracterizado de uma forma em determinado momento e de outra forma diferente em outra situação. Segundo Bronowski (1983) o contexto no qual a palavra é inserida constitui-se num mundo de ideias que não tem uma relação exclusiva com as informações obtidas do mundo. Isto reflete nossa capacidade de imaginação, e é isto o que nos diferencia dos demais seres vivos deste planeta.

É através da linguagem que podemos estruturar o mundo do imaginário e por meio dela é possível reformular ideias anteriores, pois nem todas as ideias estão diretamente associadas a objetos e situações visualizadas num dado momento. Utilizamos as palavras para referir coisas que estão em nossas mentes e este universo da imaginação não tem limites, pois no processo de produção de palavras o



emprego de gírias e neologismos indica que este universo está em eterna modificação, sendo que mudanças no nosso estilo de vida geram o aparecimento de novas palavras e o desuso de outras. O universo de palavras é, portanto, o resultado da nossa capacidade de imaginação e a matéria prima do nosso pensamento.

Nesse contexto a Matemática desempenha papel estruturante no processo de produção dos conceitos que irão se constituir em nossas interpretações do mundo físico. Ao buscar entender as mudanças na nossa visão de mundo produzidas pelas modernas teorias científicas, somos levados a crer que não há uma estruturação tão rígida no mundo a ponto de conferir solidez absoluta às nossas tentativas de interpretá-lo. Os produtos da pesquisa científica são frutos de tentativas de estruturar as representações sobre o mundo e em função disto sofrem modificações de tempos em tempos. A realidade não é ponto de partida, mas de chegada das interpretações científicas e neste processo, a Matemática empresta sua própria estruturação ao pensamento científico para compor os modelos físicos sobre o mundo. Estas são em última instância, estruturas conceituais que se relacionam ao mundo, mediadas pela experimentação. Em Pietrocola (2002) encontramos a seguinte afirmação:

*“O fato de conceber-se a Matemática como instrumento da Física, além da coerência com a tradição empírico-realista, recebe reforço da própria ideia espontânea que se tem da linguagem. Dizemos também que a Matemática é a linguagem da Física! E aqui, linguagem parece exprimir o meio como os produtos da Física são apresentados comunicados, pois, em geral, a linguagem está associada com códigos que empregamos na comunicação. Na linguagem matemática, símbolos, gráficos, equações, retas círculos, ângulos, entre outros são os códigos, diferentemente do que ocorre na linguagem falada, onde se tem palavras e sentenças.” (p.97).*

Embora a linguagem matemática se constitua num meio de dar forma às ideias que eventualmente tornam o mundo compreensível, ela em si mesma não é suficiente para dar conta da linguagem das ciências físicas, que são constituídas pelos conceitos que habitam nossa mente na forma ideias e esse fato produz dificuldades em exprimi-los e ensiná-los. Com a evolução da Física Moderna novas ideias geraram conceitos que ganham significado ao se interconectar com as estruturas matemáticas que tornam essas teorias capazes de pensar o mundo.

A Física Contemporânea está sob o comando de velocidades muito altas como a da luz, de dimensões microscópicas como é o caso das estruturas subatômicas e macroscópicas quando se trata das distâncias intergalácticas. A linguagem do senso comum é importante para interpretar o mundo, mas não é suficiente para explicar os novos conceitos advindos das teorias da Mecânica Relativística, da Física Quântica e das teorias sobre a Estrutura da Matéria e do Universo. É nestes aspectos que a linguagem matemática se sobressai, apoiando nossos pensamentos para atingir o entendimento do mundo. Aliado a isso utilizamos metáforas, analogias, aplicações e exemplos, e em geral as ideias da Física ficam mais claras quando usamos outras ideias para expressá-las e fazemos conexões com outros conceitos. Desse modo, podemos dar forma a estas ideias e com ela produzir o entendimento sobre as características dos corpos no mundo físico.

#### *A expressão de uma ideia através de metáforas*

No dizer de Lopes (1996), a linguagem científica está sujeita a constantes alterações dos signos e seus significados e a necessidade de se estabelecer uma linguagem que esteja em conformidade com a razão. Portanto, a desatenção e o descaso para com os novos sentidos dos termos, nos limites de uma nova teoria científica, constitui-se obstáculo epistemológico. Surge sempre que a linguagem é utilizada sem questionamento inicial das ideias. Bachelard (1996) considera que o obstáculo epistemológico inicial a ser superado é o da opinião, pois não se pode ter uma opinião sobre os problemas que não temos conhecimentos, sobre questões que nem sabemos sequer formular de maneira clara e consistente, é preciso que formulemos devidamente as perguntas a serem respondidas e os problemas a serem investigados, pois os obstáculos epistemológicos estão inseridos justamente no conhecimento não formulado.

Quando a aquisição da linguagem se processa além do espaço de pensamento no qual foi gerada, provoca entendimentos equivocados que obstruem sua compreensão. No que diz respeito aos conceitos científicos o uso indiscriminado de termos, sem distinguir seus significados em relação aos termos da linguagem comum, pode não apenas impedir o domínio do conhecimento científico, como também cristalizar conceitos errados, verdadeiros obstáculos à abstração. Bachelard (1996) considera a falsa explicação produzida a custo de uma metáfora um obstáculo verbal, onde uma só palavra funciona como uma imagem que pode ocupar o lugar de uma





explicação. Em situações pedagógicas há palavras que, dizendo respeito à linguagem aprendida em contextos não científicos e com conotações divergentes ou significação simbólica para o sujeito, constituem barreira ao ensino formal das ciências. Os exemplos que Bachelard apresenta estão relacionados com o uso desajustado de imagens, analogias e metáforas, quando, na prática pedagógica, tendem a reforçar concepções alternativas radicais do nosso imaginário.

A explicação dos fenômenos através de modelos, imagens, metáforas ou analogias representam a tendência de associar uma palavra concreta a uma palavra abstrata e Bachelard não se contrapõe ao uso de metáforas, desde que sejam utilizadas depois da absorção da teoria e como auxiliar no esclarecimento. O obstáculo se manifesta quando o emprego da metáfora antecede a explicação da hipótese ou teoria, pois pode promover à inércia do pensamento. Para Gomes e Oliveira (2007) o aluno se apega e aceita essa aproximação como um estratagema conclusivo, não havendo necessidades de maiores elucidações, o que impossibilita a abstração necessária ao conhecimento.

## **O Surgimento de uma Física Nova**

### *As bases da Física Moderna*

No final do século XVIII acreditava-se que a Mecânica estava pronta e acabada, mas apesar das leis que comandavam a Mecânica Universal estarem definidas e assentadas em bases muito sólidas, a ciência moderna ainda convivia com questões sem resposta: afinal, de que são feitas as coisas? A estruturação do universo segue o caminho de Empédocles ou o de Demócrito? A quase inabalável crença nas ideias dos quatro elementos sofreu seu primeiro grande golpe quando John Dalton anunciou sua Teoria Atômica. Baseado nas ideias de Demócrito e Epicuro propõe que toda matéria é formada de partículas microscópicas que não podem ser criadas nem destruídas, elas são os átomos, permanentes e indivisíveis. Para ele os átomos de um mesmo elemento seriam idênticos em todos os aspectos, contudo os elementos diferentes não possuiriam as mesmas propriedades. Dalton acreditava que o átomo era uma esfera maciça, homogênea, indestrutível, indivisível e de carga elétrica neutra.

A partir da Teoria Atômica de Dalton um grande número de descobertas e teorias a respeito da constituição da natureza começou a colocar em xeque as bases

da ciência moderna. Michael Faraday foi o primeiro a observar a produção de descargas elétricas luminosas em gases rarefeitos e associou os fenômenos elétricos aos átomos. Em seguida Plücker observou que esses “raios” eram desviados por campos elétricos e magnéticos e Goldstein chamou-os de raios catódicos. No final do século XIX J. J. Thomson demonstrou que os raios catódicos eram feitos de minúsculas partículas carregadas negativamente, os elétrons, e que a matéria é composta de duas partes, uma positiva e outra negativa. Propôs então que os átomos seriam compostos por um núcleo gelatinoso de carga positiva onde estariam incrustados os elétrons negativos. Esta representação ficou conhecida como o modelo do pudim de ameixas.

Paralelamente a estes fatos Röntgen descobriu os raios-X, Becquerel a radioatividade e Marie e Pierre Curie descobriram os elementos rádio e polônio. Em meio a este acúmulo de evidências ficava cada vez mais claro que o átomo deveria ser algo mais que uma bolinha maciça muito pequena. A ideia de que a menor partícula da matéria deveria ser uniforme e indivisível começava a cair por terra, e junto com ela os modelos da perfeição geométrica. No campo da Matemática a primeira metade do século XIX foi marcada pelo surgimento das geometrias não euclidianas, notadamente os trabalhos de Gauss, Lobachevsky e Riemann. A proposição das geometrias elíptica e hiperbólica surgiu como uma visão esotérica de um novo modelo de Universo.

Por volta de 1911, Ernest Rutherford rompeu em definitivo com o modelo grego de átomo ao realizar experimentos onde bombardeou uma fina lâmina de ouro com partículas em alta velocidade. Rutherford concluiu que o átomo deveria ser formado em sua maior parte por espaços vazios e desenvolveu o modelo atômico planetário, no qual o átomo seria comparado ao sistema heliocêntrico com um núcleo positivo no centro e os elétrons negativos orbitando em torno dele. Superada a ideia do átomo maciço e indivisível coube ao próprio Rutherford propor que o núcleo atômico seria formado por prótons e nêutrons, partículas ainda menores de cargas positivas e neutras e, em 1932, Chadwick descobriu o nêutron proposto por Rutherford.

A concepção de Thomson e Rutherford foi aperfeiçoada por Niels Bohr, razão pela qual o modelo planetário de átomo ficou conhecido como modelo atômico de Rutherford-Bohr. Bohr incluiu a Teoria Quântica no modelo atômico para poder explicar como os diferentes níveis de energia na eletrosfera impediam os elétrons de cair como um meteoro no núcleo, o que fatalmente aconteceria se o átomo se



comportasse da mesma forma que sistema solar, de acordo com o que Rutherford propôs inicialmente.

Na segunda metade do século XIX Maxwell publica “O Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo” onde une a eletricidade, o magnetismo e a óptica e demonstra que campos elétricos e magnéticos se propagam com a velocidade da luz. Propõe que a luz é uma onda eletromagnética e que forças elétricas e magnéticas tem a mesma natureza. Em Mecânica Estatística estudou a teoria cinética dos gases e a chamada distribuição de Maxwell-Boltzmann, fundamental para o desenvolvimento da Mecânica Quântica. Seu trabalho em eletromagnetismo foi a base da Relatividade Restrita de Einstein.

A Física do final do século XIX postulava que as ondas necessitavam de um meio material para se propagar e a ideia de éter luminífero (seria uma reedição da quinta essência de Platão?) foi postulada como sendo um meio elástico hipotético em que se propagariam as ondas eletromagnéticas. As características desse meio não afetariam o movimento dos planetas, uma vez que, de forma fantástica, só interagia com a luz para permitir que esta se locomovesse pelo espaço etéreo, propriedade no mínimo conveniente aos interesses dos defensores do éter. As discussões a respeito da luz passaram a defender que a sua natureza seria ondulatória.

As investigações de Lorentz também buscavam uma única teoria que explicassem os fenômenos elétricos, magnéticos e luminosos no éter em repouso e a experiência de Michelson e Morley foi decisiva para detectar o movimento relativo da terra através do éter estacionário. Entretanto, o resultado encontrado foi no mínimo desconcertante, pois não registraram nenhum indício da presença do éter, ao contrário, o experimento trouxe fortes evidências que o éter não existe e com isso desencadeiam-se uma série de investigações que levam às proposições da Relatividade Especial.

Em 1900 Max Planck, considerado o pai da Física Quântica, descobriu a lei da radiação térmica, chamada “lei de Planck da radiação” que ao lado da descoberta da “lei do efeito fotoelétrico” de Einstein e dos postulados de Bohr foram fundamentais no estabelecimento da Teoria Quântica. Embasado nos trabalhos de Poincaré e Lorentz, Albert Einstein publica em 1905 a Teoria da Relatividade Especial, onde os conceitos de espaço e tempo da Mecânica Newtoniana, tidos até então como isolados e independentes são substituídos pela ideia de espaço-tempo, uma entidade única e

interdependente, cujas medidas são crias de uma geometria não euclidiana. Nasce então a Mecânica Relativística.

Em seu primeiro trabalho Einstein ignora os efeitos da gravidade, porem após dez anos de sua publicação ele desenvolve a Teoria da Relatividade Geral, onde propõe que a atração gravitacional entre dois corpos se deve a curvatura do espaço e do tempo produzidas por suas massas. A Teoria Geral da Relatividade é um aperfeiçoamento da Teoria da Relatividade Especial e os efeitos da gravitação levam Einstein a propor o espaço-tempo curvo e a prever o fenômeno da dilatação do tempo gravitacional.

Louis de Broglie em sua tese de doutoramento introduziu a teoria de ondas de elétrons, que inclui a teoria de dualidade onda-partícula da matéria com base na Teoria dos Quanta proposta por Planck e Einstein. Seu trabalho abre uma nova área da Física, a Mecânica Ondulatória, que constitui uma das principais bases da Mecânica Quântica. Werner Heisenberg estabeleceu as bases da formulação matricial da Mecânica Quântica e propôs o “Princípio da Incerteza”, suas ideias rompem em grande parte com os princípios da Física Newtoniana e se utilizam do cálculo estatístico. Além de mecanismos desenvolvidos para a comprovação de suas teorias, abriu um novo campo não só para a Física, mas para a teoria do conhecimento. A estruturação da Mecânica Quântica ainda recebeu contribuições significativas de Erwin Schrödinger e de Max Born.

Chegamos hoje então à concepção que a matéria é feita de átomos, com um núcleo pequeno e “maciço”, composto de prótons de carga positiva e nêutrons sem carga elétrica, envoltos por uma eletrosfera formada por elétrons de carga negativa e pouquíssima massa. A Teoria da Relatividade Geral e a Mecânica Quântica passaram a assumir a função de alicerces estruturais da Física na sociedade contemporânea e desde as partículas indivisíveis de Demócrito e Epícuro até o surgimento do princípio da incerteza de Heisenberg da Mecânica Quântica os conhecimentos sobre os átomos percorreram um longo caminho e conceitos como o da dualidade onda-partícula atribuídos à matéria parecem um tanto quanto incompreensíveis ao senso comum. Esses são os tempos atuais, onde aguardamos a confirmação oficial da detecção do bóson de Higgs, a “*god particle*”, que o modelo padrão prevê ter surgido logo após o Big Bang e que representa a chave para explicar a origem da massa das outras partículas elementares.

*Uma nova visão do Cosmos*

No primeiro quarto do século XX Edwin Hubble descobriu que as nebulosas eram na verdade galáxias fora da via láctea, e que se afastam umas das outras com velocidade proporcional à distância entre si. Mais uma vez a esfera se rompeu e as ideias de Giordano Bruno ressurgiram das cinzas, mas desta vez na forma de um Universo infinito e sem os contornos da abóboda celeste, porém com um novo aspecto, o do Universo em expansão.

Em 1930 o astrônomo Suíço Fritz Zwick constatou que a velocidade de determinados componentes galácticos evidenciava gravidade mais intensa do que se esperava encontrar e concluiu que deve haver mais matéria no Universo do que aquela que está presente na matéria luminosa. A matéria que irradia e reflete a luminosidade seria apenas uma parte das fontes gravitacionais e a matéria que não libera radiação detectável foi chamada de matéria escura. Já na metade do século XX George Gamow propõe a teoria do Big Bang, segundo a qual o universo foi criado e entrou em expansão a partir de uma violenta explosão.

Para os astrônomos o tempo, o espaço, a matéria que originou as estrelas, os planetas e as galáxias teriam sido criados no momento do Big Bang. Mas resta saber se a quantidade de matéria existente no Universo possui força gravitacional suficiente para atuar como um freio da expansão do Big Bang. Se a resposta for não ele continuará a se expandir infinitamente, ficando cada vez mais frio e vazio, as galáxias e estrelas lentamente se distanciarão umas das outras, envelhecendo e morrendo. Mas, se essa resposta for sim o processo se reverterá e em algum momento tudo passará a se contrair em até atingir um autoesmagamento chamado de Big Crunch.

Em sua teoria Gamow prevê que a grande explosão produziu uma radiação eletromagnética que preenche todo o espaço observável e que a maior parte da energia do Universo está nessa radiação cósmica de fundo. Essa radiação na faixa das micro-ondas é um eco do Big Bang e foi detectada em 1978 por Penzias e Wilson, que receberam o prêmio Nobel de Física por essa descoberta. Recentemente a sonda espacial (WMAP) mediu com precisão a anisotropia na radiação cósmica de fundo em micro-ondas através de todo o céu.

A Relatividade Geral tornou-se uma ferramenta essencial para a Astrofísica moderna e a base para o entendimento dos chamados buracos negros, regiões do espaço onde a atração gravitacional é tão forte que nem mesmo a luz pode escapar.

As teorias mais recentes explicam que os buracos negros são estruturas que se formam no momento em que uma estrela entra em colapso e seu campo gravitacional torna-se tão intenso que nada escapa de sua atração, a força gravitacional deforma o espaço e arrasta inclusive a luz em sua direção. Os buracos negros não são visíveis, pois não emitem radiação e sua presença só é detectada pela energia emitida pelos corpos que rodopiam a sua volta prestes a serem tragados pela sua gravidade irresistível.

As informações obtidas pelos modernos telescópios confirmam as teorias, leis e princípios que fundamentam a Física Moderna e por isso, esta se torna um legado de toda a humanidade e como tal deve ser transmitida a esta e as novas gerações.

### **Considerações Finais**

A extrema velocidade com que as tecnologias de transmissão de informações se desenvolvem na sociedade contemporânea tem provocado uma verdadeira revolução nas formas de comunicação e as mudanças produzidas afetam todos os setores de atividades humanas. Áreas como o ensino das Ciências são atingidas através de ações produzidas pela crescente utilização de recursos tecnológicos e implantação de mídias eletrônicas nas escolas. Diante desta aceleração comandada pelos computadores, novas e velhas ideias se materializam e os pensamentos que norteiam a Física Moderna ganham um poderoso aliado, que é capaz de simular ambientes virtuais e criar uma linguagem visual apropriada para tornar observáveis os conceitos, leis e princípios que habitam o mundo das abstrações e que até então não podiam ser externados de uma forma mais concreta.

A questão que se põe agora é: como podemos então externar as ideias que fundamentam a Física Moderna de modo a torná-las acessíveis e inteligíveis a todas as pessoas? Será que a linguagem que já inventamos é satisfatória? Os postulados matemáticos já não parecem ser suficientes para construir uma nova teoria sobre os mecanismos do Universo e as teorias geocêntrica e heliocêntrica já não servem mais, pois nem a terra, nem o sol, nem o sistema solar e nem mesmo a via láctea estão no centro do Universo, mas tudo gira em torno de alguma coisa. O fato é que a visão do Universo tem se estendido para além do que se costumava olhar e nossos limites se alargaram da abóboda celestial para o infinito.



### Referências Bibliográficas

- Bachelard, G. (1996). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin, 1947. Tradução por Estela dos Santos Abreu. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Contraponto, Rio de Janeiro.
- Bronowski, J. (1983). *Arte e Conhecimento*. Editora Martins Fontes,
- Gomes, H. J. P., & Oliveira, O. B. (2007, dezembro). Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções do átomo. *Ciência & Cognição*, V.12, p.96-109.
- La Taille, Y., Oliveira, M. K. & Dantas, H. (1992). *Piaget, Vygotsky, Wallon: teorias psicogenéticas em discussão*. Summus, São Paulo.
- Lopes, A. R. C. (1996, dezembro). Bachelard: O filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. V.13, n.3, p.248-273, Florianópolis.
- Pietrocola, M. (2002, agosto). A matemática como estruturante do pensamento científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. V.19, n.1: p.89-109, Florianópolis.
- Vigotsky, L. S. (2000). *A construção do Pensamento e da Linguagem*. Tradução Paulo Bezerra. Martins Fontes São Paulo.