



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciências Sociais

Instituto de Filosofia e Ciências Humanas

Fábio Antonio da Costa

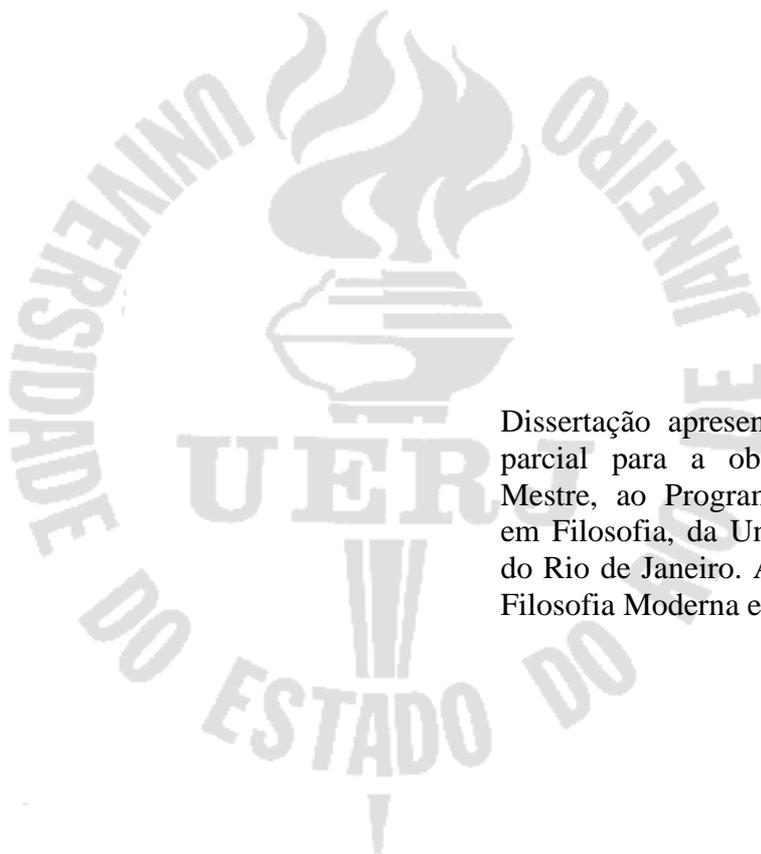
A idéia de transformação em Werner Heisenberg

Rio de Janeiro

2008

Fábio Antonio da Costa

A idéia de transformação em Werner Heisenberg



Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Filosofia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira

Rio de Janeiro

2008

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/ CCS/A

H473i Costa, Fabio Antonio da.
A idéia de transformação em Werner Heisenberg/ Fábio Antonio da
Costa. - 2008.
135 f.

Orientador: Antonio Augusto Passos Videira.
Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado do Rio de
Janeiro, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas.
Bibliografia.

1. Heisenberg, Werner, 1901-1976. 2. Filosofia - Teses. 3. Física
moderna - Teses. I. Videira, Antonio Augusto Passos.. II.
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Filosofia e
Ciências Humanas. III. Título.

CDU 1

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação.

Assinatura

Data

Fábio Antonio da Costa

A idéia de transformação em Werner Heisenberg

Dissertação apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Filosofia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Aprovada em: 29 de fevereiro de 2008.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira (Orientador)
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UERJ

Prof. Dr. Ricardo José Corrêa Barbosa
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UERJ

Prof. Dr. Róbson Ramos dos Reis
Centro de Ciências Sociais e Humanas da UFSM

Rio de Janeiro

2008

AGRADECIMENTOS

Nunca julguei que a filosofia fosse tarefa de gabinete, supondo que ali as idéias florescessem pelo simples ruminar de textos. Sempre fui animado pelas discussões e debates realizados entre amigos, que tão profícuos foram quanto as horas de reclusão. Portanto, sou levado a primeiramente agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira, pela liberdade a mim conferida para a realização desse trabalho, pelas incontáveis horas de conversas e discussões, pelos adequados conselhos referentes aos mais variados aspectos da vida, pela amizade verdadeira que não se furta às críticas. Agradeço ao professor Prof. Dr. Róbson Ramos dos Reis, pela participação em minha banca e pelas observações sobre a dissertação. Com grande estima apresento os meus agradecimentos ao Prof. Dr. Ricardo José Corrêa Barbosa, não somente por sua participação em minha banca, mas também pelos anos de conversas e amizade. Sou grato fundamentalmente aos amigos Rommel Luz Figueira Barbosa, Gabriel Dirma de Araújo Leitão, Taís Silva Pereira e Bernardo Curvelano Freire, pelas inúmeras discussões e observações, com os quais ensaiei e adestrei os conceitos dessa dissertação. Aos também amigos queridos, Helena Wergles Ramos, Agnes d'Alegria, Davi San Gil, Diogo Gurgel, Carlos Bezerra Cavalcante Neto, Vitor Mauro F. R. Bragança, Paulo Mendes Taddei, Laila Oazem, Leonardo Rogério Miguel, Daniel Siqueira Pereira, Isabelle Villafán, fica o meu carinho. Deixam saudades pela distância os amigos Carlos Eduardo Pereira Oliveira e Júlia Sichieri Moura, que mesmo afastados ainda participam das minhas reflexões. Também não posso deixar de citar o pessoal do sebo Berinjela, principalmente Daniel e Silvia, a quem devo não somente a maior parte da minha biblioteca, mas igualmente a gratidão pela estima e conselhos.

Ficam aqui os mais profundos carinhos a Rafael Andrade dos Santos, cuja paciência e amor diários sustentaram seus comentários sobre o meu texto e a minha motivação. Da mesma natureza é o meu agradecimento à minha mãe, Suely Antonio da Costa, que além de sustentáculo motivacional para a realização da dissertação, também generosamente é responsável por parte do financiamento desta pesquisa. A outra parte do financiamento eu agradeço ao CNPq, que bem vem cumprindo a sua tarefa de auxiliar os pesquisadores.

RESUMO

COSTA, Fábio Antonio da . *A idéia de transformação em Werner Heisenberg*. 2008. 135 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

A presente dissertação tem como objetivo expor as idéias de Werner Heisenberg (1901-1976) sobre a natureza das transformações conceituais advindas com o surgimento da física moderna. As teorias da relatividade e a mecânica quântica geraram graves debates sobre a relação entre os seus novos conceitos e aqueles pertencentes à física clássica, entre teoria e experiência, sobre o papel que então deteriam conceitos antes julgados como fundamentais, tais como os de espaço, tempo, propriedades e causalidade. Na primeira parte, nós expomos o modo como Heisenberg compreende a história do desenvolvimento da física moderna, bem como as variadas características dos problemas que a acompanharam. Na segunda parte, nós expomos as reflexões de Heisenberg sobre as relações entre os conceitos clássicos e os modernos, ao mesmo tempo em que analisamos as formas pelas quais esses conceitos influenciam nas mais variadas atividades humanas. Por fim, oferecemos algumas indicações sobre como se constitui um problema ao qual Heisenberg continuamente retorna: aquele que concerne à possibilidade do homem se orientar no mundo.

Palavras-chave: Física clássica. Física moderna. Investigação. Conceitos fundamentais. Natureza.

ABSTRACT

This master dissertation has as its subject matter to expose the ideas of Werner Heisenberg (1901-1976) on the nature of conceptual transformations that happened with the sprouting of the modern physics. The theories of relativity and quantum mechanics generated serious debates about the relationship between its new concepts and those pertaining to classic physics, between theory and experience, and the role that concepts that were considered fundamental would have to assume, such as of space, time, properties and causality. In the first part, we show the way Heisenberg understands the history of the development of modern physics, as well as the varied characteristics of the problems that followed it. In the second part, we show Heisenberg's reflections on the relations between classic and modern concepts, while we analyze the ways in which these concepts influence a varied number of human activities. Finally, we offer some indications on how is constituted a problem to which Heisenberg continuously returns: that one which concerns the possibility of men orienting themselves in the world.

Keywords: Classical physics. Modern physics. Inquiry. Fundamental concepts. Nature

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	08
1	TRANSFORMAÇÃO HISTÓRICA: SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA MODERNA	12
1.1	Disputas pela história	14
1.1.1	<u>Física Ariana: suas principais teses</u>	16
1.1.2	<u>Contexto: Razões ignoradas ou razões subestimadas?</u>	21
1.1.3	<u>Heisenberg contra a Física Ariana</u>	32
1.2	A importância da história	53
1.2.1	<u>O primeiro sacrifício: a Antiguidade</u>	55
1.2.2	<u>O segundo sacrifício: a Modernidade</u>	68
2	TRANSFORMAÇÃO DAS IDÉIAS E UNIFICAÇÃO	78
2.1	A querela entre Newton e Goethe: posição do problema	81
2.1.1	<u>Apresentação de Heisenberg das teorias de Newton e Goethe</u>	88
2.1.2	<u>Diferenças e semelhanças entre Newton e Goethe</u>	91
2.1.3	<u>A reconciliação entre Newton e Goethe</u>	97
2.2	Sobre a unidade da imagem científica da natureza	103
2.2.1	<u>A primeira unificação e sua insuficiência</u>	107
2.2.2	<u>Início da segunda unificação</u>	112
2.2.3	<u>As relações da nova unificação: o caso da biologia</u>	116
3	CONCLUSÃO	121
	REFERÊNCIAS	126

INTRODUÇÃO

Esta dissertação tem como objetivo expor a Idéia de transformação apresentada pelo físico alemão Werner Heisenberg (1901-1976). No início do século XX, com o surgimento da física moderna, verificou-se que vários conceitos constitutivos da física clássica, tais como os de espaço, tempo e causalidade, sofreram graves modificações. Não era mais possível considerar esses conceitos, segundo a sua formulação clássica, como princípios necessários para a compreensão do todo da natureza. As teorias da relatividade restrita e geral não mais permitiam a suposição de que a natureza do espaço é de métrica euclidiana, apartado de um tempo de transcurso linear puntiforme. O tempo se converte em uma quarta dimensão integrada ao espaço; e a métrica assumida pelo contínuo espaço-temporal passa a ser determinada pela massa dos corpos. A interpretação ortodoxa da mecânica quântica, formulada pela Escola de Copenhague, não mais nos deixava supor que as trocas de energia se dão de modo contínuo, mas sim que ocorrem descontinuamente, por meio de pacotes de energia denominados como quanta de ação. Se os antigos conceitos de espaço, tempo e causalidade sofreram tão graves modificações, também os conceitos de sujeito e de objeto devem ser novamente pensados, visto que os procedimentos metodológicos e experimentais participam da constituição dos fenômenos atômicos, ao contrário do que se supunha classicamente. Ora, já que esses antigos conceitos eram fundamentais, enquanto princípios gerais para a investigação da natureza, não podemos deixar de crer que suas alterações tenham sido relevantes para vários campos de pesquisa, bem como para os modos de questionamento da natureza pertencentes a variadas atividades humanas. Longe de apenas afetar os campos científicos, a transformação de tais pressupostos também modifica a nossa auto-compreensão, porquanto antes poderíamos julgar que esses conceitos eram inerentes ao nosso entendimento do mundo. Mais além, como toda concepção geral sobre a natureza tem que levar em consideração o homem, enquanto integrante da ordem natural, a alteração das suposições capitais acabam por atingir conceitos como os de liberdade, percepção, conhecimento, etc. Como compreenderemos o que seja experiência, experimento, a relação entre os variados setores de pesquisa, a possibilidade de unidade do conhecimento, a relação entre conceitos novos e antigos? Todos esses problemas foram apresentados por Heisenberg ao longo dos seus escritos, e constituem os fatores para que nos perguntemos pelo sentido que o nosso autor atribui a tais transformações.

Devemos imediatamente alertar o leitor sobre alguns pontos metodológicos que organizam esta dissertação. Em primeiro lugar, nos escritos de Heisenberg que analisaremos, não há uma exposição das notas características de um suposto conceito de transformação. O título da nossa dissertação manifesta o cuidado perante um tema que continuamente está em jogo nas discussões apresentadas pelo nosso autor: por conta das modificações advindas com a ciência moderna, faz-se necessário mais uma vez pensar o que seja um conceito. Somente de modo esparso pudemos tratar desse tema ao longo desta pesquisa, pois Heisenberg não manifesta nos escritos dos quais trataremos a pretensão de construir uma teoria do conceito. Ora, vemo-nos assim obrigados a explicitar qual o sentido que conferimos à expressão *Idéia de transformação*, por mais que agora façamos isso na forma de uma exposição geral, que possivelmente carecerá de maiores determinações, as quais se apresentarão em nossa conclusão.

O termo *Idéia*¹ deve ser entendido em nossa pesquisa como um *horizonte*. Em linguagem comum, o horizonte pode significar aquela linha, ao fundo de uma paisagem, na qual a terra ou o mar parecem se fundir com o céu, assim oferecendo o contorno e o fechamento do que vemos. Quando dizemos que uma pessoa possui pouco horizonte, podemos expressar que ela é mais limitada em algum sentido. Quando alegamos que perdemos o nosso horizonte, talvez desejemos dizer que não mais sabemos quais são as expectativas que nos alimentam e o rumo que almejamos tomar. A *Idéia*, aqui entendida como horizonte, significa o contorno que delimita um espaço, o qual é capaz de se expandir ou contrair conforme o nosso posicionamento. Ao oferecer os contornos gerais e o fechamento da paisagem, o horizonte deve ser entendido como *Idéia*, visto que com ela possuímos o aspecto geral de algo, o fio que reúne a região. Ora, mas essa transposição da palavra horizonte para o termo *Idéia* possui outro elemento fundamental: o fato de que não é possível existir horizonte sem posicionamento perante algo. Desta forma, o contorno da totalidade, mesmo que de uma paisagem, tem de necessariamente nos incluir. Nesse sentido, a palavra *Idéia* não significa a representação de um objeto, mas sim, a um só tempo, o contorno que me envolve e a minha posição em seu interior.

O emprego desse termo *Idéia* como instrumento metodológico para a análise dos textos de Heisenberg se deve, inicialmente, ao fato de que o nosso autor continuamente faz uso da história na tentativa de explicar o surgimento da física moderna. Contudo, não se trata

¹ Ao aparecer em maiúsculo, a palavra *Idéia* possuirá o sentido que atribuiremos; já quando for escrita em minúsculo, ela possui o sentido de representação e de conceito.

propriamente de uma historiografia, como análise dos documentos, ou tentativa de reconstruir os conceitos pertencentes a diferentes teorias físicas de variadas épocas. O recurso à história se deve ao fato de que Heisenberg está perguntando pela Idéia do modo de questionamento e investigação da natureza, ou seja, o horizonte que delimita o posicionamento do investigador da natureza. Assim como o horizonte se constitui por meio da junção entre terra (ou mar) e céu, o que estrutura o horizonte de investigação e questionamento — o que constitui a sua Idéia — são os conceitos fundamentais, tais como os de espaço, tempo, causalidade, matéria, experimentos, etc. Esses conceitos não somente determinam o modo de lidar com a natureza por parte do investigador, mas igualmente perfazem a suposição (aquilo que está por baixo e alimenta) do que é possível² conhecer e do que nos é permitido esperar.

Ora, mas a nossa Idéia recebeu uma qualificação: nós a denominamos como Idéia de transformação. Enquanto instrumento metodológico, esta expressão serve como chave para a investigação de como Heisenberg relaciona o horizonte de investigação da natureza que constitui a ciência moderna, horizonte este estruturado pelos conceitos fundamentais expressos na física clássica, e o horizonte de investigação e questionamento que começa a se abrir com o advento da física moderna. A transformação aqui significa que a forma, ou contorno, antes oferecido pela física clássica — em relação ao que é possível conhecer e esperar na investigação da natureza — assume uma nova configuração. Ora, mas não seria melhor que intitulássemos o nosso trabalho como a transformação da Idéia? O nosso esforço era indicar pelo título deste trabalho a existência de uma ambigüidade na expressão Idéia de transformação. Por um lado, nossa pergunta se volta para o modo como o horizonte de questionamento e investigação encaminhou a modificação dos conceitos fundamentais, ao mesmo tempo em que a modificação dos conceitos fundamentais transforma o modo de investigação e questionamento da natureza. É evidente que há um círculo, mas que deixa de ser vicioso quando considerarmos, ao logo das nossas reflexões, que ele o produto de uma tensão entre pensamento e natureza. Ao longo dos textos que selecionamos para a pesquisa, Heisenberg manifesta o contínuo esforço por apresentar quais são os contornos do modo de questionamento e investigação, na medida em que tenta compreender os seguintes pontos: 1) por quais razões os conceitos clássicos se modificaram; 2) quais eram os contornos do modo de questionamento e investigação de diferentes momentos históricos; 3) como os conceitos clássicos participam ainda do horizonte de investigação e questionamento aberto pela física

² Com a expressão “o que é possível conhecer” não desejamos designar as condições necessárias de todo e qualquer conhecimento possível. Essa expressão significa a possibilidade de conhecer no interior de um modo de questionamento e investigação da natureza, ou seja, em um horizonte.

moderna; 4) o que se nos apresenta como passível de conhecimento, o seu modo, e as expectativas possíveis em relação à investigação da natureza; 5) como o horizonte de questionamento e investigação da natureza afeta variadas atividades humanas. Por certo que todos esses pontos aparecem em todos os textos que analisaremos. Contudo, as conferências *Recentes Mudanças nos Fundamentos das Ciências Exatas e Sobre a História da Explicação Física da Natureza*, às quais dedicamos o nosso primeiro capítulo, abarcam os três primeiros pontos acima destacados como maior ênfase. Já o nosso segundo capítulo, que se dedica às conferências *As Lições de Goethe e Newton sobre as Cores à Luz da Física Moderna e Sobre a Unidade da Imagem Científica da Natureza*, trata mais detidamente sobre os dois últimos pontos.

Nossa esperança é de que este trabalho sirva como auxílio para todos aqueles que desejam compreender os escritos de Heisenberg, bem como para aqueles que desejam pensar sobre o modo como conceitos fundamentais, supostamente pertencentes a campos específicos do conhecimento, acabam por determinar a nossa relação com o mundo e a nossa auto-compreensão. Mais especificamente, esperamos que este trabalho se preste ao papel de uma introdução às questões que Heisenberg apresentará, de maneira mais aprofundada, no escrito conhecido como *Ordenação da Realidade (Manuscrito de 1942)*.

1 A TRANSFORMAÇÃO HISTÓRICA: SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA MODERNA

*Resulta estúpido e errado dizer que a investigação experimental é algo germano-nórdico e que a racional, pelo contrário, estrangeira! Então teríamos que nos decidir já a contar Newton e Leibniz entre os “judeus”. Precisamente o projeto da natureza em **sentido matemático** é o suposto para a necessidade e possibilidade do “**experimento**” como aquilo que dá a medida.*

HEIDEGGER, Martin. *Contribuições à Filosofia (do Acontecimento)*.

A epígrafe deste capítulo já assinala para alguns temas centrais que serão tratados por Heisenberg ao longo das conferências *Recentes Mudanças nos Fundamentos das Ciências Exatas e Sobre a História da Explicação Física da Natureza*. Aquele que se remeter à década de 30, época na qual Heidegger profere as declarações acima citadas³, então será capaz de identificar algumas questões que estão publicamente em jogo, porquanto suas formulações não se restringem a grupos ou disciplinas específicas. Tais questões tratam da história do desenvolvimento da ciência, da relação entre teoria e experiência, da ligação entre conceito e percepção, do papel que a matemática tem na formação do método experimental e, por fim, do modo como a ciência tanto nos faz conhecer quanto é capaz de determinar a nossa concepção de natureza. De imediato, talvez esses temas não se nos afigurem como novidades, visto que sua apresentação poderia ser encontrada no corpo das clássicas obras científicas e filosóficas. Todavia, nosso julgamento precipitado logo é desfeito quando nos defrontamos com aquilo que realmente é *problemático*, com aqueles obstáculos que tornam um conjunto de conceitos insuficiente para o entendimento de um determinado domínio, com aqueles eventos que travam as práticas e métodos até então disponíveis, o que acaba por requisitar um esforço para compreender a especificidade dos fatores que constituem para nós um verdadeiro problema.

³ Cf. HEIDEGGER, Martin. *Contribuciones a la filosofía (Del acontecimiento)* “*Beiträge zur Philosophie (Vom Ereignis)*”. Tradução de Breno Onetto Muñoz. PUC-CHILE: Valparaíso: 2001. p. 119.

Tanto em nossa epígrafe quanto nas duas conferências de Heisenberg, o que se faz problemático é o surgimento da física moderna, cujos representantes maiores são a teoria da relatividade restrita e geral e a mecânica quântica, já que os conceitos por elas formulados e seus princípios metodológicos demarcam um afastamento em relação àqueles próprios à física clássica. Ora, exatamente essa diferenciação entre clássico e moderno ocorrida na física é uma das aberturas que acabam por introduzir a historicidade no interior dessa disciplina, ou seja, o problema da permanência e do abandono de conceitos julgados como fundamentais para o nosso entendimento da natureza e para lida com a mesma. O que Heidegger denomina como investigação experimental, tal como veremos mais à frente, refere-se à suposição de que as teorias científicas são absolutamente provenientes de observações e constatações empíricas, e a totalidade dos conceitos clássicos teria uma origem absolutamente indutiva. Em contrapartida, a física moderna seria classificada como uma investigação racional, de natureza dedutiva, sobre a qual os seus oponentes alegavam um caráter puramente especulativo, desprovido da certeza que o experimento é capaz de oferecer. A história da física, ou sua tradição, então é dividida entre aqueles de origem nórdica, responsáveis pela conservação da verdadeira ciência calcada nos métodos e conceitos clássicos, e aqueles revolucionários, em sua maioria de judeus, ou contaminada por um pernicioso espírito especulativo supostamente característico desse povo. Nessa medida, o problema da historicidade dos conceitos físicos é alocado numa instância exterior à disciplina, porquanto seria uma questão de fidelidade a uma tradição a conservação ou abandono dos conceitos e métodos clássicos. Todavia, ao justapor Newton e Leibniz, o primeiro considerado como símbolo tanto do indutivismo quanto do empirismo, e o segundo, tido como representante da dedução e da especulação filosófica, Heidegger aponta para o projeto da natureza em sentido matemático como o laço fundamental que liga a ambos. Tal determinação matemática do sentido de natureza instaura um modo de experiência como experimento, isto é, a experiência é então assumida com aquele todo constituído por leis cuja validade é certificada através da mensuração. Ao fim e ao cabo, Heidegger indica que o verdadeiro problema se encontra nos conceitos de experiência, experimento e projeto matemático, visto que a física moderna nos obriga, por razões que posteriormente mostraremos, a reconsiderá-los.

O projeto de uma natureza cuja totalidade de eventos é expressa em leis experimentalmente verificáveis também é entendido por Heisenberg como um dos elementos fundamentais que ligam a física clássica à física teórica atual. No entanto, os elementos de união não são capazes de obscurecer aqueles outros fatores conceituais que evidenciam uma

grande diferenciação entre o clássico e o moderno, o que acaba por constranger o teórico da física, bem como aquele que reflete a partir dos seus conceitos, a considerar a historicidade de suas idéias e práticas. Tenhamos clareza sobre isso a que chamamos historicidade dos conceitos da física, visto que não se trata aqui de um simples progresso sustentado pelo aperfeiçoamento das teorias, nem mesmo o mero abandono de conceitos em prol de outros mais perfeitos: aqui não temos o simplório jogo temporal entre continuidades e descontinuidades, porquanto o clássico ainda permanece em pleno uso teórico e prático após o surgimento do moderno. Heisenberg tem que se haver não somente com modificações de idéias, mas com transformações de conceitos que pretensamente formavam e nos informavam sobre a totalidade de nossa compreensão da natureza e da experiência que dela fazemos. As transformações com as quais Heisenberg se depara estão ligadas com re-articulações dos domínios de validade dos conceitos, com restrições ao predomínio de determinadas metodologias, com a limitação de determinadas maneiras como a natureza pode ser questionada e submetida à experimentação. O sentido dessas transformações não afetaria somente ao físico, mas também aos leigos e àqueles outros âmbitos práticos e teóricos cuja concepção de natureza também foi estruturada com o apoio das ciências exatas. O que vem a ser para Heisenberg essa transformação histórica, responsável pelo desenvolvimento física, será o objeto do presente capítulo.

1.1 Disputas pela história⁴

Como já explicitamos em nossa introdução geral, particularmente no momento que trata da nossa metodologia, não pretendemos realizar, mesmo que em linhas gerais, uma historiografia da física moderna. O que verdadeiramente nos interessa são as razões pelas quais Heisenberg assume a história da sua disciplina como um fator capital tanto para a nossa auto-compreensão quanto para a compreensão do que seja a natureza. Nesse sentido, caberia então nos debruçarmos sobre alguns elementos que fizeram da história da física um problema, bem como a ligação da mesma com os mais variados campos das atividades humanas. Talvez a disputa pela verdadeira tradição científica, ocorrida entre Heisenberg e os representantes da Física Ariana, seja o melhor caminho para que esboçemos a importância que a história das transformações conceituais assumiu aos olhos do nosso autor.

⁴ DA COSTA, Fábio Antonio e VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. “Heisenberg contra Lenard e Stark: O que há de importante na Física Ariana?”. In : *Revista Portuguesa de Filosofia*, tomo 63, fascículo 1-3. Braga: Universidade Católica Portuguesa, 2007. pp.309-350. Toda esta primeira seção foi publicada, apenas com ligeiras modificações.

Retomando a epígrafe do nosso capítulo, ela também serve para indicar o grau de expansão dos debates sobre o movimento auto-intitulado Física Ariana (*Deutsche Physik*)⁵, bem como para que vislumbremos algumas de suas questões. Dela já podemos depreender que algumas das disputas entre adeptos e críticos da Física Ariana tratavam dos seguintes problemas: a ligação entre ciência e raça, os papéis do método experimental e do método dedutivo nas descobertas das ciências naturais, a relação entre matemática e natureza e, por fim, a própria história do desenvolvimento da ciência. Talvez seja cabível considerar como marco inicial desse movimento, encabeçado pelos renomados físicos Philipp Lenard⁶ e Johannes Stark⁷, o final do verão de 1922, durante o qual foi realizado o Congresso de Cientistas e Médicos Alemães, em Leipzig. Conforme relata Heisenberg em suas memórias⁸, Einstein apresentaria nesse evento uma conferência sobre a teoria da relatividade. Contudo, um clima de profundo mal-estar pairava entre os participantes, porquanto panfletos foram distribuídos, nos quais se alegava que a teoria não passava de especulações, desarrazoados fomentados por judeus e pela imprensa judaica, ambos absolutamente contrários ao método experimental que caracterizava a verdadeira ciência nórdica e tradicional. Esse tipo de argumento nos leva imediatamente a crer que os partidários de Lenard e Stark apenas se aproveitavam de favoráveis circunstâncias políticas para introduzir seus preconceitos no interior da ciência, que fundamentalmente deveria, por um lado, manter-se afastada do âmbito político e, por outro lado, aberta às colaborações internacionais. Assim sendo, a Física Ariana mereceria ser classificada como uma impostura intelectual, um movimento que lançava mão da ciência com o intuito de mistificá-la, ultrapassando os limites do que é propriamente científico em benefício de finalidades espúrias.

Aqui não nos propomos a fazer uso de supostos conceitos puros do que sejam ciência ou racionalidade para assim instaurar um tribunal da história, cujo veredicto seria a condenação da Física Ariana como irrisória anomalia epistemológica no corpo histórico da

⁵ É preciso explicitar as razões pelas quais é possível empregar as expressões *Deutsche Physik* e Física Ariana como equivalentes. *Deutsche Physik* não significa simplesmente o conjunto de trabalhos em física realizado por pesquisadores de uma mesma nacionalidade. Em realidade, segundo as teses raciais nas quais esse grupo se baseia, o conceito de nacionalidade está submetido ao conceito de raça. Nessa medida, somente aquilo que é ariano ou de expressão ariana pode ser nomeado como alemão. Observemos então que não é o conceito de povo que está por base do conceito de nação, mas sim que ambos são reduzidos ao conceito de raça.

⁶ Ganhador do prêmio Nobel em 1905, pelos seus experimentos com raios catódicos.

⁷ Ganhador do prêmio Nobel em 1919, pela descoberta da decomposição das raias espectrais sob a ação de um campo elétrico. Tal fenômeno foi batizado como efeito Stark.

⁸ HEISENBERG, Werner. *A Parte e o Todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política*. Tradução de Vera Ribeiro; revisão da tradução de Antonio Augusto Passos Videira e Luciana Muniz; revisão técnica de Ildeu de Castro Moreira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. Cf. capítulo IV.

ciência. Nem mesmo nos dedicaremos a traçar a origem desse movimento a partir das biografias de Lenard e Stark, acreditando que o caráter conturbado de ambos, coadunado com a conflituosa situação política que antecedeu a ascensão de Hitler, seriam razões suficientes para a formação das doutrinas que atacavam a física teórica⁹. Em primeiro lugar, exporemos os princípios e as idéias defendidos pelos físicos arianos, demonstrando que os seus argumentos devem ser relacionados com teorias, publicações científicas e obras abalizadas pelos acadêmicos da época, como pano de fundo capaz de sustentar a sua plausibilidade. Desse modo, evidenciamos que uma análise restrita ao campo da física e dos seus documentos não é suficiente para que compreendamos as razões desse movimento, nem mesmo a sua capacidade de se mostrar veraz. Concomitantemente, faz-se necessário considerar que algumas objeções levantadas contra a física teórica se constituíam como problemas verdadeiramente relevantes, sendo que alguns deles também foram formulados por autores que não compactuavam com as convicções de Lenard e Stark. Por fim, analisaremos uma conferência de Heisenberg, intitulada *Recentes Mudanças nos Fundamentos das Ciências Exatas*, proferida na Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, em 17 de setembro de 1934. Tal análise tem como objetivo apresentar a seriedade com a qual as críticas dos físicos arianos foram recebidas por esse autor, nelas reconhecendo algo digno de ser respondido, não meramente por razões políticas, mas porque eram reais dilemas instalados nas ciências naturais.

1.1.1 A Física Ariana: suas principais teses

Com o intuito de compreender a Física Ariana, selecionamos dois documentos capazes de oferecer um quadro geral de suas teses: extratos do prefácio ao livro *Física Alemã, em quatro volumes (Deutsche Physik, in vier Baden)*, redigido por Philipp Lenard e publicado em 1936¹⁰; um artigo de Johannes Stark, intitulado *O Espírito Pragmático e Dogmático na Física (The Pragmatic and Dogmatic Spirit in Physics)*, publicado na revista *Nature*, em 30 de abril de 1938¹¹. A escolha desses textos foi orientada pelas seguintes razões: 1) O manual de

⁹ Cf. BEYERCHEN, Alan. *Scientists under Hitler: politics and the physics community in the Third Reich*. New Haven: Yale University Press, 1977, no qual o autor emprega as duas estruturas argumentativas por nós rejeitadas. Desta forma, nosso trabalho também pode ser considerado como uma crítica às teses dessa obra. Todavia, não descartamos o fato de que interesses pessoais, políticos e ressentimentos tiveram alguma contribuição para que Lenard e Stark formulassem a Física Ariana.

¹⁰ LERNARD, Phillip. “Prefácio à Física Alemã”, in HEISENBERG, Werner. *Philosophie: Le manuscrit de 1942*. Introdução e tradução de Catherine Chevalley Paris: Éditions du Seuil, 1998. pp. 397-408.

¹¹ STARK, Johannes. “The Pragmatic and the Dogmatic Spirit in Physics”, in *Nature*. Volume 141, 30 de abril de 1938. pp.770-72.

Lenard contém os princípios gerais sobre a Física Ariana, assim como as razões de sua criação; além disso, Lenard oferece indicações de questões relevantes discutidas por alguns eruditos¹², assim como de situações históricas que extrapolavam o campo da física, ambos os fatores utilizados pelo autor para a sustentação dos seus argumentos. 2) O artigo de Stark oferece uma caracterização dos comportamentos próprios aos físicos judeus e aos físicos nórdicos, apontando para as especificidades com as quais cada um desses lidava com a ciência, com a verdade e com a tradição científica; na mesma medida, tal artigo nos remete ao contexto histórico e à relação da Física Ariana com a comunidade científica internacional. A partir desse momento, faremos uma breve análise dessas fontes.

Já nas primeiras linhas do seu prefácio, Lenard demonstra os motivos para que o leitor não estranhe a expressão Física Alemã (*Deutsche Physik*):

“Física alemã?” perguntar-se-á. Eu poderia também ter dito física ariana ou física dos homens de tipo nórdico, física dos exploradores da realidade, física dos investigadores da verdade, física daqueles que fundaram a pesquisa científica.¹³

A partir deste ponto, Lenard responde àqueles que pretendem atribuir à pesquisa científica um caráter internacional. Ora, todas as criações humanas têm como determinação fundamental as suas origens, que são o sangue e a raça. Ainda que os resultados das pesquisas científicas sejam universais, não se pode julgar que o processo de pesquisa e o modo de investigação disponham da mesma universalidade. Todos aqueles que elaboraram uma ciência semelhante à alemã, fizeram isso graças ao fato de possuírem sangue nórdico em suas veias. Aqueles povos cujas origens se devem a outras raças, desprovidas da determinação ariana, desenvolveram uma ciência de outro tipo ou uma outra maneira de praticá-la. Além disso, todo o progresso da ciência é debitário das descobertas realizadas pelo povo ariano, sendo necessário que os estrangeiros reconheçam que suas investigações só foram possíveis graças ao terreno de pesquisa instaurado pelos nórdicos, bem como por imitação dos seus procedimentos. Em contrapartida, nos últimos tempos, a física alemã tem sido dominada por idéias e práticas completamente estranhas ao seu espírito, e isso por conta de influências judaicas, cada vez mais abundantes na academia e na sociedade. Lenard aponta Einstein, mencionando a teoria da relatividade, como o principal exemplo de uma ciência nociva àquela cultivada pelos alemães:

¹² A natureza desses problemas e os seus âmbitos de discussão serão analisados mais a frente, quando então tratarmos do contexto intelectual no qual esses escritos foram redigidos.

¹³ LERNARD, Phillip. “ Prefácio à Física Alemã ”, in HEISENBERG, Werner. *Philosophie: Le manuscrit de 1942*. Introdução e tradução de Catherine Chevalley Paris: Éditions du Seuil, 1998. p.398.

Suas “teorias da relatividade” tentaram transformar e controlar a totalidade da física; mas no presente elas já foram inteiramente postas fora de jogo pela confrontação com a realidade. Segundo todas as aparências, elas próprias jamais tiveram a ambição de ser *verdadeiras*. A compreensão da verdade faz, surpreendentemente, falta ao Judeu, que se contenta com um *acordo superficial com a realidade que evolui independentemente do pensamento humano*, enquanto que, ao contrário, o erudito ariano é tão inflexível quanto pleno de seriedade em sua vontade de verdade.¹⁴

Faltariam aos judeus a capacidade de apreender a objetividade, a habilidade de lidar com dados, a correção procedimental de pacientemente submeter as suas teorias a uma série de experimentações antes de divulgar as suas hipóteses. Lenard assinala como inerente ao povo judeu a perspicácia para compreender as atividades humanas, bem como de se aproveitar das fraquezas dos povos que lhe oferecem hospedagem em suas terras. O grande mal da ciência judaica — que cada vez mais se assenhoreia das bibliotecas — está em sua exclusiva confiança em deduções matemáticas para a compreensão das leis naturais. Suas teorias não passam de especulações vazias, muito prestigiadas pelos seus formalismos, mas ocas de qualquer relação com a realidade. O erudito judeu não se preocupa com o laborioso processo experimental, e nem mesmo nutre o sentimento pela verdade, já que não reivindica nenhuma necessidade de confirmação das suas especulações pelo crivo da realidade. Além disso, como destaca Lenard, o próprio sentimento de verdade não pode ser ensinado pelas escolas ou demais instituições de ensino, visto que ele é uma característica ligada à raça. Tais aspectos trazem à tona a grande diferença da física ariana em comparação com a judaica; e, por tal, o povo alemão tem a obrigação e o direito de cultivar a ciência própria à sua estirpe. Lenard assinala que, mesmo aqueles que não são judeus de sangue, cada vez mais se deixam contaminar pelo espírito judaico, dando pleno crédito a essa ciência irrealista. Ao longo do prefácio, Lenard ainda se debruça sobre três contraposições capitais entre a física ariana e a física judaica: a ligação entre ciência e tecnologia, o papel da matemática como instrumento da física e o lugar da tradição na constituição da ciência.

Lenard argumenta que não se deve julgar a ciência somente segundo os benefícios tecnológicos por ela proporcionados. Toda pesquisa científica busca o conhecimento por ele mesmo, e não tendo em vista as aplicações tecnológicas passíveis de serem extraídas das descobertas. Ainda que não explicitado pelo autor, o destaque à condição desinteressada da pesquisa científica, como um alerta ao povo ariano, serve para se contrapor ao espírito

¹⁴ Ibid. pp. 399-400.

utilitarista e mercenário pertencente aos judeus. O discurso que ecoa no solo alemão — preocupado com as conseqüências práticas da ciência, mas completamente ignorante tanto sobre os verdadeiros procedimentos quanto sobre os conceitos científicos — revela um estado denominado por Lenard como *degeneração cultural (Unkultur)*¹⁵. Entrementes, sobre a função desempenhada pela matemática na física, Lenard a restringe à módica condição de instrumento para a formalização das leis descobertas pelo cientista. A própria estrutura do manual de Lenard relega ao apêndice as explicações dos métodos matemáticos empregados, posto que, fundamentalmente, o leitor deve lançar sua atenção aos conceitos expostos. Nesta medida, o autor deseja evitar a soberania da matemática sobre a física, bem como a suposta superioridade da física teórica sobre a experimental. As especulações da matemática, geralmente desligadas do conteúdo real apresentado pela natureza, são combatidas por Lenard através da figura de Newton, retomando a célebre frase: *Hypoteses non fingo*. Por fim, retornando ao tema do solo científico construído pelo povo ariano, encontramos uma série de ataques às alegações de que seria necessário instaurar uma descontinuidade entre a física clássica e a física moderna, por conta do surgimento da mecânica quântica e da teoria da relatividade, já que ambas demonstraram a insuficiência dos conceitos físicos até então vigentes para a explicação de uma série de fenômenos. Tanto a teoria da relatividade quanto as formulações da mecânica quântica, pelo complexo matemático que as constituem e pela ausência de experimentações, também não passariam de fantasmagorias dos judeus; e, portanto, não haveria nenhuma necessidade de se apontar para o surgimento de uma física moderna. Lenard alega que não há nenhuma ruptura na história da física; que o seu desenvolvimento se dá de forma lenta e contínua: a tarefa do verdadeiro cientista, dos físicos arianos, seria dar prosseguimento à tradição inaugurada e sustentada por figuras como Copérnico, Kepler, Guericke, Kirchhoff e outros. O respeito pela tradição teria o seu apoio na política, por meio de um novo Führer, cuja tarefa seria tomar para si o encargo de proteger a ciência contra elementos danosos, tal como fizeram Frederico o Grande e Bismarck. Somente esse novo guia poderia dissolver as confusões sociais que afetam também a ciência, e cujas causas são atribuídas aos marxistas e aos judeus.

Em 1938, na revista *Nature*, Johannes Stark publica um artigo intitulado *O Espírito Pragmático e Dogmático na Física*.¹⁶ Stark começa a expor suas teses definindo qual é o caráter da física: seus objetivos são investigar e formular as leis que governam as

¹⁵ Ibid. p.407.

¹⁶ STARK, J. "The Pragmatic and the Dogmatic Spirit in Physics", in *Nature*. Volume 141, 30 de abril de 1938. pp.770-72.

propriedades e objetos da Natureza inanimada. Em consonância com aquilo que Lenard havia declarado em seu prefácio, Stark observa que os objetos da física, assim como as leis investigadas e os resultados alcançados, são válidos universalmente; e não há qualquer influência da cultura, da mentalidade ou de outros fatores subjetivos sobre esses aspectos. Todavia, Stark diz que o modo de condução da pesquisa depende de determinadas características inerentes ao pesquisador:

Mas a maneira pela qual a pesquisa física é conduzida depende do espírito e caráter do homem nela engajado, e esse espírito e caráter diferem individualmente, assim como os homens, as nações e as raças.¹⁷

Utilizando a sua longa experiência enquanto físico, bem como o exame da literatura científica, Stark estabelece a oposição entre duas atitudes mentais no interior da física: o pragmatismo e o dogmatismo. O espírito pragmático seria aquele que realmente conduziu a história da ciência com a sua contínua argúcia experimental, paciência na verificação dos dados e cautela na divulgação de hipóteses, tendo a realidade como o crivo último da verdade. Resgatando a origem da palavra grega *pragma*, o espírito pragmático se dirige para as coisas mesmas. Em paridade com Lenard, Stark descreve o espírito pragmático como impulsionado por um sentimento de realidade, que obriga o pesquisador a continuamente se voltar para os fenômenos e para a tradição de pesquisa ligada ao seu objeto de estudo. Seus conceitos somente recebem validade após uma longa série de comprovações empíricas, assim formulando suas questões para a própria natureza. Segundo a atitude do espírito pragmático, toda e qualquer hipótese que seja desabonada pelos experimentos deve ser imediatamente abandonada; e o instrumental matemático utilizado não é um fim em si mesmo. Em contrapartida, o espírito dogmático apenas faz uso de deduções matemáticas complexas, a elas emprestando arbitrariamente um sentido físico. Os procedimentos experimentais são de pouca importância para os dogmáticos, e sua sede por especulações acaba por desprezar a realidade mesma. Tal como desvaloriza os fatos, a física dogmática não tem consideração pela tradição de pesquisa, e logo se precipita, pelo uso de conceitos desprovidos de segura comprovação, a asseverar que revoluções e descontinuidades acabaram por demolir o solo erguido pelos antigos pesquisadores. Como forma de exemplificar os seus argumentos, Stark contrapõe os trabalhos de Lenard e de Rutherford àqueles de Einstein e de Schrödinger, este último servindo a Stark como pretexto para atacar a mecânica quântica e seus formuladores.

¹⁷ Ibid.p.770.

Além das críticas à valorização da matemática em detrimento da realidade, das acusações de especulação desprovidas de conteúdo empírico, da reprovação ao menosprezo pela tradição de pesquisa — fatores esses que levaram Stark a igualar o dogmatismo em física àquele típico da Idade Média — o artigo destaca as maquinações políticas e propagandistas dos dogmáticos. Sem dados suficientes que comprovem as suas hipóteses, os dogmáticos percorrem todos os lugares para a divulgação das suas idéias. Publicam uma série de artigos e livros propalando revoluções e novos conceitos sem que tenham sido adequadamente submetidos à experimentação. Desse modo, os dogmáticos acabam seduzindo as novas gerações; e por meio de suas relações políticas tomam de assalto as cátedras. Segundo Stark, não é mais nem a meritocracia e nem a importância das pesquisas realizadas que servem como critérios para a distribuição das cadeiras nas universidades. Em verdade, a propaganda e a influência ocupam agora o lugar de medida para o progresso na carreira institucional, quando antes eram o rigor e o trabalho metuculoso que legitimavam a ascensão.

Ao fim e ao cabo, novamente destacando os seus longos anos de prática na ciência e de observação dos seus pares, Stark alega que o espírito dogmático é mais comum nos homens que descendem do povo judeu, enquanto que o espírito pragmático seria mais comum nos arianos. O autor recorda que quase a totalidade de descobertas relevantes para a física é proveniente dos homens de sangue nórdico, enquanto que as teologias e sociologias, — esta última tendo o marxismo e o comunismo como símbolos — são de natureza dogmática, desligadas dos fatos. Stark faz questão de enfatizar que suas considerações não significam, imediatamente, a inexistência de cientistas nórdicos tomados pelo espírito dogmático; e nem mesmo que um judeu não pudesse ser formado segundo o espírito pragmático. Contudo, Stark deixa a entender que, por natureza, segundo a constituição da própria raça, os indivíduos estariam predispostos a uma ou a outra atitude mental.

1.1.2 O Contexto: razões ignoradas ou razões subestimadas?

Talvez sejamos propensos a julgar, imediatamente, as idéias de Lenard e Stark como frutos de preconceitos, completamente desprovidos de qualquer embasamento científico. Ao nos determos somente nos textos desses cientistas, logo assinalaremos a ausência de fundamentações para os seus ataques, a fraqueza de sua estrutura argumentativa, a carência de razões que justifiquem as suas pretensões. Por fim, Lenard e Stark se nos afigurariam como corruptores da objetividade, culpados pela introdução de elementos estranhos à lógica da

ciência. O historiador que investiga a Física Ariana, antes de lançar os seus veredictos, deveria deter-se na seguinte declaração de Lenard:

*Em se fundando sobre a literatura existente, talvez já se pudesse falar de uma física dos japoneses. No passado, houve uma física dos árabes. Ainda não se ouviu falar de uma física dos negros. Em contrapartida, uma física portando a característica dos judeus se desenvolveu muito largamente, que só não foi identificada até o presente porque, em geral, classificam-se os escritos segundo a língua na qual foram formulados.*¹⁸

Bem como atentar para a conclusão do texto de Stark:

Mais além, eu me havia comprometido com esta luta não somente desde 1933, mas já em 1922. Eu denunciei enfaticamente o formalismo e dogmatismo na física alemã em uma das minhas publicações intitulada “A Presente Crise na Física Alemã”.

São exatamente esses pontos que nos oferecem a oportunidade de formular as seguintes questões: Qual era a literatura na qual Lenard se fundamentava para formular suas declarações? Seriam tais embasamentos exteriores às instituições científicas e às pesquisas realizadas na época? É possível interpretar as declarações de Lenard e Stark tendo somente a história da física por embasamento? Como nós demonstraremos a seguir, a literatura e demais fontes que Lenard e Stark tinham por base provinham da biologia, da antropologia, da história e da filosofia: muitos desses escritos eram anteriores à ascensão do nazismo, e reconhecidos internacionalmente.

Entre 1853 e 1855, Joseph Arthur de Gobineau publica a obra intitulada *Essai sur l'inégalité des races humaines*, cujo objetivo capital é comprovar a superioridade da raça ariana em relação àquelas miscigenadas. Já Aristóteles, Ibn Khaldoun, Jean Boudin e Montesquieu atribuíram à raça, ao clima e à terra um papel de grande relevância na constituição do espírito dos povos, bem como na diferença entre os seus graus de evolução. Ao fazer uso do conceito de raça, Gobineau desejava introduzir a história na família das ciências naturais; e dividindo a humanidade entre brancos, negros e amarelos, o autor estabelecia os arianos como os de sangue mais puro. Não sendo anti-semita, Gobineau classificava o povo judeu como o produto da mistura das três grandes raças, ocupando na escala da evolução um posto logo abaixo ao dos arianos puros. Segundo sua teoria, as perseguições aos judeus são completamente injustificadas, visto que esse povo é dotado de grandes capacidades estéticas, intelectuais e morais. Todavia, a teoria de Gobineau é de

¹⁸ Ibid. p.399.

caráter pessimista, visto que julgava não haver mais no mundo nenhuma raça que fosse completamente pura: tal mistura indiscriminada conduziria toda a humanidade à degenerescência, ao enfraquecimento das capacidades físicas e espirituais dos homens.

Já em 1865, na Inglaterra, surge o primeiro escrito sobre eugenia. Como artigo para a *Macmillan Magazine*, Francis Galton — sobrinho de Charles Darwin — faz uso das teorias do seu tio para alertar sobre os perigos de uma reprodução indiscriminada, e sobre a necessidade de um controle social dos casamentos, a fim de que as melhores estirpes inglesas não se degenerassem. Francis Galton considerava que as características físicas e mentais dos indivíduos eram produtos de sua hereditariedade, sendo por isso urgente que a ciência colhesse o máximo de dados e desenvolvesse os melhores métodos estatísticos para traçar as curvas de aperfeiçoamento e de degenerescência de uma população. Com idéias que atacam principalmente a Malthus, Galton alertava que o controle populacional não deveria ser direcionado a todos, mas sim que os indivíduos das classes burguesa e aristocrática teriam que ser estimulados a se reproduzir, pois são nessas classes que as melhores características humanas estão presentes. Não há nos escritos desse autor nenhuma discriminação aos judeus, visto que o seu critério de divisão entre os homens era a boa ou má compleição físico-mental. Contudo, Galton afirma que, segundo os seus dados e métodos, os povos da raça branca seriam superiores aos demais.

Por fim, em 1899, Houston Stewart Chamberlain publica o livro intitulado *A Gênese do século XIX*. Voltando-se para as teorias raciais formuladas por Gobineau, Chamberlain considera que a raça ariana é a responsável pela constituição de todas as classes dirigentes da Europa e da Ásia. Tal raça não haveria se perdido após uma série de misturas com outros povos, mas sim se conservado em sua pureza na Alemanha. O sangue ariano seria a origem dos povos célticos e nórdicos, ambos pertencentes à família germânica, e ainda responsável pelas excelentes características físico-mentais dos alemães. Casado com a filha de Richard Wagner, Eva, Chamberlain também passou a divulgar as teorias anti-semitas do seu sogro; e apontava os judeus como um fator de grande risco para a permanência da pureza alemã. O sucesso de sua obra foi de tal ordem que acabou por lhe valer os favores do Kaiser Guilherme II, bem como a sua entrada na corte.

Os três autores acima apresentados foram algumas dentre as principais fontes que influenciaram as teorias eugênicas e raciais surgidas na Alemanha, no final do século XIX. Não caberia no espaço do presente trabalho desenvolver o curso tomado pela ciência eugênica

em países como a França, a Inglaterra, os Estados Unidos, a Rússia e, até mesmo, o Brasil¹⁹. Os rumos da eugenia na Alemanha possuem algumas peculiaridades em relação àqueles seguidos por nações como a Inglaterra e os Estados Unidos. Sem dirimir tais diferenças, cabe traçar aspectos gerais e bastante significativos que impulsionaram os seus estudos. Posteriormente, destacaremos as particularidades dessa ciência entre os alemães.

A eugenia é um dos produtos mais interessantes da *burguesia esclarecida*²⁰. Suas pesquisas cumpriram a função de estabelecer bases mais científicas para a antropologia, a sociologia, a história e a política. No campo antropológico, a eugenia explicaria a origem das desigualdades físico-mentais existentes entre os homens; no campo da história, ela revelaria a evolução dos povos; na sociologia, a eugenia poderia esclarecer as causas dos comportamentos aberrantes e dos desvios de conduta, tais como o homossexualismo, o alcoolismo e a criminalidade; e, exatamente por fornecer as razões das ações humanas, a eugenia suportaria cientificamente as medidas governamentais para o controle social. Com o galopante desenvolvimento dos grandes centros urbanos, e com o crescimento da massa de trabalhadores, conduzida às cidades em busca de empregos, a burguesia se via ameaçada. Não eram os grandes exemplares dos aristocratas e dos burgueses que a cada vez mais se multiplicavam, mas sim da massa amorfa e servil; não eram os representantes da cultura e do progresso histórico que espalhavam os seus descendentes, mas sim aqueles que apenas possuíam a força bruta como qualidade. A capacidade de ser produtivo, de desempenhar alguma função em benefício da sociedade era o ponto chave para se caracterizar aqueles que seriam bem formados ou deformados. Sob tais condições, surge uma grande questão, uma questão social: o que o Estado deve fazer com os indivíduos não produtivos? Ao mesmo tempo, emerge a pergunta sobre como proteger o patrimônio cultural do Ocidente diante da avalanche de indivíduos medíocres nascidos no seio dos trabalhadores, advindos das zonas rurais e das colônias. Caberia ao Estado e ao conjunto produtivo da sociedade oferecer benefícios sociais, tais como pensões, para indivíduos condenados pela própria natureza? Teorias político-sociais cada vez mais ascendiam na tentativa de responder a tais dilemas, sobretudo assumindo princípios darwinistas para a certificação da cientificidade de suas propostas. Ora, o mundo cultural rompeu com as leis da natureza, que somente viabilizavam a

¹⁹ Cf. ADAMS, Mark. *The Wellborn Science: eugenics in Germany, France, Brazil and Russia*. Oxford: Oxford University Press, 1990.

²⁰ Sob a idéia de burguesia esclarecida agrupamos os profissionais liberais, funcionários públicos, escritores, artistas, aristocratas, professores dos ginásios e das universidades. São estes que se assumem como herdeiros das ciências e das artes; e para os quais a universidade resguardaria as principais fontes de sua formação espiritual.

sobrevivência dos indivíduos mais fortes; conseqüentemente, mais e mais os fracos se convertiam em fardos para toda a comunidade. Como medida preventiva contra a decadência iminente, bem como contra um possível colapso do Estado, os homens deveriam tomar as leis da natureza em suas mãos, realizando racionalmente aquilo que o mundo natural fazia cegamente. Cabe, porém, explicitar que a eugenia não se liga de pronto a qualquer teoria racista. Seu objeto imediato era a investigação dos atributos que perfaziam a excelência físico-mental dos humanos, as condições de possibilidade para a transmissão das características mais desejáveis, a influência do meio ambiente em nossa compleição psicofísica, as medidas mais eficientes para uma eugenia negativa (tal como as restrições matrimoniais) e positiva (tal como a prescrição do casamento entre pares de boa estirpe)²¹. Mas o nosso texto se concentrará em alguns dos principais autores que desenvolveram a eugenia na Alemanha, durante as primeiras três décadas do século XX.

Também na Alemanha a eugenia teve os seus maiores adeptos e partidários na burguesia esclarecida (*Bildungsbürgertum*), que assumiu essa nova ciência como a possibilidade de assegurar o seu destino. O crescimento das pesquisas sobre higiene racial durante as mais díspares formas de governo, tais como o reinado Guilhermino, a República de Weimar até o regime Nacional-Socialista, não nos permite avaliá-lo como obra dos conservadores, em oposição aos ideários democratas e socialistas. No mesmo sentido, para evitar juízos precipitados, não se deve supor que a postura pró-ariana era assumida por todos os pesquisadores. Alfred Grotjahn, membro socialista do parlamento de Weimar, apontado como o pai da medicina social alemã, responsável pelas reformas progressistas da saúde em Weimar, defendia as posturas mais rigorosas no campo da eugenia: a internação dos deficientes mentais para que não procriassem, e a esterilização compulsória dos indivíduos classificados como débeis. Mais cuidadosas ainda devem ser as nossas conclusões diante de personalidades como Karl Valentin Müller, para quem a revolução socialista deveria ser conduzida pelos nórdicos. Já que a nossa intenção principal é discriminar fontes acadêmicas que sustentariam os argumentos de Lenard e Stark, deter-nos-emos na análise de dois eugenistas institucionalmente bem reputados²².

²¹ Cf. KEVLES, Daniel. *In the name of eugenics: genetics and use of human heredity*. Londres: Harvard University Press, 2001. Para uma análise das características gerais da eugenia.

²² O leitor poderá encontrar um rico material sobre o desenvolvimento institucional da ciência eugênica alemã, com dados sobre as suas publicações, membros e organizações em ADAMS, Mark. *The Wellborn Science: eugenics in Germany, France, Brazil and Russia*. Oxford: Oxford University Press, 1990. pp. 9-49.

Em 1895, Alfred Ploetz²³ publica a obra *Die Tüchtigkeit unsrer Rasse und der Schutz der Schwachen* (A compleição da nossa raça e a proteção do fraco), na qual trata de problemas éticos, políticos, sociais e biológicos. Seu escopo era responder àquilo que foi chamado pelos alemães como *soziale Frage*, expressão que se refere às graves conseqüências políticas e sociais do liberalismo e do processo de industrialização. Inspirado pelas teorias de Ernst Haeckel e August Weismann, que extraíram teses filosóficas, políticas e sociais de Darwin, Ploetz demonstrava os perigos aos quais a cultura ocidental e a sociedade se exporiam caso não se desenvolvesse uma política social (*Sozialpolitik*) cientificamente fundamentada. Cada vez mais o número de doentes mentais, alcoólatras, criminosos, prostitutas, deficientes físicos e homossexuais aumentava, indivíduos estes deformados física ou mentalmente que oneravam de modo insuportável o Estado e sobrepujavam em quantidade os homens saudáveis, guardiões da cultura e do progresso. Seria então necessário desenvolver métodos de controle social capazes de obstar a proliferação dos indesejáveis, por meio de restrições ao casamento, divulgação das teorias eugenistas, passaportes sanitários, confinamento dos deficientes mentais, físicos, alcoólatras, tuberculosos, sífilíticos e tantos outros classificáveis como degenerados racialmente. Conforme Ploetz declara em seu escrito, a higiene de toda a raça humana converge para a da raça ariana que, além do povo judeu — no qual também predominaria as raízes arianas —, seria a raça cultural por excelência, de inestimável importância para o progresso de toda a humanidade. O sentimento pró-ariano de Ploetz não significava um anti-semitismo, visto que este julgava o povo judeu tão capacitado física e mentalmente quanto os nórdicos, até mesmo incentivando a sua miscigenação.

Em contrapartida, os sentimentos pró-arianos de Fritz Lenz se converteram em uma espécie de anti-semitismo, através de suas análises das características judaicas. Sua obra intitulada *Grundris der menschlichen Erblichkeitslehre und Rassenhygiene* (Princípios da hereditariedade humana e higiene racial), composta em parceria com Eugen Fischer e Erwin Baur, faz as mesmas defesas de Ploetz sobre a necessidade de métodos eugênicos para o controle social e melhoria da população. Sobre a posição dos judeus em relação aos arianos, Lenz abominava todos os trabalhos que pecavam por falta de objetividade quando, com entusiasmo, defendiam a eliminação das influências judaicas. Ao atacar o escrito de Theodor Fritsch, *Handbuch der Judenfrage*, assim como o livro de Madison Grant, *The Passing of a Great Race*, Lenz observava que ambos os autores erravam por falta de objetividade, já que

²³ Alfred Ploetz foi formado tanto em economia quanto em medicina, e cunhou o termo alemão *Rassenhygiene*.

estariam tomados por uma paixão absurda contra os judeus: tal manifestação patética, segundo as suas avaliações, era um defeito *anti-ariano*. Para Lenz, a raça ariana teria melhor conservado as suas características nos germanos, cujas qualidades são: a objetividade, a capacidade de refrear os impulsos em prol de finalidades futuras, a argúcia intelectual, o alto apreço pela família e pela terra-pátria. Já os judeus, que não estariam tão distantes dos arianos, careciam de objetividade, possuíam maior capacidade de manipular e compreender os afetos humanos; pecavam por sua ânsia de ganhar dinheiro e pelas suas fortes tendências liberais em política. É de suma importância atentar para o fato de que, em geral, os eugenistas alemães enraizavam as características mentais na hereditariedade. Às avaliações de Lenz era atribuída grande objetividade, *até mesmo entre os próprios cientistas judeus*. Era de suma gratificação para Lenz receber elogios como os do sexologista judeu, M. Marcuse, eminente especialista nas áreas de doenças venéreas e prostituição, que estimava as suas análises como completamente desprovidas de qualquer preconceito, sendo altamente correto ao descrever as condições raciais e constituição física dos judeus, em comparação aos alemães. Em geral, com ligeiras diferenças e acentuações em seus argumentos, cientistas como Max von Gruber e Ernst Rüdín eram pró-arianos. Em contrapartida, cientistas como Wilhelm Schallmayer, Hermann Muckermann, Arthur Ostermann e Alfred Grotjahn muitas vezes repudiavam a superestima dos alemães enquanto supostos herdeiros da raça mais pura e excelente.

Diante desse conflito entre eugenistas, vemo-nos obrigados a mais uma vez ressaltar que não havia um acordo tácito entre os acadêmicos acerca da superioridade da raça nórdica. Muitas instituições e publicações eram divididas entre aquelas que acolhiam defensores da primazia germânica e as que rechaçavam tal valorização. Todavia, para o historiador da ciência, essa disputa pode acarretar num equívoco de avaliação, mais uma vez refugiando os seus julgamentos por detrás de conceitos pouco claros sobre o que sejam objetividade e racionalidade. Seria uma análise justa condenar autores pró-arianos como defensores de um ideário *völkisch* e, na mesma medida, atenuar o problema da racionalidade entre os autores que baseavam as suas justificativas eugênicas em conceitos de sanidade e degeneração? Ora, a quase totalidade dos eugenistas defendia a excelência dos caucasianos; e seus escritos revelam que a divisão entre saudáveis e corrompidos tinha como pano de fundo as qualidades intelectuais e físicas pertencentes à burguesia esclarecida, bem como a produtividade social como critério de diagnóstico. O bom pesquisador deveria ter nesses fatores igualmente um motivo de estranhamento, e observar que a eugenia foi — ou talvez ainda seja — um tema interessante enquanto tentativa de se construir uma teodicéia laica, depositando a origem dos

males na hereditariedade. Somente a melhoria da constituição psicofísica do povo alemão, conforme o que era defendido pela maioria, poderia salvar o país da degenerescência física e cultural. O avanço dos povos eslavos, o perigo amarelo que representava o crescimento da China e do Japão, o vertiginoso decréscimo populacional ocasionado pela Primeira Guerra Mundial e pelos recursos contraceptivos, a massa trabalhadora que tomava os centros urbanos, o aumento da criminalidade, todos esses foram fatores cruciais para que a eugenia fosse erguida como a ciência da regeneração histórica e cultural.

Seria de todo desejável dissolver as ligações das teses de Lenard e Stark com a eugenia alemã, supondo que eles jamais tiveram qualquer contato com especialistas e idéias provenientes da higiene racial. Seria de todo mais simples tomar como princípio que os defensores da física alemã apenas tinham como fonte opiniões preconceituosas, difundidas no senso comum. Infelizmente, a profunda amizade entre Lenard e Hans F. K. Günther, renomado ocupante da cátedra de *Rassenkunde* em Jena, não oferece a satisfação de tais anseios. Além disso, a eugenia havia se convertido numa questão nacional, defendida e criteriosamente divulgada em jornais, periódicos especializados, congressos, tanto voltados para o público leigo quanto ao acadêmico. Nem mesmo os princípios educacionais alemães, encarnados na idéia de *Bildung*, que regiam as academias e instituições de ensino, dar-nos-iam espaço para pressupor o completo isolamento entre os campos de conhecimento. Temos dois exemplos de formação completa, de uma educação que não permitia a clausura em um único campo de saber, nas figuras de Ploetz e Lenz: ambos dedicaram longo tempo aos estudos de filosofia, política, economia, sociologia e antropologia. Particularmente Fritz Lenz nos dá a oportunidade, tendo a sua complexa formação como pretexto, para conduzir as nossas análises rumo a outros problemas, e cujos papéis são de condições de possibilidade para que os discursos de Lenard e Stark não fossem tomados pelo público em geral como meros entusiasmos místicos. Esses problemas se referem às relações entre ciência, política e valores.

Talvez o escrito de Max Weber, *Ciência como Vocação*²⁴, seja o melhor exemplo da posição tacitamente assumida pela maioria dos acadêmicos alemães no que concerne aos assuntos políticos e axiológicos. Weber lança as questões sobre quais são os valores pressupostos pela ciência, que lugares tais pressupostos ocupam na prática e nas teorias científicas, bem como no momento em que o pesquisador se dirige à cátedra, para a formação

²⁴ WEBER, Max. *Ciência e Política: duas vocações*. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octany Silveira da Mota. São Paulo: Cultrix, 1978.

dos futuros especialistas. Alguns valores assumidos pela ciência dizem respeito à importância do objeto ou do tema estudado, ao seu papel no progresso do conhecimento e, até mesmo, à própria existência do objeto. Como exemplo, Weber menciona Lukács, afirmando que este pressupõe a existência da obra de arte para a investigação das suas condições de possibilidade. Contudo, na cátedra, a validade de tais pressupostos não deve ser questionada, visto que o professor ali está somente para expor o próprio objeto científico. A cátedra também não deve ser utilizada como palanque para ajuizamentos sobre a melhor forma de conduzir a vida, nem sobre sistemas políticos ou partidos preferidos pelo docente. Uma conduta como essa poderia engendrar a perda de objetividade nas análises, transmitindo aos discentes a falsa idéia de que as valorizações do professor são, em verdade, fatos. Concomitantemente, já que os costumes da academia alemã não conferem aos alunos o direito a voz na sala de aula, o docente estaria cometendo uma espécie de seqüestro intelectual, aproveitando-se de sua posição institucional para proferir a sua fé. Aquele que deseja encontrar partidários de suas posições políticas, ou distribuir conselhos sobre o modo de vida mais excelente, deverá se dirigir aos meios públicos que permitam a posição igualitária de todos os participantes em um debate. Devemos, porém, brevemente explicitar os motivos pelos quais Weber disserta sobre as relações entre política, ciência e valoração.

A progressiva racionalização do Ocidente, particularmente do homem civilizado da modernidade, resultou na perda de um solo estável para a decisão sobre o melhor modo de conduzir a vida, ou seja, destruiu a evidência dos princípios orientadores. Não se pode extrair da ciência orientações voltadas para problemas como o sentido da existência, mas somente sobre previsões de dados empíricos. Se por um lado a racionalização permite ao homem confiar em suas capacidades de previsão, tal como aquele que se fia no funcionamento de um trem mesmo sem conhecer os seus mecanismos, por outro lado, o mundo convertido em fenômeno previsível aniquila as crenças sobre um sentido maior que sustenta a realidade, expulsa as intervenções divinas do mundo, apaga a possibilidade de encontrar no real os traços sagrados que alimentariam a incondicionalidade dos nossos valores. Weber encontra em Tolstói aquele que melhor formula o grande entrave causado pela racionalização: a morte do homem moderno não tem mais sentido, assim como a sua vida. De certa maneira, é-nos dado supor que a morte de Deus — enquanto símbolo da totalidade — implica a morte do homem. Em tempos passados, o ser humano poderia morrer com o sentimento de que havia cumprido uma tarefa, que teria alcançado a completude naquilo ao qual se dedicou. Já o homem moderno não é capaz de usufruir da totalidade orgânica de uma vida, visto que sua

posição é a de mero ponto *na senda infinita do progresso*. Jamais a verdade absoluta lhe será apresentada, jamais poderá proferir que um problema foi inquestionavelmente solucionado, nenhuma obra sua será a última palavra sobre qualquer tema ou técnica. Que todos aqueles que encontraram sua vocação na ciência abandone a esperança de dela extrair resposta sobre um sentido maior, a melhor forma de governo ou a vida excelente. Cada um por si mesmo, e consigo mesmo, terá que encontrar tais orientações, não tendo a ciência nenhuma resposta a oferecer sobre o tema.

Não devemos nos esquecer que, mesmo Nietzsche, também citado por Weber, já havia revelado o problema da perda de evidência dos princípios de orientação. Contudo, também o autor de *A Gaia Ciência* foi um dos primeiros a apontar para os elementos políticos e axiológicos que penetram nas ciências, e “contaminam” a pretensão de objetividade. No entanto, para demonstrar que Lenard e Stark não cometiam grande sacrilégio, para o público alemão culto, ao incluir assuntos políticos e axiológicos no corpo da ciência, não podemos contar apenas com os depoimentos de Nietzsche e Weber: o primeiro, como defensor de tal mistura, e o segundo, como um modelo ideal de oponente. Precisamos despertar, ironicamente, a nossa “consciência história”, que por vezes faz do esquecimento o pretexto dos seus julgamentos, para um fenômeno ocorrido entre os acadêmicos alemães durante os anos de 1910 e 1930. É exatamente nesse período que uma série de autores passa a escrever sobre a importância da política, da religião, do caráter nacional, da economia na estrutura do conhecimento científico. Foi precisamente Max Scheler, no texto *Wissensformen und die Gesellschaft* (Conhecimento e Sociedade), quem cunhou a expressão “sociologia do conhecimento”. Para comprovar a onda de “promiscuidade” entre ciência e elementos supostamente estranhos à sua lógica, citaremos alguns pesquisadores que abordaram esse campo, estando entre parênteses o título da obra e o ano de sua publicação: Georg Lukács (*Geschichte und Klassenbewusstsein*, 1923), Otto Bauer (*Das Weltbild des Kapitalismus*, 1916), Franz Borkenau (*Der Übergang vom feudalen zum burgerlichen Weltbild*, 1934), Edgar Zilsel (*Die Entstehung des Geniebegriffs*, 1926), Karl Mannheim (*Ideologie und Utopie*, 1929). Ainda temos que citar a obra de Oswald Spengler — publicada em 1917 —, *A Decadência do Ocidente*, como oportunidade de destacar que a análise dos fatores extra-epistemológicos participantes da estrutura do conhecimento muitas vezes desembocava em

temas sobre o futuro da cultura ocidental, a fundamentação dos valores e a destinação do homem moderno²⁵.

Com essa exposição queremos evidenciar que Lenard e Stark não iniciaram discursos estranhos ao ambiente cultural alemão, mas apenas faziam eco aos seus conflitos. Não seria de nos causar estranhamento se, revirando os arquivos da época, encontrássemos textos academicamente respeitados de teor quase igual àqueles proferidos pelos pais da Física Ariana. Como exemplo, Heinrich Chantraine publica um artigo, em 1936, que representa a consonância da física alemã com o seu ambiente cultural. Segundo esse autor, a raça judaica tenderia ao racionalismo dogmático, pecaria por falta de percepção sensível (*Anschaulichkeit*); e teria uma mentalidade voltada para a prática e a técnica, sempre aspirando pela utilidade. Em contraposição, os nórdicos não lidam com ciência como se ela fosse um mero cálculo, por meio de acrobacias lógicas. Ao fim e ao cabo, não haveria ciência fora da raça nórdica. Também Karl Kötschau, no conjunto de artigos intitulado *A Revolução nacional-socialista na ciência entre 1933 e 1935*, combate a idéia de que a ciência estaria livre de valores; e diz que a estrutura do conhecimento científico é completamente dependente de uma visão de mundo.

Havíamos nos comprometido a voltar para Fritz Lenz quando tratássemos das relações entre ciência, política e valores. Já podemos cumprir a nossa palavra, pois a figura de Max Weber provou ser um excelente ensejo para tão-só indicar o estado da questão entre os alemães, nas primeiras décadas do século XX. Ora, mas é adequado supor que também a ciência eugênica se imiscuiu nos debates relativos aos valores? Fritz Lenz parece encarnar a afirmação para essa pergunta, posto que os seus longos estudos de filosofia, particularmente influenciados por Heinrich Rickert, levaram-no a compor o escrito *Die Rasse als Wertprinzip*. Em contraposição ao veredicto weberiano, segundo o qual a ciência não é capaz de fundamentar juízos de valores e designar os princípios supremos para a condução de uma boa vida, Lenz estabelece o conceito de raça como fundamentação universal das valorações, por ser objetivamente verificável e superior às crenças individuais. Talvez coubesse considerar essa proposta de Lenz *como se fosse* o ponto culminante daquilo que Weber nomeou como a racionalização ocidental e o desencantamento. Pois num mundo desencantado, — no qual tudo cai sob a previsibilidade científica — as ações morais se prestam à manipulação e ao

²⁵ Podemos exemplificar essa expansão dos problemas citando as seguintes publicações: *O espírito enquanto adversário da alma*, de L. Klages; *O homem na era da equiparação*, de Max Scheler; *O espírito europeu*, de Ziegler.

controle, já que suas causas se devem à constituição psicofísica herdada por cada indivíduo. Tem-se nessa tese uma das manifestações mais claras daquilo que acima denominamos como teodicéia laica: a origem do mal é atribuída a alguma estrutura imanente ao mundo, passível de ser absolutamente determinada e disposta ao controle. Concomitantemente, a maldade transformada em objeto simplesmente dado perde a sua condição de mal no sentido moral, desonerando os homens de suas responsabilidades éticas; e, por fim, o mal adquire o sentido tecnicista de entrave, de obstáculo que tem de ser extirpado para a melhoria de todos e manutenção da boa ordem. Para Lenard e Stark, os valores mesquinhos dos judeus, seus graves defeitos intelectuais e físicos, representam razões suficientes para que fossem sistematicamente expurgados da física. Não foram poucas as fontes até agora apresentadas que conferiam sustentação aos discursos da Física Ariana. Cada vez mais o leitor percebe que as discussões sobre a ligação entre ciência, política, valores e raça são produtos das graves questões que perfaziam a época. Nossa ilusão retrospectiva é desfeita quando descobrimos que os discursos de Lenard e Stark eram apenas variações dos grandes temas que regiam o baile da academia alemã. Aquele que tentasse refutar a Física Ariana seria convidado a participar dessa valsa, pois jamais conseguiria encontrar pares políticos e ouvidos disponíveis caso se recusasse a estudar detidamente o estilo de música tocado. Somente aquele que, ao fazer uso da perspicácia, aos poucos convencesse maestro e platéia do seu mau gosto, afinaria a todos segundo um novo tom.

1.1.3 Heisenberg contra a Física Ariana

Heisenberg levou a sério os ataques da Física Ariana quando, em 17 de setembro de 1934, na primeira sessão do encontro geral da *Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aertze*, pronunciou a conferência intitulada *Recentes Mudanças nos Fundamentos das Ciências Exatas*. Como poderemos confirmar ao longo de sua apresentação, Heisenberg teve suficiente perspicácia para tocar nos temas centrais apresentados pelos oponentes da física teórica, fato este que já pode ser constatado no próprio título da sua palestra. Por motivos de extrema relevância que destacaremos mais a frente, nosso autor evita continuamente o emprego da palavra revolução para caracterizar o surgimento da física moderna, preferindo utilizar as palavras transformação e mudança. Além de uma aguçada preocupação com os termos que empregava, cuidado este visível na meticulosidade para com as suas definições e caracterizações, Heisenberg se mantém atento para evitar qualquer brecha que permitisse uma refutação cabal por parte dos seus oponentes. É por essa razão que Heisenberg constrói os seus argumentos tendo em vista os seguintes temas: 1) uma breve história do surgimento da

física moderna; e a razão para a formulação de novos conceitos na física; 2) a relação entre física teórica e física experimental, bem como entre ciência e técnica; 3) a influência que os novos conceitos podem exercer sobre a filosofia, particularmente em diálogo com Kant e os neo-kantianos a respeito das categorias e das formas puras da intuição; 4) a influência que os novos conceitos exercem sobre a compreensão do mundo; 5) as tarefas que a ciência ergue para si e a sua relação com outras práticas e formas de conhecimento. Ao longo da nossa exposição dos argumentos de Heisenberg, destacaremos a quais objeções eles se referem.

Já na abertura do texto, Heisenberg indica que o conteúdo da física moderna pode ser expresso pela teoria da relatividade e pela mecânica quântica, sendo que o seu surgimento é remetido à descoberta por Planck do quantum de ação. Por certo que a teoria do quantum de ação não participa imediatamente da estrutura da Teoria da Relatividade, visto que a sua aproximação somente ocorre quando Dirac, em 1928, formulou a equação quântica e relativística do elétron, utilizando o formalismo de Einstein-Minkovski-Lorentz como instrumento para a teoria quântica dos campos. Contudo, a reunião dessas teorias sob o nome de física moderna não se refere primeiramente a possíveis complementações que venham a oferecer mutuamente, nem mesmo a uma familiaridade formal, mas sim ao novo modo de pensar introduzido por ambas, e que afetam diretamente os conceitos fundamentais sobre os quais se calcava a física clássica. Heisenberg alerta que ainda não se sabe em quais campos do saber e das atividades humanas os conceitos da física moderna virão a atuar, visto que isto depende de novas investigações experimentais. Com esses argumentos, ainda que sutilmente, o autor evita as acusações de que os partícipes da física teórica não recorriam à experimentação para a confirmação e verificação de suas hipóteses; ao mesmo tempo em que refuta as alegações segundo as quais, precipitadamente, os físicos teóricos tentavam erguer sobre frágeis bases uma nova visão de mundo, capaz de abarcar todos os campos da vida humana²⁶. O objetivo do nosso autor é tornar tão clara quanto for possível a história do desenvolvimento da física moderna, de modo a não cair nas diversas confusões que estavam na ordem do dia, como bem pudemos verificar nas subseções acima apresentadas.

Tendo alcançado a sua conclusão no início do século XX, a física clássica se baseava em suposições aparentemente óbvias e válidas para todas as ciências exatas da natureza: a física lida com o comportamento da matéria no espaço e suas modificações no tempo. Tal

²⁶ Cf. MÜLLER, Wilhelm “The State of Theoretical Physics at Universities”. In: *Physics and National Socialism: An Anthology of Primary Sources*. Editado por Klaus Hentschel, Assistência editorial e tradução de Ann M. Hentschel. Berlim: Birkhäuser Verlag, 1996. p.248. Onde o leitor poderá encontrar a formulação explícita de tal acusação, particularmente dirigida a Heisenberg, Planck e Schrödinger.

caracterização, ainda que servisse somente para o âmbito da experiência específica da física, acabou por inferir determinadas características e propriedades da matéria cuja validade se estendeu para a natureza em geral. Nesta medida, surge a assunção de que há eventos no espaço e no tempo independentes do observador; sendo espacialidade e temporalidade igualmente independentes uma da outra, configurando assim categorias para a classificação daquilo que é objetivamente válido para todos os homens. Cabe aqui notar com cuidado que a caracterização da objetividade não foi dada simplesmente com a afirmação de que existe um algo extra-mental, cuja criação não se deve à ação humana²⁷. A especificidade do conceito de objetividade próprio à física clássica está na sua constituição por uma espacialidade de métrica euclidiana, uma temporalidade autônoma de transcurso linear e pontual, bem como a não interferência nos eventos pelos procedimentos observacionais a eles dirigidos, sendo que a ocorrência de intervenções nos eventos pode ser descartada enquanto anomalia do processo de observação. A condição do observador também foi explicitada por Heisenberg, na medida em que sua postura perante a natureza pode ser tipificada como o simples trazer à tona daquilo que estava previamente dado na natureza, sem que as bases metodológicas e instrumentais participassem na constituição do fenômeno. Segundo o nosso autor, esse tipo de conformação da experiência, inicialmente própria ao campo da física, sofreu uma expansão ao longo dos séculos e um ataque no início do século XX:

A assunção fundamental da física clássica, cuja consequência natural foi o conceito científico do universo do século XIX, foi primeiramente atacada na teoria da relatividade especial de Einstein. Indicarei aqui somente aquilo que dos seus fundamentos é necessário para a compreensão da sua situação metodológica. A chegada dessa teoria foi o resultado de necessidade imediata.²⁸

A princípio, podemos tomar o que Heisenberg chama de conceito científico de universo do século XIX como a tentativa de reduzir todos os fenômenos às condições metodológicas e experimentais próprias à física clássica, estando nisto incluída a suposição de que os conceitos clássicos são condições tanto necessárias quanto suficientes para a validação

²⁷ Ainda que seja aparentemente trivial, parece-nos que sempre é necessário mais uma vez explicitar que o conceito de objetividade não deve ser tratado simplesmente com a alegação de uma coisa por si subsistente. Grande parte da história da filosofia e da ciência comprova um esforço contínuo pela caracterização do conceito de objeto, das suas condições de subsistência e o modo mais adequado de conhecê-lo. O mesmo cuidado metodológico deve ser dado aos conceitos de razão e de observação, por não serem elementos simples que não requisitam qualquer explicitação de conteúdo.

²⁸ HEISENBERG, Werner. "Recent Changes in the Foundations of Exact Science". In: *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966. p.12.

de algo como sendo objetivo, o que também implica a tentativa de reduzir todos os fenômenos objetivos a elementos primeiros, tanto materiais quanto conceituais, próprios à física. Nesta medida, tudo aquilo que não se enquadra no conjunto de condições de objetividade apresentados não tem a possibilidade de ser considerado como real e verdadeiro. O primeiro abalo que esse conceito de universo sofre surge a partir da formulação da teoria da relatividade restrita, bem como dos experimentos de Michelson-Morley que desabonaram a existência de um éter luminífero. Heisenberg faz questão de destacar que, por impossibilidade de interpretar determinados experimentos, tais como os de Michelson-Morley, segundo os conceitos clássicos de tempo e espaço, fez-se necessária a formulação de outras bases conceituais capazes de dar conta de tais experimentações. Desses problemas surge a formulação da teoria da relatividade restrita, segundo a qual a simultaneidade de dois eventos independentemente da posição do observador, simultaneidade esta sustentada pelos conceitos de espaço e de tempo separadamente subsistentes e absolutos, não passava de suposição, um princípio que assumimos para o entendimento dos fenômenos, mas que não era fruto de qualquer observação direta. Já que a teoria da relatividade restrita demonstra que o passado, o presente e o futuro dependem da posição do observador em relação aos eventos, os conceitos de passado como um absoluto já ter transcorrido, o conceito de futuro como aquilo que ainda está em aberto para intervenções, e o de presente como instante pontual que a ambos separa, revelam a sua condição de assunções provenientes da nossa experiência cotidiana, mas que não podem ser estabelecidos como estruturas para a compreensão de todos os fenômenos²⁹. Confirmada por outras tantas experimentações, a teoria da relatividade restrita se afirmou como uma propriedade da ciência tanto quanto a mecânica clássica e a termodinâmica. Heisenberg reafirma que, por força das próprias experiências em física, fazendo uso máximo do poder explicativo dos conceitos clássicos, inesperadamente fomos conduzidos à descoberta dessa teoria: cuja contribuição crucial foi a transformação de alguns conceitos clássicos fundamentais. Isso implica dizer que essa teoria não foi o produto de elementos externos aos conceitos e pesquisas empregados pelos físicos, nem mesmo que se trata da arbitrariedade de alguns em abandonar antigos conceitos em favor de novos:

As teorias modernas não surgiram de idéias revolucionárias que foram, por assim dizer, introduzidas de fora nas ciências exatas. Ao contrário, elas forçaram o seu caminho para

²⁹ Heisenberg não oferece nenhuma indicação explícita no texto de que o modo de percepção do tempo oriundo da experiência cotidiana seja universal e natural.

o interior de pesquisas que tentavam levar a cabo o programa da física clássica — elas surgiram de sua própria natureza.³⁰

Por quais razões Heisenberg deseja impedir que seus oponentes classifiquem a física moderna como uma descoberta revolucionária? Em primeiro lugar, todo e qualquer elemento que fosse passível de ser classificado segundo esses termos, durante o regime nazista, imediatamente também seria considerado como um atentado contra a revolução nacional-socialista, ou seja, seria tomado como reacionário. Por mais que nos pareça estranho tal raciocínio, ele se faz mais claro quando observamos detidamente as atribuições erguidas pelo nazismo. Enquanto projeto de um Estado total, nenhum âmbito da sociedade, mesmo a ciência, poderia deixar de ser gerido pela política. Nada pode ser legado aos domínios da esfera privada ou a pretensões de neutralidade e internacionalidade. A revolução total implica a politização de todas as esferas, o que, paradoxalmente, resulta em sua despolitização: quando todos os âmbitos estão geridos por um único princípio político, caracterizado como a autêntica expressão do espírito alemão, então não há a possibilidade de que surjam diferentes grupos públicos de idéias contrárias tanto entre si quanto em relação ao Estado. No mesmo sentido, todo e qualquer tema, não importando o seu domínio, que fosse motivo de polêmica em relação aos ditames ideológicos do Estado, imediatamente se converteria em um conflito político. Por outro lado, se as descobertas da física moderna se deixassem classificar como uma substituição total dos fundamentos da física clássica, capaz de servir como base para a constituição de uma nova concepção da natureza, resultaria então em uma abertura para as acusações de que os físicos teóricos maquinavam uma visão de mundo concorrente à única verdadeira, ou seja, aquela oferecida pelo nacional-socialismo. O conceito de revolução, tal como foi forjado e empregado pelo vocabulário político-filosófico moderno, expressa a instauração de uma nova natureza ou a liberação de uma natureza latente, assim criando um corte absoluto com aquilo que vigorava no passado: a revolução é o estabelecimento de uma ordem completamente nova. Ainda que não possamos traçar uma genealogia do conceito moderno de revolução, ofereceremos apenas dois breves exemplos que comprovam nossa descrição dessa idéia: o primeiro tratará da Revolução Francesa, já o segundo, voltar-se-á para o sentido de revolução presente na *Crítica da Razão Pura*. Nosso objetivo capital é mostrar que a natureza dessa idéia se mantém a mesma em seus fundamentos, independentemente de ser empregada na esfera epistemológica ou política.

³⁰ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.13.

Em 3 de dezembro de 1792, Robespierre pronuncia o texto intitulado *Sobre o Julgamento de Luis XVI*³¹, no qual reclama a morte do rei deposto, por crime contra a humanidade. Segundo o autor, a execução capital do monarca não é matéria que requisite a instauração de um processo jurídico, portanto não está na alçada do direito, mas sim pertence à esfera de decisão política. O próprio processo revolucionário apenas explicitou a natureza dos crimes cometidos por Luis XVI, ao mesmo tempo em que já pronunciou a sua sentença e há muito reclama pela única execução cabível. A revolução deixou clara a natureza tirânica da monarquia, que sufocou os princípios racionais e naturais que determinam as liberdades e os direitos fundamentais dos homens. Quando o povo, tomado pelo ímpeto revolucionário, este resultante da compreensão de sua situação degradada, rompe com os vínculos sociais e jurídicos, retorna ao estado de natureza, no qual reconhece a sua verdadeira condição humana. Nesta medida, o povo percebe que a monarquia, por não respeitar os seus direitos naturais, nem mesmo merece o nome de governo. Diante da revolução, absolutamente tudo que pertence à antiga ordenação político-jurídica deve retornar ao nada, inclusive os seus representantes, como se jamais houvesse existido. Manter o monarca vivo, e ainda considerar a possibilidade de um julgamento, oferece as condições para que também a revolução caia sob suspeita, e que o monarca não seja considerado como um tirano que, ao reduzir os cidadãos à mera condição de seus súditos, atentou contra a dignidade de todos os seres humanos. Ora, talvez coubesse separar Luis XVI em duas figuras, a primeira, de funcionário do Estado que exerceu o seu mais alto posto, já a segunda, como simples cidadão. Todavia, isso não é possível, porque antes da revolução, propriamente, não havia Estado algum, já que toda sua ordem era contrária a natureza humana. Em segundo lugar, por ter subjugado os homens com uma ordenação que não correspondia à sua natureza, Luis XVI é a simples figura que renegou a humanidade. Caso a revolução mantenha esse personagem preso, substituindo a sua pronta eliminação por um moroso processo jurídico, decorrerão os seguintes problemas: 1) a possibilidade de sua absolvição implica dizer que a revolução está errada de algum modo, e que não é a pura expressão da vontade do povo e da natureza humana, visto que o antigo regime poderia não ser um mal absoluto: o que foi demonstrado falso pela simples existência da revolução; 2) atrairá para si o ódio da aristocracia de outras nações, assim como a ira dos príncipes europeus; 3) alimentará os conluios daqueles que inconfessadamente são monarquistas. Luis XVI não pode ficar simplesmente preso, como se fosse um criminoso comum, porque não atentou contra uma lei legítima, mas deve ser morto porque é ameaça a

³¹ ROBESPIERRE, Maximilien. “Sobre o Julgamento de Luis XVI”. In: *Discursos e Relatórios na Convenção*. Tradução de Maria Helena Franco Mrtins. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1999.

toda e qualquer constituição justa. Se ainda assim, segundo Robespierre, alguma dúvida paira sobre nós, basta verificar que, segundo os princípios da revolução e a sua tarefa de estabelecer o que é a ordem verdadeiramente humana, a simples existência do soberano Luis XVI já explicita o seu crime, o seu julgamento e a declaração da única sentença possível: sua morte apenas executa os fins da revolução e assegura que nada usurpará a verdadeira ordenação em conformidade com a razão humana.

O termo revolução, na segunda edição da *Crítica da Razão Pura*, de Kant, aparece logo em seu prefácio. Tratando do surgimento da matemática como ciência, diz o autor que, talvez durante muito tempo a humanidade tenha se mantido num mero tatear em relação aos princípios e objetivos dessa ciência, cujos fundamentos somente foram verdadeiramente estabelecidos na Grécia antiga³². A tal estabelecimento, Kant denomina como uma revolução no modo de pensar. Também as Ciências da Natureza surgiram de uma revolução no modo de pensar, capaz de compreender que a investigação da natureza não está calcada em uma simples observação ocasional dos fenômenos, mas sim nos métodos e projetos que a razão lança sobre os fenômenos a fim de testá-los empiricamente e derivar suas leis necessárias. A própria crítica da razão pura seria uma revolução do modo de pensar, capaz de estabelecer a verdadeira natureza da metafísica, por meio da delimitação dos seus princípios e dos campos nos quais o seu uso é legítimo. Ao fim e ao cabo, as revoluções no modo de pensar retiram a condição tateante dos modos de conhecimento e instituem a sua natureza verdadeiramente científica. Nessa medida, a revolução é uma completa ruptura com os instáveis princípios que antes orientavam as pesquisas, sendo a sua função finalmente oferecer o caminho seguro das investigações. No que tange particularmente à Metafísica, o reconhecimento das estruturas da razão e dos campos de uso legítimo findariam com as diversas querelas entre as escolas filosóficas, cujas disputas muitas vezes recaíam na esfera da vida cotidiana, suscitando o materialismo, o fanatismo, o ateísmo, a incredulidade e a superstição, todos estes entraves epistemológicos e morais. Por certo que a *Crítica da Razão Pura* não poderá evitar que os

³² Cf. KANT, Immanuel. “Crítica da Razão Pura”. In: *Coleção Os Pensadores*. Tradução de Valério Rohden e Udo Baldur Moosburger. São Paulo: Editora Nova Cultural, 2000. pp 35-51. Para que o termo tatear não se afigure vago, daremos a sua definição conforme apresentada por Kant: “Quando após muito preparar-se e equipar-se esta elaboração cai em dificuldades tão logo se acerca do seu fim ou se, para alcançá-lo, precisa freqüentemente voltar atrás e tomar um outro caminho; quando se torna igualmente impossível aos diversos colaboradores porem-se de acordo sobre a maneira como o objetivo comum deve ser perseguido: então se pode estar sempre convicto de que um tal estudo acha-se ainda bem longe de ter tomado o caminho seguro de uma ciência, constituindo-se antes um simples tatear (...)”. p.35.

homens se lancem em disputas e conflitos quando fazem inadequado uso da razão, mas será capaz de demonstrar as regras segundo as quais toda a paz almejada se faz possível³³.

Segundo o que foi exposto acima, o uso do conceito de revolução tanto na esfera política quanto na esfera filosófica serve para designar, por um lado, a instauração da natureza de algo e, por outro lado, a conquista das condições para que tal natureza se liberte dos entraves que impediam a sua vigência e pleno desenvolvimento. A exposição desse conceito— que aparentemente mais não seria do que uma digressão — ser-nos-á útil para compreender por qual razão Heisenberg não classifica a física moderna como uma revolução. Em primeiro lugar, a teoria da relatividade não surgiu de uma mera arbitrariedade, com o intuito de substituir conceitos, mas sim a partir das pesquisas que eram realizadas segundo as estruturas teóricas e experimentais estabelecidas pela física clássica: sua origem não está na instauração de uma nova natureza da física, cuja resultante seria a reformulação absoluta dessa ciência. A teoria da relatividade restrita apenas evidencia que o sistema de coordenadas formulado pela física clássica não é absoluto, o que não invalida o seu uso fora de casos limites, tais como são os fenômenos eletromagnéticos e ópticos em corpos em movimento. Não há como comparar essa transformação conceitual com aquilo que verdadeiramente foi uma revolução, como é o caso do sistema heliocêntrico de Copérnico, cujos princípios sequer eram oferecidos pela ciência de sua época, e cuja estrutura era absolutamente discordante em relação ao conhecimento então estabelecido: nesse caso, as idéias de Copérnico podem ser consideradas como uma introdução de conceitos estrangeiros, como uma verdadeira instauração de uma nova natureza:

³³ É preciso recordar que Kant critica duramente os meios através dos quais a Revolução Francesa foi levada a cabo, particularmente nos escritos *Resposta à pergunta: o que é o esclarecimento*, *Idéia para uma história universal do ponto de vista cosmopolita*, *O Conflito das Faculdades*. Segundo Kant, a verdadeira e legítima revolução é a revolução no modo de pensar, que paulatinamente modificaria as condições sociais, estatais e jurídicas para que se conformassem às requisições da razão, ainda que num progresso indefinido: o emprego da violência ou a tentativa de transformar tais condições subitamente apenas fomentaria uma situação caótica. Contudo, observemos que nós tratamos aqui não dos modos como a revolução deve ser realizada, nem mesmo do âmbito primeiro no qual ela deva ocorrer: se no plano das condições empíricas ou se no plano da formação do homem. O que tratamos é do próprio conceito de revolução; e os exemplos aqui dados apenas servem para destacar que sua característica principal é a de instaurar ou trazer à tona a natureza definitiva de algo, seja no plano epistemológico seja no plano ético-político. Como bem podemos observar nesse ponto da nossa dissertação, e como melhor vislumbraremos em momentos posteriores, o conceito de revolução atravessa diferentes campos, mantendo a sua natureza fundamental incólume. Os conflitos entre Heisenberg e a Física Ariana bem servem como sintomas da necessidade, manifesta por alguns autores, de que a idéia de revolução seja criticada: bons exemplos dessa empresa são Carl Schmitt, Koselleck e Blumenberg. Em realidade, a crítica de Heisenberg à idéia de revolução serve como ocasião para que tal conceito seja questionado no âmbito epistemológico, ainda mais num momento em que as idéias de paradigma, de destruição das bases conceituais e de descontinuidade são tão propaladas tanto no discurso comum quanto no acadêmico.

É por essa razão que o início da física moderna não pode ser comparado com as sublevações de períodos anteriores, tais como as realizações de Copérnico. As idéias de Copérnico foram muito mais uma importação do externo para o interior dos conceitos da ciência do seu tempo; e por isso causaram mudanças muito mais notáveis na ciência do que estão criando hoje as idéias da física moderna.³⁴

No que tange à teoria da relatividade geral, seu fruto capital — além de sua reformulação do conceito de tempo — foi retirar a geometria euclidiana da condição de métrica única do espaço, por meio da construção de um contínuo espaço-temporal no qual a disposição da matéria contribui para a formação de sua métrica. Ainda que reforce a necessidade de mais elementos experimentais para a comprovação dessa teoria, igualmente indicando que nenhuma experiência foi capaz de desaboná-la até então, Heisenberg alega que o poder de convencimento dessa teoria não se encontra na superabundância de experimentos, e sim no novo método de pensamento que oferece para a física. Retomando sua comparação com Copérnico, nosso autor lembra que também no caso deste último, suas comprovações experimentais eram inferiores se comparadas àquelas que sustentam a teoria da relatividade geral. Tais dados nem mesmo certificavam a superioridade dessa teoria em relação ao modelo ptolomaico: o que, mesmo assim, não impediu que Galileu tomasse o sistema heliocêntrico como base de suas investigações. Tal como Copérnico influenciou Galileu, a teoria da relatividade geral faz prova de que não é algo sem sentido pensar a métrica do espaço dependente da distribuição da matéria, fato este com o qual possíveis teorias sobre a gravitação teriam que se haver, ainda que fosse para refutar as idéias de Einstein. Dando prosseguimento à sua estratégia argumentativa, Heisenberg então tratará daquele outro aspecto da física moderna que afetou diretamente o núcleo da física clássica: a mecânica quântica.

Aqueles experimentos que, posteriormente, receberiam a sua adequada interpretação através dos conceitos da mecânica quântica, obrigaram os físicos a reavaliar a estrutura e os limites de aplicabilidade dos conceitos da física clássica. Dentre essas reavaliações, merece destaque por sua importância capital a suposição de que, em *todos* os procedimentos experimentais da física, há a independência entre um curso objetivo de eventos e a observação. Heisenberg destaca que foram tais descobertas experimentais que levaram Bohr a formular sua teoria sobre a estrutura atômica. Da mesma maneira como havia ocorrido com a teoria da relatividade, a mecânica quântica não instaurou arbitrariamente a transformação de

³⁴ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.13.

vários conceitos clássicos, mas sim que a reformulação destes foi uma decorrência de sua incapacidade para interpretar dados novos oferecidos pelas experimentações. A mais arguta estratégia argumentativa de Heisenberg é a de explicitar que os fundadores da *Física Ariana* também contribuíram com os seus experimentos para a formulação daquilo que propriamente era objeto de seus ataques. Após a descoberta do quantum de ação por Planck, Heisenberg afirma que um dos passos mais importantes para a mecânica quântica foi realizado pela mútua contribuição entre Einstein e Lenard que, a despeito dos experimentos que indicavam a natureza ondulatória da luz, ofereceram suporte teórico e empírico para a análise daqueles outros experimentos que indicavam a natureza corpuscular da mesma. Essa dualidade que causa grande embaraço para a física clássica igualmente se deixa refletir na estrutura atômica proposta por Bohr, cujos princípios se enraízam nas experiências de Rutherford: neste caso, a dualidade se dá entre a continuidade energética dos elétrons nos estados estacionários e a descontinuidade presente quando os elétrons mudam de nível de energia. Ao elencar os nomes daqueles responsáveis pelas bases experimentais da mecânica quântica, tais como Franck, Hertz, Stern, Gerlach, Sommerfeld, Kramers, Born e Pauli, Heisenberg também faz referência a Stark. Ora, se Lenard e Stark alegam que a verdadeira ciência deve estar calcada nos conceitos clássicos, e visto que as pesquisas de ambos contribuíram para o estabelecimento da mecânica quântica, então são absolutamente descabidas as acusações de que a física teórica é uma mera especulação desprovida de dados, que sua origem é completamente estranha à física clássica, e que a ciência recobriria a sua verdadeira natureza com a separação entre arianos e não arianos. Mas ainda cabe a Heisenberg, mesmo que em termos gerais, explicar a participação dos conceitos clássicos na estrutura da mecânica quântica. Tal caminho serve para demonstrar que as descobertas da física moderna não têm aquele sentido de revolução acima apresentado, visto que ela não é um completo abandono dos antigos conceitos.

O surgimento da física moderna parece ter instaurado uma cisão no interior da ciência, referente à relação entre os conceitos clássicos e os conceitos modernos na investigação dos fenômenos atômicos. Por um lado, os conceitos dos quais fazemos uso para a descrição da aparelhagem experimental, bem como aqueles que utilizamos para a formulação das nossas questões à natureza, estão estruturados segundo aqueles conceitos de tempo e de espaço provenientes das nossas experiências cotidianas. Por outro lado, as expressões matemáticas que descrevem os fenômenos atômicos estão calcadas, particularmente, nos conceitos de funções de onda no interior de um espaço multidimensional, cuja compreensibilidade é muito difícil a partir dos parâmetros oferecidos pelos conceitos clássicos e pela nossa experiência

cotidiana. Ocorre aqui uma linha divisória entre aqueles conceitos clássicos que nos servem para a descrição da aparelhagem e aqueles que se referem ao objeto observado, cujo comportamento é representado por uma função de onda. Do lado da aparelhagem, temos então a expressão das leis clássicas, enquanto que, do lado dos objetos observados, lidamos com a equação diferencial da mecânica quântica³⁵. A resultante dessa conjunção é a própria linha divisória, cuja expressão ocorre nos resultados estatísticos da mecânica quântica. Tal linha, demarcando os limites entre clássico e quântico, faz-se notar nos processos experimentais, *como se neles ocorresse* uma interferência da observação sobre o objeto observado. Esse fenômeno de interferência, constitutivo da descrição dos fenômenos atômicos, acarreta nas expressões estatísticas dos seus resultados, cuja condição nomológica no interior da mecânica quântica foi estabelecida pelo princípio de indeterminação (ou princípio de incerteza), formulado por Heisenberg. É necessário aqui notar que a formulação “distúrbio provocado no objeto pela observação” deve ser um pouco mais analisada. Essa formulação faz sentido quando operamos com os conceitos clássicos, visto que por meio dele supomos a existência de uma separação entre observação e o objeto, este último supostamente regido por um espaço euclidiano, um tempo uniforme e linear, e um princípio de causalidade cuja suposição é a plena determinação do seu movimento, do *momentum*, e da conservação de sua energia num dado sistema. Essa formulação perde o seu sentido a partir dos conceitos da mecânica quântica, visto que nela o objeto é conformado pelo próprio processo de experimentação, ou seja, é a partir desse processo que o objeto adquire as determinações estipuladas pelos conceitos clássicos, ainda que não seja possível oferecer simultaneamente a determinação precisa do momentum e da posição do objeto quântico. Ora, esse mesmo fenômeno de conformação do objeto se dá na dualidade onda-partícula, visto que a escolha por uma ou outra caracterização depende das questões que o físico deseja pôr à natureza e do tipo de procedimento experimental adequado para a questão proposta³⁶. Esses limites que demarcam a região das leis clássicas e aquele das leis quântica, cuja demarcação pode ser representada pela constante de Planck, impedem a suposição de que o caráter estatístico da mecânica quântica é simplesmente cognitivo, tal como ocorre na termodinâmica. Segundo Heisenberg, aquele que tentar retirar a condição estatística por meio da suposição de variáveis ocultas

³⁵ Acreditamos que Heisenberg, através da expressão genérica “equação diferencial da mecânica quântica”, refira-se à mecânica ondulatória de Schrödinger.

³⁶ Há aqui uma série de entraves lingüístico-conceituais que, por muitas vezes, coloca-nos em embaraço a respeito da compreensão do que sejam: experiência, conceito, objeto, fenômeno, característica, etc. Por força da tradição e da constituição do vocabulário filosófico moderno, esses termos geralmente nos remetem a Kant. Ora, mas é exatamente com a tradição kantiana que dialogam Heisenberg e várias das personalidades fundamentais da física moderna. Mais à frente, nós indicaremos algumas diferenças entre a determinação desses conceitos na filosofia kantiana e na mecânica quântica.

simplesmente cairá em contradição com os experimentos. A mecânica quântica é uma teoria fechada (*abgeschlossene Theorie*), não necessitando de qualquer acréscimo aos seus fundamentos. Tais características da física moderna teriam então nos confrontado com a necessidade de abandonar as formas de objetivação no espaço e no tempo, como estipulava a física clássica? Isso não equivaleria, como afirmaram os físicos arianos, a uma tentativa de destruir a física e as bases do conhecimento empírico? Para Heisenberg, não se trata de uma simples negação da objetividade ou uma aniquilação das bases da física:

Talvez os recentes desenvolvimentos representem somente uma crise passageira. Eu tendo à opinião, para a qual parece haver forte evidência, que essa renúncia será definitiva. Eu gostaria de começar com uma analogia para sustentar essa afirmação. Na Antiguidade, antes do começo da ciência, o mundo foi concebido como um disco achatado, e somente a descoberta da América e a primeira circunavegação do mundo destruíram essa crença para sempre.³⁷

A analogia que Heisenberg faz entre a mecânica quântica e descoberta da esfericidade da Terra tem como objetivo capital retirar o peso da palavra crise. A crise não significa a aniquilação daqueles princípios que orientavam a ciência clássica, na mesma medida em que a física moderna não é uma revolução, que descartaria o antigo em favor de uma fundação absolutamente nova da ciência. Crise passageira significa uma desorientação pela insuficiência dos conceitos clássicos para a interpretação dos novos fenômenos, assim como a palavra renúncia não significa abandono deles, mas sim uma restrição que nos obriga a retirar desses conceitos o estatuto de princípios que designam o que é propriamente o real em sua totalidade. Assim como a idéia de uma Terra plana era tão evidente para os antigos, ainda que jamais alguém tivesse visto o fim do mundo, o mesmo é válido para as concepções de espaço e de tempo da física clássica, visto que também sobre eles não havia provas empíricas definitivas. Ambos os conceitos pareciam estar em plena conformidade com o todo da nossa experiência, e por isso foram assumidos como princípios. Todavia, da mesma forma que os conceitos clássicos não desapareceram após o advento da física moderna, também a idéia de fim do mundo não foi eliminada após as viagens de Colombo e Magalhães. O sentido metafórico de fim do mundo, capaz de se referir a locais muito distantes e pouco conhecidos, ainda se faz presente na linguagem cotidiana. No caso dos antigos conceitos de espaço e de tempo, seu uso se restringe às regiões da experiência que não são iguais ou inferiores ao limite

³⁷ HEISENBERG, Werner. *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966. pp. 16-17.

dado pela constante de Planck, nem próximos ou ao nível do limite dado pela constante da velocidade da luz. Isso significa dizer que descobrimos que os antigos princípios não perfazem o todo da nossa experiência, mas sim uma parte. As viagens de Colombo e de Magalhães ainda servem como analogia para o caso dos limites, pois a descoberta de que a Terra é esférica não alterou a geografia de regiões específicas, por exemplo, a descrição geográfica da cidade de Gênova. Para um comum cidadão de Gênova, nenhuma crise foi instaurada após os grandes descobrimentos, visto que ele continuou a se orientar em sua cidade conforme os seus costumes; nada foi sentido como uma perda irreparável para essa pessoa, capaz de lhe causar um transtorno tal que o colocasse em absoluta desorientação:

É igualmente errado falar hoje de uma revolução na física. A física moderna nada modificou nas grandes disciplinas clássicas, por exemplo, da mecânica, da óptica, do calor. Somente a concepção de regiões até então inexploradas, formada prematuramente a partir de um conhecimento de somente certas partes do mundo, sofreu uma decisiva transformação. Contudo, essa concepção é sempre decisiva para o curso futuro das pesquisas.³⁸

Notemos bem que essa analogia tem por base a descoberta da esfericidade da Terra, e não a teoria heliocêntrica, esta última já caracterizada por Heisenberg como sendo uma verdadeira revolução se comparada com a física moderna. Também para os fins dessa analogia, pouco importa se os gregos e alguns medievais já supunham a esfericidade do planeta, visto que prova cabal alguma havia até então. Meter-se em picuinhas para decidir quem foi o autor desse achado é ignorar o sentido da analogia geográfica estabelecida por Heisenberg. Ela nada mais pretende do que mostrar a física moderna como uma descoberta de novas regiões do mundo, com suas legalidades próprias, tal como a descoberta da América ou a circunavegação nos apresentou novos aspectos do nosso planeta. Ora, que as descobertas da mecânica quântica se refiram a um domínio específico da realidade, como que uma região delimitada pelos conceitos próprios a essa teoria, isso não significa que a relevância do seu novo método de pensamento se restrinja ao campo da física. Sua abrangência é demonstrada quando Heisenberg indica as duas principais tarefas da ciência:

A ciência possui duas tarefas: transmitir um entendimento da natureza, assim capacitando o homem a fazer com que a natureza sirva ao seu próprio propósito; e indicar ao

³⁸ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.18 .

homem sua posição apropriada na natureza por meio de uma real inserção em suas inter-relações.³⁹

A primeira tarefa se refere à relação entre ciência e técnica, ponto este utilizado pelos físicos arianos com o intuito de caracterizar a física teórica como uma atividade alimentada pelo interesse imediatista em novas tecnologias. Contra tal ataque, Heisenberg responde que a física teórica não pode servir para o progresso técnico imediatamente, mas sim de modo indireto e após um considerável lapso de tempo. A construção de aparelhos adequados para os fins a que a ciência se propõe depende de um conhecimento preciso das leis da natureza. Desta forma, aqueles aparelhos que futuramente venham a se valer das teorias da física atômica, somente serão possíveis após uma acurada investigação das leis que regem os fenômenos nucleares. As descobertas realizadas pela física teórica, em grande medida, servem para orientar as pesquisas físicas, o que vale para mais uma vez confirmar que a física moderna não está apartada dos procedimentos experimentais. Essa relação entre física teórica, física experimental e tecnologia pode nos ser aparentemente trivial, mas tal não é o caso se levarmos em consideração os imensos debates sobre a importância desses fatores tanto para sociedade quanto para a pesquisa científica. Pelo aspecto social, conservadores e progressistas alemães, durante o fim do século XIX e início do século XX, disputavam sobre os malefícios e benefícios da modernização tecnológica que a Alemanha sofria, particularmente com a ascensão de suas indústrias. É desse período que datam os primeiros debates sobre o papel que a técnica poderia desempenhar na vida humana, seja ao tomá-la como signo de um progresso que espalharia o conforto e o bem-estar, seja encontrando nela o símbolo de uma patente decadência cultural⁴⁰. Sob o aspecto científico, as disputas se voltavam para a função que a experimentação possui no desenvolvimento da ciência. Os físicos arianos — mas não somente eles — julgavam que a estrutura matemático-teórica da física moderna não passava de abstração, enquanto que a verdadeira ciência deve estar absolutamente submetida tanto à experimentação quanto à *Anschaulichkeit* (intuição sensível)⁴¹. Como já mencionamos acima, Heisenberg alega que não devemos esperar uma pronta conversão das novas teorias físicas em tecnologia. Esse tipo de reivindicação, segundo o autor, surge a partir do momento em que o público em geral não está bem familiarizado com a relação dessas três instâncias: tecnologia, experimento e teoria. Ao fazer mais uma vez apelo à tradição, nosso autor mostra através de

³⁹ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.18.

⁴⁰ Cf. RINGER, Fritz K. *O Declínio dos Mandarins Alemães*. Tradução de Dinah de Abreu Azevedo. São Paulo: EDUSP, 2000.

⁴¹ Traduzimos o termo *Anschaulichkeit* como percepção sensível. Trataremos desse ponto mais à frente, quando Heisenberg se referir a Kant.

Tycho Brahe e Kepler a ligação entre experimento e teoria. Ora, foi de fundamental importância os dados cuidadosamente coletados por Brahe, mas foi Kepler, por meio de sua teoria, que interpretou tais dados de modo determinante para a condução das pesquisas astronômicas. Somente através da teoria que os experimentos são direcionados e os dados interpretados, indicando assim que é ela a responsável por iluminar a experiência, isto é, orientar a compreensão da multiplicidade que nela se nos apresenta. Por outro lado, os experimentos podem pôr em questão determinadas estruturas conceituais até então utilizadas para a compreensão da natureza, assim como indicar regiões da mesma regulada por estruturas nomológicas próprias, irreduzíveis a outras leis. Essa co-determinação entre teoria e experiência é mais uma vez enfatizada por Heisenberg no interior da física moderna. Ela não é uma simples aspiração por tecnologias, nem mesmo uma pura abstração, mas segue, tal como exemplificam Brahe e Kepler, os passos que perfizeram a ciência moderna. Por fim, não há razão para decidir se as ciências teóricas são superiores ou inferiores às ciências tecnológicas, visto que ambas prestam mútuo auxílio para o desenvolvimento de suas pesquisas. É esse fato que permite a Heisenberg afirmar que ambas nascem de uma mesma fonte: a teoria é dependente das tecnologias que lhe fornecem modos mais acurados de verificação e experimentação, assim como toda tecnologia desenvolvida é previamente informada pela estrutura conceitual fornecida pela teoria.

A transformação dos fundamentos das ciências exatas, provocada pela física moderna, também traz conseqüências para a filosofia, particularmente para as teorias acerca da percepção, da formação dos conceitos e das categorias *a priori* que determinam a constituição da experiência. Ao discutir tais pontos, Heisenberg entra em diálogo com Kant, visto que este exerceu grande influência sobre os físicos alemães a propósito do estabelecimento dos princípios filosóficos que estruturam e orientam a sua ciência. Com a física moderna, não é mais cabível assumir as formas puras da sensibilidade — uma espacialidade euclidiana e uma temporalidade linear puntiforme — como bases para toda e qualquer experiência possível, pois sua aplicação fica restrita à região das nossas percepções cotidianas⁴². Ora, ao não ter nas formas puras da sensibilidade a condição de possibilidade de seu aparecimento, os eventos quânticos oferecem grande resistência ao conceito kantiano de fenômeno. Como se faria possível a aparição e a representação de algo como uma função de onda num espaço

⁴² Resta saber se a nossa percepção cotidiana também não possui uma historicidade, ou seja, que ela tenha se alterado ao longo do tempo. Mais ainda, de forma alguma é descabido pensar que a nossa percepção não somente seja orientada por determinados conceitos adquiridos ao longo do tempo, mas que ela também tenha sido conformada por tais conceitos.

multidimensional? Em primeiro lugar, a aparição desses eventos somente ocorre por intermédio das questões que o cientista deseja formular à natureza, sendo que estas determinam o aparato metodológico e instrumental que fornece a conformação fenomênica do evento, ou seja, sua aparição somente ocorre na mensuração, e esta última é determinada também por conceitos clássicos. O que temos na física nuclear não é uma experiência previamente conformada pelas estruturas transcendentais definidas por Kant, mas sim uma experiência que somente emerge enquanto tal através da co-determinação entre aspectos conceituais (como a metodologia) e a aparelhagem: a experiência somente emerge como experiência quando o experimento é realizado. Ora, mas se a estrutura da sensibilidade transcendental perdeu a sua validade para a totalidade da experiência, talvez o próprio conceito de conceito tenha que ser reformulado, já que, por exemplo, o conceito de função de onda não se refere a um objeto que intuitivamente nos seja dado na experiência. É exatamente por conta do caráter contra intuitivo dos conceitos da mecânica quântica que surgiram os debates sobre a sua realidade ou o seu simples caráter pragmático-operativo. Todavia, esse debate nos parece ser absolutamente infrutífero, pois o que está em jogo é exatamente a compreensão do que seja realidade, já que as categorias fundamentais que permitiam a sua caracterização foram postas em questão. No que tange à estrutura categorial oferecida por Kant, o conceito de causalidade também é questionado em sua validade para o todo da experiência. Por nos depararmos com processos descontínuos de emissão e absorção de energia nos fenômenos atômicos, assim impedindo a hipotética determinação de todo o curso de uma série causal a partir de um elemento dado como princípio no interior de um sistema, então a velha máxima também assumida por Kant, segundo a qual a natureza não dá saltos, isto é, ela é absolutamente contínua, perde o seu caráter de máxima válida para toda a investigação da natureza. Isso não significa que a categoria de causalidade tenha sido abolida da física, nem mesmo que as conceituações intuitíveis de tempo e espaço tenham sido descartadas, porquanto elas permanecem válidas na interpretação dos resultados experimentais e na descrição da aparelhagem. O que se deseja dizer, em verdade, é que esses elementos não perfazem mais os princípios de toda compreensão do que seja realidade e de lida com a mesma.

Ainda outro problema de natureza conceitual se faz marcante: a explicação de um evento segundo duas estruturas conceituais que mutuamente se excluem e se complementam. Ao contrário do que se pensava antes, quando então um tipo de objeto correspondia a uma estrutura conceitual específica, os experimentos das fendas de Young nos abrigaram a fazer

uso tanto da estrutura conceitual cabível para fenômenos ondulatórios quanto aquela cabível para fenômenos de natureza corpuscular. Por certo que essas estruturas não podem ser utilizadas simultaneamente para a descrição do fenômeno, ficando determinado o emprego de uma ou de outra conforme as questões que serão investigadas e os recursos metodológicos a elas referentes. Esse ponto, além de divergir com a teoria kantiana do que seja um conceito, o seu emprego e aquilo que confere a objetividade do objeto, também nos impõe o problema de como se organizam as leis da natureza em uma totalidade. Exatamente é esse momento que Heisenberg caracteriza como sendo a segunda tarefa da ciência: “indicar ao homem sua posição apropriada na natureza por meio de uma real inserção em suas inter-relações”. Tal tarefa sempre foi realizada pela ciência, como o predomínio dos conceitos da física clássica para a compreensão da totalidade no século XIX. Mesmo várias filosofias receberam determinações conceituais provenientes da ciência, ainda que não seja apropriado estender a cisão entre filosofia e ciência para os séculos anteriores ao XIX. Também aqueles âmbitos que não dizem respeito propriamente ao estudo da natureza, tal como a moral, foram determinados pelo conceito de causalidade das teorias físicas. Se levarmos em consideração o conceito de liberdade em Kant, cujo núcleo é a instauração de uma série causal a partir de uma determinação da vontade por uma máxima universal, então perceberemos que a sua caracterização da moral emerge a partir de uma contraposição ao aspecto físico da causalidade⁴³. Esse exemplo aqui é dado a fim de se indicar o quão influentes foram os conceitos da física clássica, inclusive na determinação do que seja a subjetividade, a objetividade, e a determinação da arte e da religião como aspectos propriamente subjetivos, incapazes de fornecer a verdade sobre o que seja o mundo ou a natureza. Isso nada mais significa do que dizer que a religião e a arte foram desacreditadas em sua capacidade de determinar o que seja a realidade, ficando assim o predomínio sobre a verdade no âmbito científico. Com as transformações provocadas pela física moderna em conceitos fundamentais, faz-se necessária uma nova análise das articulações e fronteiras entre os campos da religião, da arte, da ciência e da filosofia. Todavia, essa nova análise não tem por intuito estabelecer o limite e a caracterização definitivos desses campos, não cabendo assim a compreensão desse projeto como uma nova crítica da razão pura. Ora, mas por qual razão Heisenberg se recusa a retomar um projeto crítico, cujo caráter reflexivo seria capaz de estabelecer os princípios de nossa compreensão em geral, e assim inaugurar uma nova revolução no modo de pensar, tal como fizera Kant? Essa recusa se deve ao fato de que todas

⁴³ Cf. Cap. II do Livro II da Dialética Transcendental na *Crítica da Razão Pura*, com especial atenção para o terceiro conflito das idéias transcendentais da antinomia da razão pura.

as pretensões a um definitivo estabelecimento do que seja a racionalidade, ou os conceitos fundamentais, fındam por desconsiderar a abertura de novos campos da realidade, que por ventura venham a pôr em xeque a condição de determinados conceitos como princípios gerais de compreensão da totalidade. Tal recusa em estabelecer uma natureza da razão, por parte de Heisenberg, não significa o abandono da racionalidade:

Contudo, é preciso se opor ao mal-entendido, segundo o qual as transformações nas ciências exatas trouxeram à luz certos limites à aplicação do pensamento racional. Um limitado campo de aplicação é dado somente a certos modos de pensamento, e não ao pensamento racional em geral. A descoberta de que a Terra não é o mundo, mas somente uma pequena e discreta parte do mundo, capacitou-nos a relegar para sua apropriada posição o conceito ilusório de “fim do mundo”. De um modo similar, a física moderna expurgou da física clássica sua crença arbitrária em sua ilimitada aplicação.⁴⁴

Como vimos nessa citação, a transformação das ciências exatas restringe a aplicação dos conceitos clássicos a campos limitados, o que igualmente implica dizer que determinados métodos de pensamento ficam limitados a âmbitos específicos. Ora, mas o que permite a Heisenberg, ainda assim, supor o conceito de uma racionalidade em geral, e não afiançar que há múltiplas formas de racionalidade, do mesmo modo como há múltiplos campos da experiência? Esse problema acaba por nos remeter, mais uma vez, àquela outra questão, que concerne à articulação das regularidades da natureza a fim de que se forme uma imagem da sua totalidade. Em primeiro lugar, tal restrição de um método de pensamento deve ser entendida como a formação de uma estrutura conceitual fechada — cujos conceitos fundamentais não podem sofrer mais alterações — que oferece a articulação dos eventos para a conformação da experiência de um determinado domínio. A mecânica clássica, a eletrodinâmica e a mecânica quântica são exemplos de teorias fechadas cujos conceitos fundamentais possuem domínios próprios de validade. Por validade devemos entender quatro aspectos da relação entre teoria e evento: 1) explicar os eventos sem alterar o núcleo conceitual de sua teoria; 2) abrir um campo específico de perguntas que se deixam formular aos eventos a partir dos seus conceitos basilares; 3) orientar a formação dos experimentos que dão origem aos fenômenos daquele campo; 4) explicitar a limitação inerente à estrutura conceitual da teoria em sua relação com outras teorias que dão conta de outros campos da experiência. Aqui devemos explicitar o uso que fazemos de alguns conceitos. Tomemos a queda dos corpos como um evento físico; e assim consideremos que os corpos caiam tanto

⁴⁴ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.24.

para Newton quanto para Einstein. Em Newton são fundamentais, para a explicação da queda dos corpos, os conceitos de um espaço euclidiano apartado de um tempo de curso linear e uniforme, a diferenciação entre força inercial e força gravitacional, o conceito de massa como *quantitas materiae* que não é influenciada por modificações da forma e do movimento. Esses conceitos são os pressupostos para que as nossas questões à natureza já partam da idéia de um plano de coordenadas universal independente da posição dos observadores em relação ao evento. A inter-relação desses conceitos com o evento da queda dos corpos é o que nos oferece o fenômeno da gravitação, visto que aqui entendemos o fenômeno como um evento já informado por conceitos. Ora, o fenômeno, aquilo que propriamente aparece na queda dos corpos, não é propriamente a queda, mas essa entidade antes obscurecida a que chamamos gravidade. O conceito de gravidade, articulado com os demais já citados, permite a formação de novos fenômenos, para eventos que inicialmente eram desarticulados, tais como o evento da queda e do movimento dos planetas. O que aparece, segundo esses conceitos, no evento das revoluções dos corpos celestes não é propriamente a revolução, mas o sistema do mundo. É a articulação entre a queda dos corpos, as marés e a revolução dos planetas que oferece a experiência, isto é, a relação entre os mais variados fenômenos segundo uma estrutura conceitual básica⁴⁵. A limitação da teoria clássica começou a ser apresentada por Einstein — como foi mostrado acima — através dos casos limites dos eventos ópticos e dos corpos eletromagnéticos em movimento. Para que sejamos breves, o que aparece propriamente, o que é fenômeno na teoria da relatividade restrita, é a curvatura do espaço e do tempo conforme o sentido do movimento em relação ao observador. O que caracteriza propriamente a experiência, nesse caso, é a constante das leis físicas independentemente dos sistemas de coordenadas. No caso da teoria da relatividade geral, ainda que exponhamos de modo simplificado, o que aparece propriamente, aquilo que é fenômeno, é a unidade entre força inercial e força gravitacional. O que lhe é propriamente experiência é a unidade dessas forças a partir da relação entre matéria e métrica espaço-temporal⁴⁶. Tomando como exemplo as relações entre os campos da biologia e da física, Heisenberg rejeita todas as tentativas de reduzir os seres vivos às regularidades que regem a esfera do inorgânico, posição esta que reforça a sua tese de que a estrutura conceitual da física clássica não pode arrogar para si o domínio sobre todos os âmbitos da realidade:

⁴⁵ Ninguém há de negar que, também para a física aristotélica, coisas caem. Todavia, quais coisas caíam, como ocorria a queda, por qual razão, tudo isso era limitado pelo campo de eventos acessível na época, pelos conceitos então vigentes, pelo modo como tais conceitos orientavam a relação do pensador com a natureza e indicavam o modo de questionamento.

⁴⁶ Ao fim e ao cabo, fenômeno é a co-determinação entre evento e conceito, enquanto que experiência é a unidade dessas co-determinações por meio de uma estrutura nomológica.

Do ponto de vista da física moderna, de acordo com Bohr, nós deveríamos esperar que as leis características desses organismos fossem separadas das leis puramente físicas, de uma maneira acurada e compreensiva, do mesmo modo como, diz ele, a teoria quântica está separada da mecânica clássica. Uma solução similar, em menor escala, aplicar-se-á às investigações no interior das propriedades do núcleo atômico, as quais ocupam o centro de interesse na física contemporânea. O edifício das ciências exatas dificilmente pode ser tratado como uma unidade consistente e coerente da maneira ingênua como nós esperávamos. Simplesmente seguindo a rota prescrita de qualquer ponto dado, nós não seremos levados para todas as outras salas dessa construção; por ela consistir em partes específicas, embora cada uma delas esteja conectada a outras por muitos corredores, e cada uma poder abarcar algumas ou ser abarcada por outras, contudo cada uma é uma unidade completa em si mesma. O avanço das partes completadas em direção àquelas recentemente descobertas ou a serem erguidas de modo novo, demanda a cada vez um salto intelectual, o qual não pode ser concluído através de um simples desenvolvimento do conhecimento já existente.⁴⁷

Ao requisitar que o conceito de causalidade da física clássica seja posto em questão, a física moderna acaba por estender este problema para aqueles seres cujo princípio causal era pensado segundo o conceito de conformidade a fins, isto é, os organismos. O antigo conflito entre uma estrutura causal mecânica e aquela condizente à totalidade orgânica deve ser reavaliado, visto que a caracterização desse segundo conceito emerge de modo determinado a partir do primeiro. As regularidades próprias aos organismos devem ser pensadas a partir de si mesmas, o que acaba por nos convidar a mais uma vez formular o problema sobre o que seja o vivente, sem que nos precipitemos a reduzir tais leis àquelas supostamente elementares provenientes da física. A metáfora de que Heisenberg lança mão, ao comparar a unidade do conhecimento com um edifício constituído de múltiplos corredores e de salas que se abarcam entre si, acaba por romper com aquela velha imagem de uma arquitetônica na qual as bases pré-estabeleceriam definitivamente a disposição de todo o edifício: a idéia de um sistema como derivação das leis a partir de um fundamento último se vê assim rechaçada em favor de uma ordenação mais complexa, capaz de reconhecer a estrutura fechada de alguns campos, a formação de novos âmbitos a partir de eventos descobertos e uma articulação dinâmica entre esses domínios, isto é, passível de alterações com o tempo. A unidade da razão então se configura por um esforço contínuo — mais uma vez renovado na medida em que os conceitos prévios não são capazes de explicar eventos novos — na tentativa de fornecer a unidade do conhecimento enquanto sua articulação como uma totalidade. A unidade da experiência

⁴⁷ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.25.

também aparece como um esforço constantemente renovado, na medida em que sua constituição é debitária das vias de acesso por meio das quais nos dirigimos aos eventos, assim como a relação entre âmbitos diversos depende do ponto do qual partimos. Quando Heisenberg se refere ao salto intelectual, não tem em vista afirmar que a razão ou a experiência sofrem de uma descontinuidade, cuja resultante seria a instauração de uma infinita incomensurabilidade, mas sim que a unidade da razão e da experiência, que devem ser entendidas como inextricavelmente co-determinadas, não pode ter como caminho a redução da diversidade a um pequeno número de conceitos. Isso nada mais significa do que dizer que novos conceitos, e por isso novos métodos de pensamento, precisam ser estabelecidos quando os métodos precedentes não são mais capazes de explicar algo que se nos apresenta como inaudito. Ao mesmo tempo, a cada vez que somos obrigados a fazer tal salto, a totalidade do conhecimento conquista mais uma via de acesso por meio da qual ela mesma pode ser avaliada e rearticulada. Com a metáfora dessa arquitetura movente, Heisenberg sinaliza para a estreita relação entre uma racionalidade que continuamente busca sua unidade enquanto reflete sobre as múltiplas possibilidades de configuração desse uno, assim como para uma experiência cujo todo pode se configurar a partir de diferentes conceitos e problemas provenientes de campos específicos. A conformação da unidade da razão e da totalidade da experiência não está relegada à arbitrariedade daquele que decide mover os peões de um jogo absolutamente ao seu bel prazer, caso este que aboliria qualquer possibilidade de jogar, mas sim que o próprio espaço de jogo delimita um campo de possibilidades para o movimento de suas peças. Esse mesmo espaço delimitado é o ponto do qual saímos em direção a outros jogos, um movimento tal que pode implicar tanto em compreender por analogia as regras dessa nova brincadeira tendo a antiga por base quanto em nos dispor ao aprendizado de regras absolutamente novas. Tanto no novo quanto no antigo jogo, o que fica é a existência da disposição⁴⁸ para a brincadeira e a unidade de regras do jogar. O que permanece tanto entre o novo e o antigo método de pensamento quanto entre a antiga e a nova articulação da

⁴⁸ Ainda que não possamos tratar do conceito de disposição no presente trabalho, indicamos aqui que entendemos por tal termo algumas capacidades que são constitutivas dos seres humanos, tais como a comunicação, os afetos, a transformação de si mesmo e do meio ambiente através de práticas, a busca por uma unidade do pensamento e da experiência que permitiria a orientação no mundo. Essas capacidades fazem do ser humano um ente posto de determinado modo, ou seja, previamente disposto por elas. Faz-se necessário entender que tais disposições não implicam em um fechamento a propósito dos projetos que o humano erga para si, enquanto assunção do que seja propriamente o homem: essas disposições permitiram tanto a projeção grega do humano com a sua excelência no interior da polis quanto a projeção contemporânea do homem como trabalhador que se encontra a serviço do mercado. Ao fim e ao cabo, a existência de disposições não decide previamente sobre como o homem realizará a sua humanização, mas sim permite que exatamente essa seja uma de suas tarefas.

experiência é a disposição para a configuração de uma unidade e a capacidade de criar conceitos que promovam a ligação de diferentes âmbitos:

A tentativa de associar precipitadamente os diferentes campos do conhecimento humano, acreditando que essa diversidade talvez venha a evitar todas as dificuldades futuras, levaria a cabo uma unificação da vida intelectual pouco genuína, tal como uma vez a generalização da ciência racional levou a um conceito racional do universo. Mas como a generalização apenas preparou a abertura para novos panoramas em muitos campos, então nós devemos servir ao futuro pelo menos facilitando o caminho para os novos métodos de pensamento conquistados, em vez de combatê-los por causa das estranhas dificuldades que eles criaram.⁴⁹

1.2 A importância da História

Ao fim da subseção anterior, deparamo-nos com a necessidade de um novo modo de articulação do conhecimento, não mais supondo que derivações a partir de um princípio único seriam capazes de esboçar o quadro da totalidade do nosso conhecimento e das nossas práticas. Concomitantemente, Heisenberg critica a assunção segundo a qual um único domínio da experiência, tal como a física, seria capaz de explicar a totalidade da natureza e de nossas relações com a mesma. Ora, mas ainda se nos parecem pouco claras as razões pelas quais as duas alternativas anteriores deveriam ser substituídas em favor de uma compreensão do surgimento de novos métodos de pensamento e os caminhos por eles oferecidos para o entendimento da natureza; tampouco se faz nítido o significado do que seja um novo método de pensamento. Até agora também não esclarecemos uma afirmação feita na introdução deste capítulo, segundo a qual a historicidade teria entrado na física, requisitando àqueles que pensam a partir dessa disciplina uma adequada compreensão das formas pelas quais os seus conceitos se transformam, estes acabando por igualmente engendrar modificações em outras atividades humanas. Talvez o leitor não mais possa esperar por uma explicitação adequada do que seja essa Idéia de transformação, tão estreitamente ligada com o modo de passagem da história próprio à física e com a formação dos conceitos. O intuito dessa seção é esboçar as respostas a esses dois pontos, visto que eles serão retomados em nosso segundo capítulo, por conta de problemas futuros com os quais nos confrontaremos ao longo das nossas reflexões.

Já aqui nos cabe indicar por qual razão Heisenberg considera a história importante. Todavia, a história sobre a qual o nosso autor se debruçará não trata da física como disciplina,

⁴⁹ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.26.

nem mesmo da constituição de suas instituições; tampouco se refere a uma história das idéias, esta entendida como descrições das concepções e visões de mundo próprias a uma determinada época. O que Heisenberg realiza é uma história da explicação (*Erklärung*) física da natureza, por meio da qual é possível compreender a constituição conceitual que determina o modo de investigação das ciências exatas, suas pretensões e os seus limites: eis a importância dessa história. Em sua autobiografia intelectual, Heisenberg relata uma conversa que remonta a 1929, com um físico experimental americano chamado Barton, cujo conteúdo trata exatamente da história da física e a unidade do conhecimento. Após alguns argumentos de Barton, segundo os quais não há a menor relevância em se considerar continuidades ou descontinuidades na história da física, porquanto o seu progresso pode ser constatado pela produção de teorias que pragmaticamente teriam resolvido problemas legados pela tradição, Heisenberg diz:

— Não, isso não é irrelevante. Sua idéia de progresso contínuo, tal como conhecemos na engenharia, debilitaria, ou melhor, retiraria toda a força da física, a tal ponto que dificilmente poderíamos continuar a chamá-la de ciência exata. Se quiséssemos trabalhar em física dessa maneira pragmática, teríamos que ficar pegando os campos parciais que por ventura fossem experimentalmente acessíveis para, em seguida, tentar representar os fenômenos observados, através de aproximações. Se os resultados se mostrassem inexatos demais, sempre poderíamos acrescentar novas correções. Mas teríamos que desistir de indagar sobre as ligações mais amplas, e seria muito improvável que conseguíssemos avançar para as relações simplíssimas que, para citar apenas um exemplo, distinguem a mecânica de Newton e a astronomia de Ptolomeu. Em outras palavras, perderíamos o mais importante critério de verdade na física: a extrema simplicidade de todas as leis físicas. Você pode objetar, é claro, que essa insistência na simplicidade nada mais é do que o anseio oculto pelo absoluto, desprovido da mínima justificação lógica. Por que haveriam as leis físicas de ser simples, por que deveriam vastos domínios da experiência ser passíveis de representações simples? A resposta está na história da física. Você há de admitir que cada um dos quatro campos fechados que mencionei tem num sistema de axiomas muito simples e, ao mesmo tempo, capaz de abarcar um vastíssimo conjunto de representações. Somente de posse desses sistemas axiomáticos é que estamos autorizados a falar em “leis da física”. Sem eles, a física nunca teria atingido a nobre categoria de ciência exata.⁵⁰

⁵⁰ HEISENBERG, Werner. *A Parte e o Todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política*. Tradução de Vera Ribeiro; revisão da tradução de Antonio Augusto Passos Videira e Luciana Muniz; revisão técnica de Ildeu de Castro Moreira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. p.119.

Se a questão filosófica tradicionalmente considerada como capital refere-se à ontologia, aquela que indaga pela razão do ente e não antes do nada, então seu equivalente epistemológico seria aquela que perguntasse pela razão da inteligibilidade do mundo, e não antes a sua total opacidade. Talvez nada seja mais estranho do que encontrar a resposta para essa última questão não em uma teoria do conhecimento, mas sim na história. Em 19 de setembro de 1932, na Academia de Ciências da Saxônia, Heisenberg pronuncia a conferência intitulada *Sobre a História da Explicação Física da Natureza*, na qual todos os temas aqui mencionados brevemente serão expostos. A fim de que atentemos com cuidado para o conjunto das questões que Heisenberg abordará em sua conferência, bem como para as suas relações, façamos aqui uma breve enumeração das mesmas: 1) o que significa e como se constitui a unidade da ciência; 2) a relação entre história e explicação física da natureza; 3) a co-determinação entre formação dos conceitos e modo de questionamento da natureza; 4) a relação entre antiguidade e modernidade para a constituição dos conceitos fundamentais da ciência; 5) o afastamento da ciência em relação à percepção cotidiana; 6) os limites da explicação científica.

1.2.1 O primeiro sacrifício: a Antiguidade⁵¹

As descobertas e teorias realizadas pelas ciências exatas das três primeiras décadas do século XX possuem um significado especial, segundo Heisenberg, pelo fato de conduzirem diferentes ramos de pesquisa — tais como a Astronomia, a Química e a Física — rumo a uma via comum: a física atômica. A explicação dos mais variados eventos segundo os arranjos e ligações de partículas indivisíveis já uma vez fora elaborada pelos antigos, como bem podemos observar em Leucipo, Demócrito e Lucrécio. Em certa medida, a ciência moderna foi capaz de satisfazer as explicações desses filósofos sobre a constituição fundamental da natureza. Não podemos negar que nos cause pasmo, diante da ausência de aparatos tecnológicos e acuradas pesquisas empíricas, o surgimento entre os antigos de uma compreensão atomística da totalidade dos entes. Mas tal possibilidade de encontrar na Antiguidade alguma correspondência com o caminho conceitual estabelecido pela física moderna, cuja idéia central de átomo articula diferentes campos de investigação, deve ser analisada cuidadosamente conforme os propósitos estabelecidos por Heisenberg:

Por essa razão é importante, para um entendimento da ciência moderna, descobrir em que medida a pesquisa atual pode ser tratada como um desenvolvimento consistente do

⁵¹ Por sacrifício aqui nos referimos à palavra alemã *Verzicht*, passível de ser traduzida como renúncia, abdicação ou desistência.

empenho humano, através dos séculos, por um entendimento da natureza, e estimar cuidadosamente seu balanço de perdas e ganhos. Tornou-se o costume ver a evolução da ciência como uma sucessão de brilhantes e surpreendentes descobertas, cujas conexões o intelecto humano pode descobrir através do instrumento da matemática. Portanto, parece-me importante realçar, por sua vez, uma tendência menos aparente que não pode escapar ao cuidadoso observador dessa evolução, e que é, por assim dizer, responsável pelo equilíbrio interno da nossa ciência. Tal é o fato de que praticamente todo progresso e conhecimento em ciência foi alcançado pelo sacrifício de importantes formulações prévias de questões e idéias.⁵²

A determinação do caráter da ciência moderna somente pode ser realizada, tal como o exposto acima, por meio de uma cuidadosa investigação do empenho humano pelo entendimento da natureza. A pergunta pelo modo de desdobramento desse empenho difere profundamente daquele método de investigação do que seja a ciência, por meio do qual sua natureza é descoberta ao se analisar a sua lógica interna, esta entendida como conjunto de procedimentos para a construção e verificação das teorias. Também não encontraremos em nosso autor a tentativa de delimitar os fatores internos e externos à ciência que acabam por orientar o curso das suas descobertas. Talvez nos cause surpresa se constatarmos que, ao nos voltarmos para o título da conferência, não se tratar de uma história da ciência, mas sim a história dos modos específicos de se voltar para a natureza, de questioná-la e de com ela lidar. A explicação física da natureza não é uma propriedade da ciência, nem mesmo se pode supor que ela é o núcleo originário a partir do qual tal explicação foi possível. Em realidade, o que seja a ciência, a sua constituição, é derivada do empenho pelo entendimento da ordem natural. A idéia de uma ordem natural talvez nos levasse a supor que a história de Heisenberg tem como princípio um conceito de racionalidade que a regulasse, encontrando no curso das realizações científicas a manifestação de sua estrutura perene. A história da explicação da natureza é, ao mesmo tempo, a história daquilo que tomamos⁵³ como racional. Mas isso não significa que o nosso autor seja um relativista, para quem há múltiplas formas de racionalidade entre si incomensuráveis; nem mesmo que a história da explicação da natureza tenha a sua escrita determinada pela investigação dos limites epocais entre formas de conhecer ou concepções de natureza igualmente incomensuráveis. O fio condutor da história da explicação física da natureza, orientada pela investigação do empenho humano, indaga-se

⁵² HEISENBERG, Werner. "On the History of the Physical Interpretation of Nature". In: *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966. p.27.

⁵³ Tomar não tem o sentido de meramente ter sido inventado, como se a nossa concepção sobre o que é a racionalidade fosse oriunda da arbitrária opinião de um conjunto de indivíduos. Para nós, tomar significa se apropriar, apropriação essa que se dá em relação a modos de investigação e questionamento, tensões entre conceitos e eventos, abertura de novos campos de eventos.

pela mútua determinação entre modo de pesquisa e Idéia (horizonte), entre forma de se investigar a natureza e determinação conceitual através do qual a ordem física se apresenta. Inevitável é constatar a existência de um círculo entre investigação e Idéia, mas a viciosidade desse círculo é desfeita quando observamos que a Idéia nos permite modos de investigação segundo os quais a natureza se nos aparece de uma maneira específica, ao mesmo tempo em que a própria natureza é responsável pela quebra de antigas Idéias e instauração de novas possibilidades para a investigação. Questionamento e Idéia não são meros frutos da mente humana, e sim de uma tensão entre homem e natureza, a qual constitui o sentido de sacrifício:

Assim, um aumento no conhecimento e percepção limita sucessivamente a pretensão do cientista por um “entendimento” do mundo. A observação da natureza pelo homem aqui mostra uma analogia próxima ao ato individual de percepção, o qual se pode, tal como Fichte, aceitar como um processo de *Selbstbeschränkung des Ich* (auto-limitação do eu). Isso significa que no verdadeiro ato de percepção nós selecionamos um do infinito número de possibilidades para o futuro.⁵⁴

Ao contrário de Fichte, Heisenberg não se refere a uma estrutura transcendental denominada como Eu que, por um ato de liberdade, instaura uma auto-limitação capaz de dar origem ao eu e ao não-eu. Nosso autor não busca um fundamento, como já dissemos, a partir do qual as estruturas capitais do nosso conhecimento e da nossa liberdade poderiam ser derivadas. Ora, tal se faz nítido pelo caráter histórico dessa auto-limitação, que teria constituído o impulso norteador para a investigação da natureza. Sua preocupação está em buscar modos de questionamento dos fenômenos físicos que, em alguma medida, atravessaram os séculos para a geração das nossas perguntas e conceitos. A analogia da auto-limitação poderia muito bem ser substituída por uma metáfora, a da fonte. A história da explicação da natureza é como uma fonte, da qual se origina um rio com múltiplos braços: conforme somos enviados por um determinado caminho, a forma do nosso curso assume uma configuração específica, sem que com isso abandonemos o impulso que nos move proveniente da nascente. Obviamente, outros rios podem desaguar em um dos braços que nós tomamos como via, assim nos conferindo diferentes impulsos. Contudo, independentemente do caminho escolhido, as mesmas fontes continuarão a nos alimentar. Mas, antes de tudo, é preciso ressaltar que a história investigada por Heisenberg também tem por intenção responder àqueles ataques segundo os quais a ciência moderna padece de uma parcialidade e de uma arrogância, estas calcadas na idéia de que seria ela a responsável por um projeto de

⁵⁴ HEISENBERG, Werner. *Idem*. pp.27-28.

cientificação do mundo capaz de explicar a totalidade do real. Ao usar palavras como percepção e conhecimento, Heisenberg indica que responderá à alegação de que a ciência tem se afastado propositadamente da vida cotidiana, a um só tempo ignorando os modos de representação comuns que nos fazemos da natureza, estas pertencentes ao mundo da vida, e determinando a compreensão da vida espiritual segundo conceitos provenientes das ciências naturais. Como pudemos ver em nossa primeira seção, foram acusações semelhantes a essas aquelas proferidas pelos inimigos da física moderna, mas elas também podem ser encontradas em escritos como *A Filosofia na crise da humanidade Européia*, de Husserl. Ainda que pronunciada em 7 e 10 de maio de 1935, na Associação de Cultura de Viena, suas críticas às ciências naturais refletem um conteúdo já há muito circulante na cena cultural alemã⁵⁵. Para Heisenberg, a ciência moderna não é a responsável por uma crise sem precedentes derivada de sua arrogância por oferecer uma explicação total da realidade, nem mesmo que estaria destruindo as compreensões próprias ao mundo da vida sobre o que seja a natureza. Em realidade, as fontes que alimentam a ciência moderna provêm daquelas mesmas que deram origem à própria Europa; e o modo de explicação da natureza pertencente à ciência é apenas um dentre vários outros, igualmente provenientes dessa fonte originária que remonta à Grécia. O cientista não teria o direito de arrogar para si a capacidade de responder sobre o que é toda a realidade, visto que a ciência mesma estrutura os seus limites conforme a forma de acesso que tem ao real, segundo os caminhos que encontra para o que seja uma explicação e um acesso possíveis à natureza.

Como primeira fonte para a explicação física da natureza, Heisenberg designa o conceito de substância, surgido na Grécia, enquanto elemento persistente nas mutações de todos os fenômenos. Segundo Tales, a água seria tal elemento invariável constitutivo em todas as variabilidades, sendo delas a matéria. Mas haveremos de convir que termos como substância, constituir e matéria ainda não estão plenamente determinados de tal maneira que possuíssem um sentido preciso. Por outro lado, essa falta de precisão é o elemento inicial que abre o espaço dos nossos questionamentos e conceitos a propósito do que é o ente em sua totalidade, o que equivale a dizer que nesses conceitos ainda não tão distintos foi inaugurado o campo de liberdade das nossas investigações. Segundo Heisenberg, ainda nenhum sacrifício havia sido feito para a possibilidade de um entendimento unificado do mundo. Ora, mas nenhum sacrifício, nenhuma limitação realmente pode ser verificado naquilo que constitui o

⁵⁵ HUSSERL, Edmund. “La filosofía en la crisis de la humanidad europea”. In *La Filosofía como Ciencia Estricta*. Tradução de Elsa Tademig. Buenos Aires: Editorial Nova, 1962.

nosso espaço primordial, porquanto nenhuma medida nos é oferecida para comparação. Contudo, isso não significa dizer que esse espaço inaugural seja absolutamente amorfo. Por mais que nos se afigure estranho, a resposta de Tales já nos revela algumas das características da fonte que constitui o nosso modo de questionar a natureza: que tudo seja água significa dizer que o ente na totalidade se revela segundo a unidade, enquanto unidade de constituição. Nessa mesma medida, a própria temporalidade entra em jogo, visto que o vir a ser requisita a estabilidade de algo como presença constante nas transformações, o que demarca uma via por meio da qual as compreensões dos modos de passagem dos eventos, as estruturas da temporalidade, continuamente serão determinadas. O uno se configura então como o espaço de nossos futuros questionamentos, assim como a estabilidade como o tempo a ser investigado. Apenas desejamos deixar claro que os conceitos de matéria ou substância, no presente caso, não nos oferecem as determinações de uma estrutura específica de temporalidade ou de espacialidade, tal como um tempo circular ou um espaço de métrica euclidiana. Eles apenas esboçam os primórdios de um campo instaurado para a nossa orientação no mundo. Tampouco importa, no presente momento, discernir o quanto de mítico persiste no pensamento desse pré-socrático, já que a nossa questão está antes voltada para aquilo que ainda hoje persiste em nossa explicação da natureza. Que haja uma distinção entre mítico e filosófico, a tal ponto que seria plenamente possível cindir os dois campos, tal fato não é decidido nesse momento, nesse ponto de constituição da nossa fonte, por mais que tentemos julgar que a filosofia pré-socrática seja os primórdios da racionalização ocidental. Ora, partir de uma idéia atual do que seja racionalidade, para assim compreender essa fonte, seria determinar em demasia aquilo que se esboça como o amplo espaço-tempo⁵⁶ de investigar e indagar a natureza.

Investigações posteriores acabaram por delimitar mais precisamente o termo substância fundamental, acrescentando a ele determinações como indestrutibilidade e uniformidade. A afirmação de que a totalidade do ente é constituída por um elemento

⁵⁶ Quando nós dizemos que um modo de investigação e questionamento tem um espaço-tempo próprio, isso não significa estritamente que houve uma época delimitada (tempo) e um conjunto de agentes específicos (espaço) responsáveis pela assunção desse modo. O nosso espaço-tempo, mais precisamente, significa esse investigar a natureza segundo a determinação do ente por uma unidade fundamental que o constitui em sua totalidade: durante absolutamente todas as épocas do pensamento ocidental, esse será o impulso investigativo. Já no que tange ao tempo, o mesmo tem a sua determinação como investigação do que se mantém persistente e o modo de manutenção na persistência: ela pode ser a idéia, a forma, a substância, o princípio, a lei, a regularidade nomológica. Todas as variações se deram no interior desse espaço-tempo, a partir da formulação primordial oriunda de Tales. Também não possui a menor relevância, para a nossa discussão, saber se em termos historiográficos outros povos ou personalidades formularam a questão anteriormente. Quando usamos o termo primordial e originário, referimo-nos a uma fonte capital responsável pela nossa constituição, capaz de demarcar nossa investigação e indagação.

determinado como a água acaba por se defrontar com grandes complicações impostas pela natureza: como explicar que desse singular surja a variabilidade das mutações, já que a própria água pode ser considerada somente como uma dentre as singularidades. Nessa medida, não encontramos em Tales a possibilidade de variadas substâncias, cuja agregação e desagregação perfariam a mutabilidade do mundo, nem mesmo a separação do conceito de permanência de alguma determinação proveniente da nossa experiência comum. O que nos importa não é a incorreção da afirmação de Tales, mas sim o espaço que agora é constituído pela sua Idéia e pelo problema apresentado pelo mundo (o da sua diversidade). A conjunção entre esse problema e essa Idéia ainda nos pertencem de tal maneira, constituindo o nosso espaço-tempo de pensamento, que é possível encontrar a sua vigência nas mais variadas compreensões da história da filosofia.⁵⁷

As possibilidades abertas entre o afastamento da unidade e da permanência da variabilidade da experiência comum ou a conversão da substância em uma multiplicidade de elementos que interagem para a constituição do mundo são encontradas, respectivamente, em Parmênides e Empédocles. Em seguida, Heisenberg menciona Anaxágoras, para o qual uma infinidade de elementos em sua junção e disjunção seria responsável pela geração e corrupção. Todo esse esforço se volta para a uma explicação da diversidade qualitativa do mundo, a partir da variabilidade quantitativa e das mudanças entre esses elementos fundamentais, um esforço que neste rumo assume a sua plena realização na teoria atomística de Leucipo e Demócrito. Para estes últimos, a pluralidade qualitativa deve ser remetida à unidade quantitativa e de configuração dos átomos em um espaço vazio. Tal conceito de matéria, então entendido como organização geométrica de partículas, posteriormente será retomado pela Química a fim de se explicar suas qualidades. Para Heisenberg, porém, o

⁵⁷ Por motivos de espaço, nós sugerimos que o leitor confira pelo menos três autores que, apesar de suas grandes diferenças, sustentam que o cerne da idéia apresentada por Tales e do problema a ele imposto são centrais para a filosofia. Podemos observar isso em Aristóteles, Livro I da *Metafísica*, passo 983b; em Hegel, na parte dedicada à Tales em suas *Lições sobre História da Filosofia*; e em Nietzsche, na *Filosofia na Época Trágica dos Gregos*. Ainda que seja um pouco temerário adiantarmos aqui algumas conclusões, já podemos vislumbrar um fator que é constitutivo da ciência. Ora, dado que o espaço-tempo do modo investigativo e questionador seja esse instaurado por Tales, como figura representativa, e dado que ele seja uma fonte constitutiva da ciência, não se pode negar que a ciência se movimenta no interior da metafísica. As caracterizações da metafísica como conjunto de teorias que não se prestam a uma comprovação empírica, como doutrina sobre os entes extra-temporais, como simples visão de mundo modificada ao longo dos tempos, todas elas são absolutamente pobres, pecando por uma trivialidade atroz. Todos esses conceitos, tais como o de empírico, de temporalidade e intra-mundano ou imagem do mundo já são determinações provenientes de uma metafísica que se pergunta pela constituição do ente em sua totalidade, na qual já é decidida a relação entre homem e mundo e através da qual variações do conceito de tempo são possíveis a partir da estrutura fundamental vir-a-ser e persistência.

progresso ocorrido de Tales até Demócrito não pode ser visto apenas como uma série de ganhos:

Assim, embora tenhamos forte razão para admirar tal progresso como um sucesso do consistente desenvolvimento da ciência, nós não devemos esquecer, todavia, que esse sucesso necessariamente implicou um sacrifício de grave importância para o futuro — eu me refiro ao sacrifício de um “imediato e direto” entendimento das qualidades.⁵⁸

Para a nossa experiência cotidiana, as qualidades se apresentam diante de nós como o mais real, mas isso antes que qualquer tematização seja feita, isto é, previamente a um questionamento sobre o que seja a sua natureza; enquanto aquilo que mais imediatamente se nos apresenta, a realidade da qualidade como o mais efetivamente contraposto a nós é superior à forma e ao movimento. A hipótese atomística priva os seus elementos fundamentais de qualquer qualidade imediata, mas é exatamente nesse ato de abstração que sua força está concentrada, pois a multiplicidade do qualitativo é explicada pelas formas geométricas assumidas pelos átomos. Nesse sentido, não é mais possível entender (*verstehen*) a qualidade, porque a mesma não pode ser posta como fundamento, como unidade e persistência na multiplicidade. Já que a teoria atômica não se baseia em um entendimento imediato, então ela pode ser compreendida como uma conceituação analítica, exatamente pelo seu caráter de redução das qualidades à dinâmica e à configuração atomísticas. Todavia, também é possível dizer que o atomismo deixa como não explicado dois aspectos da qualidade: 1) a qualidade geométrica das configurações atômicas, isto é, a razão pela qual os átomos assumem formas ordenadas; 2) a própria qualidade, como algo desprovido de essência, recai no não explicado da interação de suas formas com os nossos sentidos, isto é, não são oferecidas as razões pelas quais o mundo nos afeta tal como nos afeta. O sacrifício desse duplo aspecto qualitativo, o permanecer inexplicado da geometria que forma o mundo e do ser afetado assim e não de outro modo pelo mundo, perfizeram o nosso modo de conceituação, isto é, a maneira como nos voltamos para a natureza e a indagamos.

Concomitantemente ao desenvolvimento do conceito de matéria, Heisenberg explicita que também o termo espaço foi ganhando maiores determinações. Para os gregos, de um modo geral, a determinação da espacialidade apartada da matéria, o que permite a concepção de um espaço vazio, sempre fora um motivo de grande estranhamento. Em Parmênides, bem como para Melisso de Samos, o conceito de ser tinha um caráter material, tal como indica

⁵⁸. HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.29.

Aristóteles ao dizer que: “Mas a causa de tal opinião foi para estes filósofos que, se bem investigavam a verdade a respeito da natureza dos entes, consideraram que só eram entes os sensíveis (...)”⁵⁹. Todavia, devemos recordar que o mesmo Aristóteles faz uma diferenciação entre esses dois pré-socráticos: “Parmênides, com efeito, parece se referir ao Uno segundo o conceito (*katà tèn lógon*), e Melisso, ao Uno segundo a matéria (*katà tèn húlen*)”⁶⁰. Ainda que a interpretação seja controversa, podemos supor que, sendo o ser a totalidade de tudo o quanto existe, não seria possível a existência de um espaço vazio, porquanto seria ele o não-ser. Com um princípio que não permite a mudança e o não-ser, a diversidade qualitativa do mundo então é considerada como pura aparência. Heisenberg indica que o espaço vazio como não-ser foi um dos motivos principais pelos quais a separação entre matéria e espaço somente se deu após um considerável lapso de tempo. Mesmo em Platão, as propriedades físicas da matéria são determinadas pela geometria, ou seja, pelas propriedades matemáticas do espaço, tal como se encontra expresso no *Timeu*. Todavia, aqui podemos encontrar motivos para grandes equívocos, caso mantenhamos a compressão moderna do que seja espaço e matéria. Ao nos voltarmos para o *Timeu*, nós nos deparamos com o conceito de *khóra*, que deve ser entendido não somente como aquilo que recebe as coisas, tal como geralmente pode ser entendida a nossa idéia de espaço, mas também aquilo do qual são feitas as coisas, do modo como entendemos o que seja matéria. Essa matéria-espaço, a princípio, não possui qualquer determinação, como afirma Platão:

Mas, se nós dissermos que se trata de uma espécie invisível e desprovida de figura, que recebe tudo, que participa do inteligível de uma forma particularmente desconcertante, e que se deixa muito dificilmente apreender, nós não mentiremos em nada. E, na medida em que o que acabou de ser dito permite aproximar sua natureza, eis aqui de qual maneira se poderia falar dela o mais corretamente. Aquilo que, a cada vez, observa-se como sendo fogo, é a porção do receptáculo que é *in-flamado*; da água, é a porção *lique-feita*, da terra e do ar, toda a porção que recebeu as imagens da terra e do ar.⁶¹

Não é do nosso interesse aqui saber em que estado essa matéria-espaço se encontrava antes da formação do corpo do mundo, pois talvez nela os traços dos quatro elementos já existissem antes da intervenção do demiurgo. Todavia, o que nós desejamos ressaltar é o fato de que a estereometria estipulada por Platão para a construção dos elementos não se baseia na

⁵⁹ ARISTÓTELES. *Metafísica*. Edição trilingüe de Valentín García Yebra. Madri: Editora Gredos, 1990. Livro IV, 5. 1010 a.

⁶⁰ *Idem*. Livro I, 5. 986 b 18.

⁶¹ PLATÃO. *Timée*. Tradução, introdução e notas de Luc Brisson. Paris: Flammarion, 2001. Passo 51 a-b.

existência de uma métrica espacial por si subsistente, visto que a estrutura dos elementos é apenas imagem das Idéias⁶². Com isso desejamos dizer que, embora as entidades matemáticas possam ter uma existência por si mesma — enquanto Idéias —, Platão não nos permite conceber uma espacialidade por si subsistente e apartada da matéria. Para que tal conceito de espaço matematizável fosse possível — cujas dimensões não são simples acidentes dos entes, mas propriedades da espacialidade —, seria necessário também estipular a idéia de vazio. Talvez a maior expressão de recusa a essa idéia possa ser encontrada em Aristóteles, cuja influência se mostrou crucial durante muito tempo:

Além disso, não se poderia dizer por que um corpo movido se deterá em alguma parte; por que estaria ele aqui e não antes lá? De modo que necessariamente ou ele estará em repouso ou necessariamente será transportado ao infinito, se nada de mais forte o detiver.

Além disso, é em direção ao vazio que esse transporte parece se produzir, sob o pretexto que tal meio cede; mas, no interior do vazio, o mesmo fenômeno se produzindo igualmente em todos os sentidos, o transporte se dará em todas as direções.

Além disso, eis as razões que provam aquilo que exponho. A experiência mostra que o mesmo peso e corpo é transportado mais rápido por duas razões: seja uma diferença do meio atravessado, que pode ser por exemplo a água, ou a terra, ou o ar, seja, além dessas mesmas coisas, uma diferença dos móveis por conta do excesso de peso ou de leveza.⁶³

Por certo que em Aristóteles o lugar não pode ser confundido com a matéria, forma ou vazio, visto que sua essência é definida pelo filósofo como sendo o limite entre o corpo envolvido e aquele que envolve. Mas essa caracterização do lugar em absoluto nos permite concebê-lo conforme o modo da espacialidade próprio à ciência moderna. Bem sabemos que a teoria a propósito de um espaço vazio infinito foi sustentada pelos estóicos e pelos atomistas, assim como chegou aos escolásticos por intermédio dos comentários de Averroes sobre as teorias em defesa do vazio provenientes de Ibn Bâdjâ — também conhecidos como Avampace. Contudo, durante toda a Idade Média, a doutrina aristotélica sobre os lugares naturais e sobre o vazio permaneceu como o impensado que não permitia a distinção entre peso e matéria, bem como a subsistência da espacialidade por si mesma, e não como acidente. Não devemos nos enganar, porém, ao supor que a teoria sobre o vazio e a subsistência do espaço não foram formuladas na Idade Média. Bem sabemos que isso parece contraditório,

⁶² Neste contexto, em sentido platônico

⁶³ ARISTÓTELES. *Physique*. Texto estabelecido e traduzido por Henri Carteron. Paris: Les Belles Lettres, 1926. passo 215 a 19-28.

mas essa contradição é desfeita quando consideramos o modo de questionamento dos escolásticos: teologicamente, a existência do espaço vazio podia ser defendida, mas criava grandes dificuldades caso a sua defesa tivesse que ser proveniente da luz natural. Para a formulação desse problema, a infinita potência de Deus também deveria ser levada em consideração, e a negação da possibilidade de existir o espaço vazio restringia tal potência. Para muitos, a simples existência do vazio era contraditória em si, por isso era recusada, para outros, sua existência simplesmente era incompatível com a ordem da criação, na qual o vácuo implicaria uma ruptura na cadeia contínua que liga os entes. Entretanto, em 1277, Etienne Tempier condenou as seguintes proposições, em favor da manutenção do infinito poder divino: Deus não pode criar um espaço vazio; Deus não poderia dar ao Universo inteiro um movimento de translação, pois o Mundo deixaria o vazio atrás de si. Em termos gerais, a defesa dessas teses se baseava na distinção entre vazio e nada, já que este último não poderia ser entendido nem como pleno, nem como vazio, o que permitiria a Deus criar uma pluralidade de mundos sem espaços vazios. Nessa mesma medida, Deus poderia destruir todos os entes que se encontram entre a terra e os limites da esfera sublunar, pois o espaço vacante não seria propriamente vazio, mas sim o nada, e a distância entre a terra e a esfera imediata seria apenas uma potência. Quanto à sustentação do espaço vazio, sua possibilidade se encontra numa analogia com o mistério da transubstanciação: já que Deus conserva os acidentes da hóstia não consagrada, modificando somente a sua substância durante a consagração, também poderia sustentar as dimensões do espaço, que são acidentes, sem a substância corpórea⁶⁴.

Devemos mais uma vez recordar que a nossa intenção, bem como a de Heisenberg, não é investigar as variadas concepções de espaço, vazio e matéria ocorridas durante a história do Ocidente. Como já bem afirmamos acima, o nosso conceito de história tem por intuito apresentar os sacrifícios que determinam o nosso modo de investigar e indagar a natureza, o que nos leva a precisar as características desse esforço humano, através do qual o termo sacrifício se faz mais compreensível: o impensado. A propósito desse impensado na teoria atomística, Heisenberg diz:

A aceitação da divisão ingênua em matéria e espaço, sem crítica, é fundamental para o progresso alcançado pelo materialismo. A tão bem conhecida explicação dos estados da matéria, por exemplo, é baseada na efetiva independência da estrutura do espaço e da matéria.

⁶⁴ Cf. DUHEM, Pierre. *Les Systèmes du Monde: histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Paris: Hermann, 1958. Tomo VIII, quinta parte, capítulos VIII e IX.

É preciso ser enfatizado que nesse caso, também, o sucesso das lições de Demócrito foi alcançado à custa de um entendimento da natureza das relações entre espaço e matéria. Vocês sabem que o progresso real na questão de “espaço e matéria” somente foi alcançado muito recentemente na teoria da relatividade geral. Durante todo o desenvolvimento da ciência, desde Demócrito até Newton e Maxwell, a discussão desse problema foi sem importância.⁶⁵

O que resta como impensado na tradição que vai de Demócrito até Maxwell é a determinação que a matéria exerce na constituição da métrica espacial, ao mesmo tempo em que não se coloca a questão sobre o papel que desempenha a espacialidade nas formas que a matéria assume. Desse mesmo modo, para os antigos ficou impensada a matéria enquanto *quantitas materiae* apartada do peso, assim como a subsistência da espacialidade por si mesma. Aquilo que resta como impensado não deve ser tomado como algo negativo, como um obstáculo no desenvolvimento da ciência, pois é exatamente ele que traça os limites assumidos por um modo de investigar e questionar a natureza; por meio dele encontramos as fontes das quais o esforço humano se apropriou para a explicação do mundo natural. Por mais que se nos pareça banal, atentar para o fato de que a identidade entre força inercial e gravitacional não poderia ser alcançada na Antiguidade, implica dizer que uma miríade de problemas não pode aparecer como tais sem um conjunto de conceitos previamente formado; do mesmo modo que esses problemas se fazem presentes conforme a acessibilidade que temos ao mundo, ao seu conjunto de eventos. Por mais que as ontologias propostas pelas teorias científicas tenham se modificado ao logo do tempo, não seria cabível sustentar que antigos conceitos desapareçam completamente depois que uma teoria é abandonada, visto que o atomismo pode aqui ser tomado como tal exemplo, ou mesmo as teorias antigas segundo as quais existia uma identificação entre matéria e espaço. As transformações ontológicas e conceituais constatáveis ao logo da história da ciência não têm como implicação direta o relativismo historicista. Em primeiro lugar, muitas vezes tal relativismo apenas descreve idéias e entidades que se modificaram, sem levar em consideração a rede teórica responsável pela manutenção dos conceitos, cuja extensão geralmente ultrapassa o âmbito estritamente científico ou concernente à filosofia natural. É exatamente essa rede que nos permite compreender a natureza dos problemas que requisitaram modificações no interior de uma teoria ou a substituição de um arcabouço teórico por outro. A relação entre rede conceitual e surgimento de um problema que rompe o arcabouço teórico não pode ser compreendida ao se transferir a metafísica do gênio para o interior da ciência, como se a quebra da rede fosse

⁶⁵ HEISENBERG, Werner. *Idem.* p. 31.

resultante da inspiração de um indivíduo, o qual seria a própria fonte da problematização e da resolução, ambas as coisas a partir do nada. Quando a história é pensada dessa maneira, já está lançado um véu sobre o conjunto de eventos, provenientes da própria natureza, que participam na constituição tanto do problema quanto da estrutura conceitual. Nós continuamente devemos nos recordar que os domínios da natureza e o seu apanhado de eventos não nos estão desde sempre revelados: transformações conceituais também devem ser avaliadas conforme novos aspectos do mundo ao qual passamos a ter acesso. Também de enorme gravidade é o fato de que o relativismo se sustenta, em grande medida, pelo ataque à concepção de verdade como correspondência, crendo que a mesma se deixa simplesmente definir como conformidade do conceito à coisa. Muito mais importante do que a simples correspondência, o que sempre está em jogo são as condições de acesso à verdade, o que a um só tempo define o que seja propriamente verdadeiro e o modo de ser dessa correspondência. Entre verdade e correspondência, algo ainda mais fundamental se nos apresenta, e cuja importância se faz notar pela capacidade de reunir conjuntos de eventos novos e antigos, rede conceitual e formas de problematização: a determinação do que seja uma coisa. Ora, essa determinação deve ser entendida de um duplo modo, tanto como caracterização quanto como efetivação, ou seja, como co-constituição entre evento e conceito, capaz de, por exemplo, fazer com que algo como o éter luminífero tenha sido responsável pela compreensão de fenômenos óticos e eletromagnéticos, tenha participado das práticas de pesquisa e na construção de instrumentais, tenha sido ensinado nas instituições. Caso acatemos a existência da co-constituição entre conceito e evento, talvez tivéssemos que igualmente aceitar a idéia de que, ao longo da história, nós habitamos diferentes mundos, talvez entre si incomensuráveis. Essa constatação não é de todo correta na medida em que a ligação desses mundos ocorre, por um lado, através do conjunto de eventos que permanecem contínuos ao longo da história e, por outro lado, através da tradição. Evento e tradição perfazem o que acima denominamos como fontes do nosso modo de se voltar para a natureza e indagá-la: por vezes obscurecidas, por vezes abandonadas, as fontes fornecem articulações diferentes para a constituição do presente, para a compreensão do passado e para as nossas expectativas futuras. Todo o embaraço em que nos vemos enredado pelo relativismo provém de uma falta de questionamento sobre o que é a história e a temporalidade, ao supor que as transformações do mundo são frutos de meras modificações de idéias próprias a um grupo de sujeitos imbuídos com absoluta liberdade para agir e pensar arbitrariamente.

Heisenberg se volta para o problema concernente à natureza da explicação científica tomando como exemplo os gregos. Qual é o sentido de explicação presente na teoria atomística de Demócrito? Poderiam as pesquisas matemáticas realizadas pelos pitagóricos, ou as suposições de Anaxágoras ser consideradas como ciência? Para o tratamento desse tema, Heisenberg busca em Platão o sentido da palavra conhecimento, seu modo de acesso ao real e a forma de verdade que é capaz de alcançar. Tomando a *República*, mais precisamente o mito da caverna, nosso autor expõe os quatro níveis de conhecimento: *epistéme*, *dianoia*, *pistis* e *eikasia*. Mais preocupado com as duas primeiras formas do conhecimento, que diretamente estariam ligados com a explicação da natureza, Heisenberg apresenta o seguinte exemplo capaz de marcar a diferença existente entre ambas:

Considere um homem, a quem acreditamos conhecer bem, de repente cometendo alguma iniquidade que a primeira vista é incompreensível. Aquele que conhece todos os detalhes do caso pode então nos explicar a razão para a sua ação. Desse modo, nós estamos em uma posição para lidar com todos os argumentos, um após o outro, e eventualmente, após uma minuciosa investigação desses argumentos, nós poderíamos entender o erro que ele cometeu. Esse entendimento corresponde à *dianoia*. Ou alternativamente poderíamos de repente nos dar conta que esse homem *tinha* de agir como o fez. Esse tipo de apreensão pode ser descrita como a *epistéme* de Platão.⁶⁶

Platão oferece em grandes detalhes a explicação sobre a *dianoia*, forma de conhecimento esta que poderia ser alcançada através do estudo da natureza. Tal estudo nos permite apreender as regularidades matemáticas subjacentes à variabilidade dos fenômenos, o que leva Heisenberg a considerar que Platão se atém, no presente caso, àquilo que hoje denominamos como aspecto formal da ciência. Nessa medida, os fenômenos em si são desconsiderados em favor das regularidades matemáticas, porquanto eles apenas seriam acessórios sem importância. Todavia, o conhecimento oferecido pela *dianoia* é apenas o prelúdio para um saber mais fundamental, capaz de nos dar acesso à essência das coisas, a *epistéme*. Caso consideremos historicamente, ao nos voltarmos para as fontes que engendram a ciência desde Tales até os dias de hoje, nós constataremos um constante aumento em nossa capacidade de apreender as regularidades nomológicas dos eventos naturais, ao mesmo tempo em que conferimos unidade a tais leis segundo axiomas simples: a essa faculdade Heisenberg nomeia como *Einsicht*. Entretanto, esse mesmo desenvolvimento histórico nos faz observar que, ao contrário do que foi afirmado por Platão a propósito da ligação entre *dianoia* e

⁶⁶ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p. 32.

epistème, estas duas formas de conhecimento parecem manter uma relação de exclusão. O progresso da ciência, visível pelo alcance de poucos princípios que ligam os mais variados domínios de fenômenos — tais como Física, Química e Astronomia —, talvez requirite a substituição do termo explicação da natureza (*Naturerklärung*) por algo mais modesto como descrição da natureza (*Naturbeschreibung*). Ao substituir a explicação em prol da descrição, Heisenberg apresenta a ciência natural como incapaz de, por um lado, ter em nossos sentidos e formas habituais de representação o critério último que validaria uma teoria científica e, por outro lado, estabelecer que os seus conceitos sejam frutos de um acesso indubitável ao que propriamente é a realidade: enquanto à *Naturbeschreibung* pertenceria o modo de conhecimento descrito pelo termo *Einsicht* (*dianoia*), a *Naturerklärung* pretenderia ter um modo de acesso ao real exemplificado pelo conceito de *epistème*. Ora, mas o nosso autor não intenta esclarecer essa transformação das expectativas em relação à natureza do conhecimento científico por meio de uma teoria do conhecimento, e sim através de uma investigação das razões constitutivas da história da ciência que assinalam para a impossibilidade tanto de teorias que se fundem estritamente em nossa percepção e conceituação cotidianas quanto de uma ciência natural responsável por proferir o que é a realidade em seu todo. O sacrifício dessas pretensões perfaz uma das fontes capitais da ciência moderna, bem como a consistência do seu desenvolvimento.

1.2.2 O segundo sacrifício: a Modernidade

O ponto de partida da física de Galileu é abstrato, e está calcado exatamente na linha que Platão já havia traçado para a ciência. Enquanto Aristóteles ainda descreveu o efetivo movimento dos corpos na natureza e disso postulou, por exemplo, que os corpos leves geralmente caem mais lentamente que os pesados, Galileu se envolveu com uma questão completamente diferente: como os corpos *poderiam* cair se não houvesse resistência do ar? Como os corpos cairão em um espaço vazio?⁶⁷

Ao dar prosseguimento às suas análises sobre os modos de investigação e questionamento da natureza, Heisenberg de pronto destaca uma dentre as várias fontes legadas pela Antiguidade que serviram para a constituição da ciência moderna: o processo abstrativo cuja finalidade é descobrir os princípios gerais que regulam diversos fenômenos, tal como formulou Platão ao tratar da *dianoia*. Em contrapartida, imediatamente é dado o exemplo, através de Aristóteles, do modo de investigação e questionamento que não mais se

⁶⁷ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.34.

configura como elemento crucial para a ciência. Na física aristotélica, o modo de investigação levava em consideração essa efetividade dos fenômenos que, por exemplo, faz com que apreendamos formas diferentes de queda dos corpos conforme a constituição dos mesmos. Também o modo de questionamento dos antigos é abandonado, pelo que aparece na comparação que Heisenberg faz com Galileu, o que se nos apresenta como excelente ocasião para voltarmos à *Física*, de Aristóteles, e assim fixarmos essa grande diferença:

Conhecimento e ciência se produzem, em todas as ordens de investigação nas quais há princípios ou causas ou elementos (com efeito, nós somente pensamos ter apreendido uma coisa quando tivermos penetrado as causas primeiras, os princípios primeiros e até os elementos), por isso é claro que, na ciência da natureza, é preciso se esforçar por definir de início o que concerne aos princípios.⁶⁸

O modo de questionamento representado por Galileu não tem como ponto de partida a descoberta dos princípios gerais que ordenam a totalidade da natureza, porquanto a questão de *como* se dão os processos naturais tem maior relevância se comparada à questão das razões pelas quais a natureza procede de uma determinada forma e não de outra. É evidente que Galileu se perguntará pelos princípios gerais que regulam a queda dos graves, mas o seu modo de investigar não está voltado para a descoberta de algo como a essência última da realidade; e nem mesmo a sua maneira de questionar tem como foco a natureza tal como se nos apresenta. Lançando a pergunta sobre como os corpos cairiam se não houvesse a resistência do ar, ou indagando sobre como os corpos cairão em um espaço vazio, Galileu toma como partida a sujeição da natureza a condições extremas, cuja finalidade é suprimir as variáveis que interferem no fenômeno que especificamente se deseja analisar. Por certo que tal controle gera a condição para a formulação de leis matemáticas precisas, mas que, em contrapartida, somente de forma aproximativa podem ser aplicadas aos fenômenos para além de um ambiente experimentalmente preparado: conseqüentemente, as leis somente podem ser verificadas com rigor quando a natureza é submetida a condições extremas. Essa idealização da natureza, representada tanto pelas condições extremas presentes na experimentação quanto no rigor das leis formuladas, requisita por parte dos conceitos que servirão de axiomas para as leis um afastamento da nossa lida cotidiana com a natureza, bem como do nosso modo de percepção comum. O leitor deve atentar bem para o fato de que, se para Aristóteles o passo inicial de questionamento sobre a natureza se dirige para a busca dos princípios fundamentais,

⁶⁸ ARISTÓTELES. *Physique*. Texto estabelecido e traduzido por Henri Carteron. Paris: Les Belles Lettres, 1926. passo 184a 10-15

já o modo de questionar presente em Galileu parte das condições que gerarão um modo de acesso adequado para o alcance de princípios reguladores da natureza, e não referentes à essência última da realidade física. Ora, não é o caso de se imaginar que os gregos desconhecêssem a necessidade de se investigar empiricamente determinados fenômenos para assim obter as regras que os conformam, visto que mesmo em Aristóteles alguns princípios não são alcançáveis puramente pela razão e pela observação. A grande diferença entre Aristóteles e Galileu consta no processo de matematização da natureza, fato este que não deve ser tomado como um simples clichê, visto que no interior dessa expressão há uma série de conceitos que marcam a diferença entre ambos os autores. Fizemos questão de usar Heidegger como epígrafe do nosso trabalho exatamente porque em sua declaração ocorre a indicação de um ponto conceitual chave para a compreensão desse projeto matemático: o conceito de experiência. Caso nos voltemos para Aristóteles, particularmente no livro I da *Metafísica*, constataremos que a responsabilidade pela unidade da experiência recai sob a memória: o que significa dizer que a experiência é uma unidade elaborada pelo homem a partir daquilo que se lhe apresenta. Nessa medida, para que obtenhamos conhecimento da ordem do mundo e da sua unidade não bastará a experiência, visto que tal ordenação está calcada nos princípios, nas causas e nos elementos. Nem mesmo a ciência da física é suficiente para uma verdadeira apreensão dos princípios últimos que perfazem a totalidade, visto que esses são objetos concernentes à filosofia primeira, da qual o físico já teria que ter conhecimento ao iniciar suas investigações. Em Galileu, a simples idéia de uma natureza cuja ordem se manifesta matematicamente não é suficiente para a compreensão dos elementos cruciais que constituem a ciência moderna. Em verdade, o projeto matemático da natureza significa uma transformação do conceito de experiência, cuja unidade não é mais conferida por uma elaboração mnemônica do homem, mas sim pela liga oferecida pelas leis matemáticas constitutivas do mundo. A liga da experiência conferida pela lei matemática é a condição de possibilidade e de necessidade do experimento. Será a idealização promovida pelo experimento que dará a medida, não somente no sentido das medidas matemáticas expressas nas leis, mas sim a medida daquilo que é simplesmente variável contingente sobre o fenômeno a ser analisado, daquilo que provém como interferência inapropriada do homem que obscurece a pureza do fenômeno, daquilo que é o âmbito específico de aplicação das leis e do conjunto de fenômenos que as mesmas regulam: eis aqui o sentido de medida que o experimento confere⁶⁹.

⁶⁹ Desse modo, o sentido de experimento ultrapassa a concepção trivial do mesmo como simples

A mais famosa descoberta de Copérnico também foi consequência do percurso representado por Galileu, visto que o movimento dos planetas ao redor do Sol é formulado de modo mais simples e unificado se comparado ao modelo ptolomaico. Contudo, o desenvolvimento crucial foi alcançado por Newton, cuja contribuição fundamental foi a de unificar vários domínios da experiência, tais como a queda dos graves e o movimento dos planetas, segundo leis calcadas em axiomas simples. Esses mesmo axiomas concluíram o fim das diferenças nomológicas entre a região terrena e a celeste, promovendo assim a unidade da ordem do mundo que é o objetivo mesmo da investigação científica. É neste momento que reclamamos ao leitor um minuto de espanto, sob pena de não compreender a importância da descoberta de Newton e sua relação com as fontes que constituíram a ciência moderna. Tal espanto somente surge ao se formular a pergunta sobre a razão pela qual o mundo é passível de receber uma unificação a partir de axiomas simples. Talvez a pergunta também possa ser formulada de maneira a se buscar o fundamento último que confere a ligação entre fenômenos diversos. Em Newton, particularmente no Escólio Geral dos *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, há o apelo para um autor supremo do mundo, Deus, como o responsável pela regularidade das leis da natureza e pela manutenção da ordem do cosmos. Contudo, a participação desse ser, bem como a essência última que ligam os diversos fenômenos celestes e terrestres, não precisa integrar as leis que explicam o sistema do mundo. Por certo que, em Newton, a idéia de Deus se nos apresenta a partir da ordem manifesta no mundo, e por isso ele seria objeto de estudos da filosofia natural, mas somente na medida em que a ordenação indicasse o quão é sumamente perfeito esse ser que criou a natureza. O que nós desejamos dizer é que o conhecimento sobre Deus não é indispensável para o estudo da natureza e para a formulação das leis que a regulam, assim como não é indispensável o conhecimento da essência de um fenômeno, tal qual a gravidade, para o estudo de suas leis:

Mas até aqui não fui capaz de descobrir a causa dessas propriedades da gravidade a partir dos fenômenos, não construo nenhuma hipótese; pois tudo que não é deduzido dos fenômenos deve ser chamado uma hipótese; e as hipóteses, quer metafísicas ou físicas, quer de qualidades ocultas ou mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental. Nessa filosofia as proposições particulares são inferidas dos fenômenos, e depois tornadas gerais pela indução. Assim foi que a impenetrabilidade, a mobilidade e a força impulsiva dos corpos, e as leis do movimento e da gravitação foram descobertas. E para nós é suficiente que a gravidade

manipulação, o que nos permite falar de experimento dando a medida no caso da Astronomia, na qual não podia haver verificações *in loco*.

realmente exista, aja de acordo com as leis que explicamos e que sirva abundantemente para considerar todos os movimentos dos corpos celestes e de nosso mar.⁷⁰

Esse ato de sacrificar a busca pelo fundamento último que seria capaz de oferecer a razão da ordem da natureza e a essência da mesma motiva Heisenberg a se perguntar sobre em qual sentido o sistema do mundo newtoniano oferece uma explicação da natureza mais profunda do que aquela apresentada pelo *Timeu*, de Platão. A esse problema, Heisenberg oferece a seguinte resposta:

Essa moderna descrição é diferente da mais antiga principalmente em três aspectos característicos. Ela coloca a argumentação quantitativa no lugar da qualitativa, remete diferentes tipos de fenômenos a uma mesma origem, e não mais considera a questão do por quê. Com relação a esse sacrifício, é característico que, por exemplo, cientistas do período romântico não estivessem satisfeitos com a teoria newtoniana; e que um reconhecido cientista como Lorenz Oken tentasse substituir essa teoria por uma mais “viva”.⁷¹

As declarações de Heisenberg acima apresentadas devem ser tratadas com muito cuidado. Em primeiro lugar, de imediato se objetaria o nosso autor com algumas constatações provenientes da história da filosofia e da ciência, particularmente no que tange à busca por princípios que fundamentassem a ordem do mundo. Temos em Descartes e Leibniz, a fim de citar apenas dois, para os quais o conhecimento do que seja deus, ainda que dentro dos limites impostos pela finitude humana, é algo essencial para o desenvolvimento da ciência. Heisenberg em nenhum momento renegou a existência dessas figuras, mas o que é objeto das suas análises se refere àquelas fontes que passaram a constituir o modo como fazemos ciência hoje. Seria um absoluto despropósito dizer que nas origens da ciência moderna a pergunta pela razão da ordem do mundo simplesmente desapareceu: ela, em verdade, foi continuamente relegada como matéria pertinente à metafísica, domínio este sobre o qual a ciência não seria capaz de estabelecer verificações ou justificar o seu valor de verdade. O fim da pergunta pelo fundamento último de ordem do real no interior da ciência não se deu como um simples emudecer de filósofos ou cientistas, mas foi o resultado de uma transformação no modo de questionar e investigar a natureza cuja fonte pode ser representada por figuras como Galileu, que a título de marco poderia ser tomado como o inaugurador de um espaço-tempo

⁷⁰ NEWTON, Isaac. “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, in *Coleção Os Pensadores*. Tradução de Carlos Lopes de Mattos, Pablo Rubén Mariconda e Luiz Pessoa. São Paulo: Editora Nova Cultural, 2000. pp.258-59.

⁷¹ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.36. A título de esclarecimento, cabe explicitar que Lorenz Oken (1779-1851) foi um renomado entomologista alemão, responsável pela tese de que todos os seres vivos eram compostos por infusórios, termo este que então designava os organismos unicelulares.

que acaba por re-estruturar as fontes que nos alimentam na lida com a natureza. O sacrifício ao qual Heisenberg faz menção é a principal referência de um rumo tomado pela ciência que dá um caráter diferente, em relação aos antigos, no que diz respeito ao nosso modo de constituir os conceitos em parceria com os eventos da natureza: exemplo disso já foi dado quando brevemente tocamos no conceito de experiência. Para que tomemos real noção sobre o que seja esse sacrifício característico dos tempos modernos, não basta que tratemos das transformações na investigação da natureza sem levar em conta a transformação operada no sentido do que seja o próprio homem. Como bem dissemos anteriormente, se há uma co-constituição entre modo de conceituação e eventos da natureza, isso implica dizer que a modificação no sentido desses eventos também condiciona uma alteração na auto-compreensão do homem. Esse espaço-tempo que estrutura a ciência moderna instaura uma relevância do homem no seu aspecto cognitivo, por meio do qual as características morais, políticas, estéticas e afetivas são relegadas como elementos secundários na compreensão da natureza: em última instância, esses elementos não participam da descoberta do que seja a verdade. Apenas para oferecer um exemplo, o conceito de experimento proveniente de um alquimista é absolutamente diferente do conceito de experimento próprio à ciência moderna. A realização de um experimento alquímico tem como propósito a concomitante transformação da matéria e da alma humana, sendo esse procedimento um meio de alcançar, a um só tempo, um maior conhecimento sobre o mundo e sobre si mesmo. O problema do abandono da questão que concerne às razões da ordem do mundo não deve ser tomado da maneira simplória segundo a qual, num determinado instante, a ciência se calou sobre esse tema. Em verdade, quando se trata de investigar a trajetória da questão, o mais fundamental é diagnosticar as modificações das bases a partir das quais a pergunta é formulada. Talvez se nos pareça trivial, mas ao colocar o problema do princípio de ordenação do real, e sobre a essência da realidade, tendo por base a idéia de um deus criador, a eternidade do mundo ou a investigação da estrutura de conhecimento humano, já apontamos para caminhos completamente diversos, que resultarão em redes conceituais diferentes que abarcarão o sentido do que seja homem, natureza, afetos, moral, etc. Nós dizemos isso porque será a transformação na rede conceitual que, progressivamente, requer da ciência o abandono dessa questão fundamental: como veremos mais adiante, a título de exemplo, na transformação dos conceitos que dão base para a pergunta sobre a inteligibilidade do mundo e de seu fundamento. Como será possível manter essa pergunta tendo como suporte o conceito de uma racionalidade transcendental, quando os conceitos de substância, causalidade, propriedade e fenômeno são completamente transformados ao longo das pesquisas científicas? Como supor

que mesmo o princípio de identidade é uma das bases capitais seja cognitiva, seja constituinte do mundo, quando nos deparamos com fenômenos atômicos aos quais esse princípio não é aplicável?

Já sobre aquele outro aspecto do sacrifício, que diz respeito à substituição do qualitativo em prol do quantitativo, devemos também tomar cuidado. Em primeiro lugar, tal substituição principalmente significa a não integração do homem no processo explicativo do sistema do mundo, movimento este cuja ocorrência também foi paulatina. Quando o macrocosmo não se deixa mais refletir no microcosmo humano; quando o mundo deixa de ser signo de Deus, por meio do qual ele também pode se revelar ao homem e indicar a promessa de salvação; quando o mundo passa a ser concebido como uma máquina regulada por leis eternas que são absolutamente indiferentes ao homem, então é posto um abismo entre o humano e o natural. Provavelmente se conceberia os impulsos do romantismo como uma açodada tentativa de animar o mundo, a fim de que o homem, por assim dizer, se sentisse novamente em casa. Compreender isso em termos de animismo é simplesmente uma pobreza investigativa absoluta. Em primeiro lugar, o que românticos como Lorenz Oken tentavam fazer era transferir um conceito científico novíssimo, o de organismo como um sistema, para a compreensão do cosmos. Como isso, o homem seria novamente reintegrado ao sistema do mundo, visto que ele representaria um dos órgãos que estão unidos ao sistema que regula o todo, assim como o todo seria afetado pelas ações desse órgão: dessa maneira, o funcionamento do mundo deixaria de ser indiferente ao humano. Para além da relação entre quantitativo e qualitativo que envolve a mecânica, Heisenberg também a encontra na óptica. A luz — que na imediatidade da nossa percepção se afigura como um elemento simples — é decomposta por Newton em um espectro de diferentes cores. Já em Huygens, a luz é caracterizada como o resultado de ondas propagadas por um meio chamado éter. Por fim, em Maxwell, o movimento da luz é interpretado como oscilações de um campo eletromagnético no espaço vazio. Para Heisenberg, esse curso da óptica é um dos elementos que comprovam a contínua abstração que impossibilita as requisições por um entendimento imediato e através de nossas percepções sobre o que seja a natureza. Por outro lado, Maxwell igualmente é um exemplo de como a ciência foi capaz de remeter diversos eventos, como os ópticos, magnéticos e elétricos, para um conjunto simples de leis que os unificam. Ora, o afastamento de uma explicação imediata do que seja a luz pode, por exemplo, permitir que um cego tenha uma compreensão cientificamente adequada desde evento tanto quanto uma pessoa dotada de visão. Contudo, essa perda de imediatidade — que em verdade significa uma perda na

explicação do modo como a luz nos afeta e das impressões que ela gera em nós durante a sua experiência — acabou por gerar pesadas críticas sobre a matematização e abstração constitutivas da ciência moderna, como é o caso daquelas proferidas por Goethe contra a teoria das cores newtoniana, e mesmo contra o seu sistema do mundo. Heisenberg, nessa conferência que aqui tratamos, apenas diz que as objeções de Goethe deveriam ser atentamente consideradas, mas essas críticas, e outras semelhantes proferidas por diversos autores, não foram suficientes para obstar o curso consistente da ciência⁷². Curiosamente, Heisenberg não atribui essa condição inabalável do desdobramento das ciências naturais como algo proveniente tão-só das sólidas bases conceituais que as constituem, mas igualmente das conquistas tecnológicas sustentadas por esses conceitos.

Com a unificação dos domínios da mecânica por Newton, com a unidade conferida aos domínios da eletricidade e do magnetismo pelas leis de Maxwell, e com o crescimento das pesquisas no âmbito da química no início do século XIX, as atenções novamente se voltaram para o conceito de matéria. O legado da teoria atomística deixada pelos gregos encontra um dos seus maiores herdeiros em Gassendi, ao qual muito se deve a propagação dessa idéia já no século XVII. Por meio dos seus herdeiros, os vários estados da matéria foram explicados conforme maior ou menor união dos átomos, da mesma maneira que a densidade, a forma e o movimento foram remetidos à configuração geométrica assumida pelos agregados atômicos. No século XIX, a temperatura passa a integrar o conjunto dessas qualidades que podem ser remetida ao átomo. Antes tida como uma substância a parte, o calor passa então a ser explicado como a energia mecânica dos átomos, que nos corpos mais quentes se movimentam com maior intensidade, o que acaba por imprimir em nós a sensação de calor. Sob tais bases, aquilo que antes era considerado como uma simples qualidade secundária passa a integrar o conjunto dos eventos característicos da matéria que são passíveis de uma análise quantitativa. Ora, mas também as qualidades expressas nas transformações químicas podem ser remetidas às alterações nas configurações dos agregados atômicos, assim como a constituição deste último começa a se revelar por meio da eletrólise e dos fenômenos radioativos, que trazem à luz elementos como o elétron e o próton. Concomitantemente, o modelo atômico de Bohr iniciou o caminho capaz de explicar a natureza de todos os elementos químicos, na mesma medida em que ofereceu as razões para os específicos espectros de luz que são emitidos por cada elemento químico. Aparentemente, o projeto lançado por Demócrito alcançou a sua

⁷² Trataremos em nosso segundo capítulo das relações entre Newton e Goethe.

cabal realização na teoria atomística moderna; talvez mesmo aqueles filósofos modernos que encontravam nas qualidades primárias, geralmente passíveis de análise matemática, as propriedades fixas que caracterizariam a matéria igualmente tenham atingido os seus objetivos por meio da física moderna. Todavia, somente sob a pena de um grande sacrifício gregos e modernos atingiram a realização de suas expectativas:

De acordo com Demócrito, os átomos perderam as qualidades como cor, sabor, etc., eles apenas ocupavam o espaço, mas asserções geométricas sobre os átomos eram admissíveis e não requeriam análises mais extensas. Na física moderna, os átomos perderam essa última propriedade, eles não possuem qualidades geométricas em maior grau do que a cor, o sabor, etc. O átomo da física moderna somente pode ser simbolizado por uma parcial equação diferencial num abstrato espaço multidimensional. Somente o experimento de um observador força o átomo a indicar uma posição, uma cor e uma quantidade de calor. *Todas* as qualidades de um átomo da física moderna são derivadas, não há de todo propriedades físicas *imediatas e diretas*, i.e. todo tipo de concepção visual que nós desejemos projetar é, *eo ipso*, defeituosa.⁷³

Logo em seguida, Heisenberg afirma que um conhecimento de “primeira ordem” sobre o átomo, tal como o modelo platônico da *epistême*, praticamente é impossível. Algo como uma clara representação até mesmo segundo os modelos geométricos se faz irrealizável nesse caso, ou ainda a tentativa de designar as propriedades constitutivas do átomo, como se fosse possível revelar a sua essência, vê-se aqui abalada, visto ser necessário o procedimento experimental para que essas características se efetivem. Notemos bem que essas características dos átomos e dos seus elementos não desaparecem simplesmente, mas sim que o processo de observação marca a sua emergência. Por certo que podemos identificar o elétron segundo o seu spin, mas isso não significa a possibilidade de estabelecer a identidade de elétrons individuais em um átomo: também será pelo processo experimental que esse elemento adquirirá individuação. Diante disso, a própria idéia do átomo como uma substância, cujo conjunto de propriedades intrínsecas nos é cognoscível, não pode ser sustentada. Como diz Heisenberg:

Como Bohr enfatizou, não é mais correto dizer que as qualidades dos corpos foram reduzidas à geometria dos átomos. Ao contrário, o conhecimento da cor de um corpo somente é possível a expensas do conhecimento do movimento atômico e eletrônico no interior do corpo. Em contrapartida, um conhecimento do movimento eletrônico impõe o sacrifício do conhecimento da cor, energia e temperatura. Ambos esses somente podem ser reduzidos à

⁷³ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p. 38. Grifos no original.

matemática do átomo. Na moderna teoria atômica, nenhuma propriedade do corpo que afete os sentidos é aceita sem ser analisada, nem sem ser transferida automaticamente para as menores partículas da matéria.⁷⁴

Não se pode deixar de constatar que a maior força constitutiva das ciências naturais está na capacidade manifesta, já tão exemplar em Newton, de unificar diversos campos da experiência, a partir de conceitos axiomáticos e leis matemáticas. Ao mesmo tempo, esse caminho parece ter quebrado com uma série de conceitos que julgávamos com a essência mesma da matéria e da natureza, desde aquelas idéias que estabeleciam as qualidades sensíveis como o mais efetivo no real, quanto aquelas que, já num âmbito superior de abstração, tomavam a essência das coisas segundo a substância atômica, propriedades geométricas, distinção entre qualidades primárias e secundárias, individuação. Para Heisenberg, a física moderna continua a seguir os passos da unificação da nossa experiência, mas a ciência teve que sacrificar as esperanças de conhecer de modo imediato e direto a essência do mundo: tanto no sentido de um acesso à essência do real, quanto no sentido de uma aproximação às nossas formas costumeiras de representação. Bem nota o nosso autor que, tomar essa forma de explicação da natureza por parte da física moderna como suficiente, depende das exigências individuais e epocais, mas com absoluta certeza não se pode afirmar que a descrição matemática da natureza seja a única fonte de conhecimento sobre a mesma, assim como não se deve depositar em uma filosofia especulativa, no sentido de que esteja apartada do conhecimento das leis oriundas da ciência, a possibilidade de conhecer a realidade. Entretanto, mesmo que a ciência não seja um modo privilegiado de acesso ao real, não há como negar que esse esforço humano por explicar a natureza, o qual ela representa, abriu novas formas de pensamento, novos modos de questionar e de investigar a natureza, novas formas de compreender o que seja a experiência e novos conceitos, assim contribuindo muito para os mais diversos campos das atividades humanas que requisitam o entendimento do mundo natural.

⁷⁴HEISENBERG, Werner. *Idem*. p. 39.

2 TRANSFORMAÇÃO DAS IDÉIAS E UNIFICAÇÃO

Em sua objetividade nas ciências modernas, a natureza se reduz a um modo em que e como o vigente, de há muito chamado φύσις, se manifesta e se oferece ao processamento científico. Esta objetividade nunca pode abarcar toda a plenitude essencial da natureza ainda que o domínio de objetos da física seja uniforme e concluso em si mesmo. A representação científica nunca é capaz de evitar a essência da natureza porque, já em princípio, a objetividade da natureza é, apenas, um modo em que a natureza se ex-põe. Para a ciência física, a natureza permanece, portanto, incontornável. Esta palavra indica aqui duas coisas: por um lado, que não se pode contornar a natureza, no sentido de a teoria nunca poder passar à margem do vigente, permanecendo sempre dependente da sua vigência; por outro lado, não se pode contornar a natureza, no sentido de a própria objetividade impedir que a representação e certeza da ciência possa abarcar um dia toda a plenitude da natureza. É o que tinha em mente Goethe em sua malograda polêmica com a física de Newton. Goethe ainda não podia perceber que mesmo sua representação intuitiva da natureza ainda se movia no meio da objetividade, na relação de sujeito-objeto, não sendo, por isso, em princípio, diferente da física e metafisicamente a mesma coisa. A representação da ciência, por sua vez, nunca poderá decidir se, com a objetividade, a riqueza recôndita na essência da ciência não se retira e retrai ao invés de dar-se e se deixar aparecer. A ciência nunca pode fazer esta pergunta e, muito menos, questionar esta questão. Na condição de teoria, já se instalou na região da objetividade.

HEIDEGGER, Martin. *Ciência e pensamento do sentido.*

Em cinco de maio de 1941, na Sociedade para a Colaboração Cultural, Heisenberg pronuncia a conferência intitulada *As Lições de Goethe e Newton sobre as Cores à Luz da Física Moderna*. Ainda no mesmo ano, em 26 de novembro, nosso autor apresenta em Leipzig a conferência intitulada *Sobre a Unidade da Imagem Científica da Natureza*. O primeiro texto é uma tentativa de reconciliar as teorias de Goethe e Newton sobre as cores, tendo como mediação as descobertas de física moderna. Contudo, para dirimir os conflitos entre esses autores, Heisenberg terá que passar por uma série de problemas, que se refere à divisão dos entes em campos de conhecimento e atuação promovida tanto pelas ciências naturais quanto pelas humanidades. Como bem assinalou Heidegger em nossa epígrafe, a disputa entre Newton e Goethe tinha como pontos-chave a requisição por um conhecimento mais vivo, ou melhor, intuitivo do mundo natural, em contraposição à extrema matematização

e abstração presentes nas teorias newtonianas. Lembremos que os ataques da Física Ariana contra a física teórica tinham como um dos seus princípios fundamentais a exigência por teorias que apresentassem a natureza por intermédio de conceitos próximos à intuição cotidiana. Ainda que defensores dos conceitos clássicos, os partidários de uma ciência ariana igualmente se valiam de Goethe como representante de um conhecimento que poderia derrubar as abstrações da física moderna⁷⁵. Aqui nos deparamos com um ponto que nos obriga a voltar ao nosso primeiro capítulo, mas através de um caminho metodológico diferente.

Como verificamos anteriormente, a disputa encarnada nos textos de Heisenberg, Lenard e Stark concernia à posse da tradição proveniente da física clássica, tradição esta que deve ser compreendida como o seu conjunto conceitual-metodológico. É esse conjunto que participa da constituição de um modo específico de questionar e investigar a natureza, ao qual Heisenberg se refere como método de pensamento. Nosso autor defende a permanência dos conceitos clássicos no interior da física moderna, já que eles representariam casos limites em relação aos conceitos da teoria da relatividade e da mecânica quântica. Deste modo, em nosso primeiro capítulo, estávamos diante de uma disputa pela história da própria física. Todavia, na conferência sobre as teorias das cores, tal disputa alargará o seu campo, e então concernirá à cultura e à ciência em geral. Tal fato se dará exatamente por intermédio de Goethe, talvez o representante máximo da cultura e da formação alemã. O alargamento do campo de disputa é o ponto que proporciona uma virada metodológica em nosso texto, cuja ocorrência já foi assinalada em nossa introdução geral. Por certo que não abandonaremos a exposição histórica das transformações ocorridas na física, porquanto seja este o caminho investigativo assumido por Heisenberg em todas as conferências que a nossa dissertação se propõe trabalhar. Agora nos voltaremos para uma análise mais minuciosa dos modos de investigação pertencentes tanto à física clássica quanto à física moderna, ainda que os seus esboços já estejam presentes em nosso capítulo anterior.

A necessidade dessa virada metodológica primeiramente se mostra por intermédio da nossa epígrafe. Heidegger assinalou que a disputa por uma ciência de caráter intuitivo ou abstrato, manifesta na polêmica entre Newton e Goethe, ocorre no interior mesmo do conceito de objetividade. Também como destaca esse autor, a objetividade é *um modo* por meio do qual a ciência representa — e faz se apresentar — a natureza. Quando ali nos deparamos com a alegação de que Goethe e Newton compartilham das bases físicas e metafísicas encerradas

⁷⁵ Sobre o uso de Goethe nas ciências naturais durante o regime nazista, conferir: PROCTOR, Robert N. *Racial Hygiene: Medicine under the Nazis*. Harvard: Harvard University Press, 2000.

no conceito de objetividade, então somos convocados à investigação detalhada do que seja a objetividade e as idéias que dela participam. Como já foi destacado na nota 56 dessa dissertação, entendemos por metafísica o conjunto das determinações que caracterizam o ente em sua totalidade⁷⁶, ao mesmo tempo em que decide sobre a caracterização da especificidade do ente humano em relação ao demais, bem como sobre os seus modos de relacionamento com o mundo. As determinações provenientes da metafísica são responsáveis por fixar tanto conceitualmente quanto por meio da ação os modos de aparecimento da natureza e do homem. Na citação que fizemos de Heidegger, temos destacada a objetividade como um dos modos de aparecimento da natureza. Faz-se necessário então analisar a constituição da objetividade, tendo por base a co-determinação entre conceituação da natureza e lida com a mesma. Por fim, o problema da objetividade nos obriga a refletir sobre um ponto muito obscuro deixado em nosso primeiro capítulo, no qual expusemos que, para Heisenberg, a ciência não pode conhecer a essência última do real. Evidentemente, todo o ponto obscuro repousa sobre a relação entre o modo de conhecimento da ciência, calcado na objetividade, e as noções de realidade e essência. Nossa guinada metodológica segue a necessidade de pensar o que seja realidade e essência, ao mesmo tempo em que segue a virada executada por Heisenberg no interior das suas conferências, nas quais a realidade passa a ser o produto de um laço entre três instâncias: rede conceitual, modo de investigação e questionamento da natureza e abertura de campos de eventos. É aqui que vislumbramos a reviravolta, visto que o real não é mais compreendido como o ponto que decide sobre as três instâncias, mas sim que por elas é decidido.

Essa modificação na compreensão da realidade não somente serve para conciliar Goethe e Newton, mas também para apresentar o problema da unidade da imagem científica da natureza. Lembremos que no capítulo anterior apresentamos uma requisição de Heisenberg concernente ao novo modo pelo qual as diversas ciências deveriam se reunir, porquanto a física moderna serviria como indicação para uma nova arquitetura do conhecimento. O segundo texto ao qual dedicaremos as nossas investigações, intitulado *Sobre a Unidade da Imagem Científica da Natureza*, trata exatamente da relação que os conceitos da física moderna possam vir a ter com outros campos do conhecimento. Heisenberg questiona a

⁷⁶ Não se deve crer que passamos por cima de um problema filosófico capital, concernente ao modo como ocorre para o humano a totalidade, ou seja, a abertura para o todo do ente. A investigação desse ponto não será realizada em nossa dissertação, nem mesmo é necessária, visto o nosso trabalho se volta para uma instância que previamente já tem esse problema como o já resolvido e, ao mesmo tempo, como o não questionado: as ciências. O único momento em que será aberto o caminho para essa investigação ocorrerá em nossa conclusão, quando então formularmos o problema da orientação.

mencionada divisão dos entes em campos específicos, demonstrando ao mesmo tempo como os conteúdos das ciências naturais, no século XX, podem se constituir como unidade sem que caiamos na tentativa de reduzir uma região de pesquisa à outra.

2.1 A querela entre Newton e Goethe: posição dos problemas

Ao iniciar sua conferência sobre a teoria das cores em Newton e Goethe, Heisenberg faz a seguinte distinção: entre aquele que deseja avançar no interior da ciência e aquele que deseja constatar o progresso realizado pela ciência como um todo. No primeiro caso, aquele que deseja progredir no interior da ciência deverá concentrar as suas forças no pequeno círculo de um projeto que tenha em vista. Já no segundo caso, para constatar os avanços na ciência, faz-se necessário comparar as tarefas erguidas pela pesquisa científica em momentos diferentes, tendo como base as modificações que um grande problema tenha sofrido durante décadas ou séculos. Nós devemos observar, porém, que a distinção realizada por Heisenberg não está calcada na separação entre o cientista, que dedica as suas forças a uma determinada tarefa, e o historiador da ciência, que supostamente teria a função de fazer o levantamento dos progressos alcançados. Em realidade, a diferenciação feita pelo nosso autor tem como base o modo como um problema é abordado. O campo específico, ao qual aquele que deseja fazer progredir a ciência dirige as suas forças, é a base sobre a qual um problema é estabelecido e poderá encontrar a sua resolução. Em contrapartida, aquele que deseja investigar o progresso da ciência como um todo se volta para os diferentes modos como um problema foi apresentado, bem como para as suas transformações ao longo do tempo. Um problema pode ser tratado a partir do pano de fundo dado pelo campo específico, donde provêm as ferramentas conceituais para a sua resolução, ou ser investigado segundo os diferentes modos com os quais foi tratado, mesmo que já tenha sido resolvido em um campo específico. Ao se deslocar um problema ao longo de diferentes campos, é possível que ele apareça sob uma nova luz, indicando matizes daquilo que se mantém como não resolvido e diferentes formas de solução. O principal problema que será analisado ao longo da conferência é formulado da seguinte maneira:

O contínuo movimento da ciência moderna em direção a um controle abstrato da natureza, afastado da apreciação baseada na experiência comum, chama novamente a lembrança do grande escritor que, há mais de cem anos, ousou lutar por uma ciência mais “viva” no campo da teoria das cores.

Heisenberg reconhece que no interior da teoria das cores a disputa entre Newton e Goethe acabou. Por certo que Goethe, com a sua teoria, trouxe grandes contribuições para a arte, a fisiologia e a estética. Porém, no que concerne à pesquisa dos fenômenos físicos, ou seja, ao estabelecimento de sua natureza, Goethe estava errado. A vitória coube a Newton, cuja teoria, baseada em conceitos abstratos, serviu como base para o curso das pesquisas e para o controle da natureza. Todavia, para Heisenberg, esses conceitos que fogem à experiência comum, também eles responsáveis pela formação da física nuclear, podem lançar um novo pano de fundo para que a disputa entre Newton e Goethe seja compreendida. Temos diante de nós, imediatamente, pelo menos três problemas os quais serão iluminados pela física moderna: 1) o caráter abstrato dos conceitos da física e a requisição por uma ciência mais viva; 2) a natureza da luz; 3) a possibilidade de reconciliar Newton e Goethe. Neste momento, nós desejamos compreender o sentido do primeiro ponto apresentado, do qual serão derivados os dois últimos nas seções seguintes.

As requisições de Goethe por uma ciência mais viva podem ser aproximadas aos ataques da Física Ariana à física teórica. Contudo, a constatação do caráter abstrato da teoria newtoniana, bem como a verificação daquilo que há de problemático em tal condição, pode ser encontrada em autores que não se deixam classificar como românticos ou como partidários de Lenard e Stark:

Entretanto, há algo pelo qual Newton — ou, melhor dizendo, não Newton isoladamente, mas a ciência moderna em geral — ainda pode ser responsabilizado: a divisão do mundo em dois. Afirmei que a ciência moderna derrubou as barreiras que separavam o céu e a Terra; uniu e unificou o universo. É verdade. Mas, como também afirmei, ela o fez substituindo nosso mundo da qualidade e da percepção sensorial, o mundo em que vivemos, amamos e morremos, por um outro mundo — o mundo da quantidade, da geometria reificada, um mundo no qual, embora exista lugar para tudo, não há lugar para o homem. Assim, o mundo da ciência — o mundo real — foi afastado e profundamente divorciado do mundo da vida, que a ciência não conseguiu explicar nem tampouco tornar compreensível, ao chamá-lo de “subjetivo”.

É verdade que esses mundos são cotidianamente — e até cada vez mais — ligados pela *práxis*. Mas, no que diz respeito à *teoria*, são divididos por um abismo.

Essa é a tragédia da mente moderna, que “resolveu o enigma do Universo”, mas apenas para substituí-lo por outro enigma: o enigma de si mesma.⁷⁷

Koyré indica o caráter abstrato das teorias newtonianas, assim como da ciência moderna em geral, por meio de uma cisão entre homem e mundo, ou melhor, entre subjetivo e objetivo. O ponto central dessa cisão não deve ser alocado no conflito entre quantitativo e qualitativo, como se uma teoria que não se valesse da matemática, como é o caso da física aristotélica, fosse menos abstrata do que a teoria newtoniana. O grande problema da ciência moderna é sua abstração em relação ao homem, visto que a explicação sobre o funcionamento do mundo não é capaz de desvendar o sentido daquele mundo no qual vivemos, amamos e morremos. Por mais equivocada que a Física Ariana tenha se mostrado, um dos seus objetivos capitais era reconciliar esses dois mundos, através do conceito de raça. Seria a teoria racial que explicaria as diferenças físico-mentais dos seres humanos, na mesma medida que seria responsável por oferecer as razões em relação às diferenças morais e ao progresso cultural entre os povos. Além disso, a teoria científica estaria subordinada ao conceito de raça, visto que somente um tipo humano específico estaria capacitado para alcançar a verdade sobre o mundo natural. Assim sendo, os planos do objetivo e do subjetivo são remetidos a uma instância que os unifica, por intermédio da suposta chancela científica que a idéia de raça ofereceria. Neste caso, para dizer metaforicamente, é como se no próprio mundo estivessem inscritas as possibilidades de conduta humana e as suas motivações. A teoria de Goethe sobre as cores também tenta conciliar os planos objetivo e subjetivo, como podemos contatar na própria divisão da obra. Por mais que os fenômenos subjetivos sejam produtos de uma ilusão, o núcleo explicativo se mantém o mesmo em relação aos fenômenos objetivos, ou seja, a mistura entre claro e escuro. Tão somente essa explicação da natureza da luz é suficiente para ligar os mais diferentes campos, tais como a filosofia, a história natural, a técnica de tintura, a fisiologia, etc. Para além desses campos, Goethe também explica os efeitos sensíveis e morais que as cores provocam sobre os homens, elaborando hipótese sobre as quais mesmo Kant já havia especulado em sua *Crítica da Faculdade do Juízo*:

Os atrativos na bela natureza, que tão freqüentemente são encontrados como que amalgamados com a bela forma, pertencem ou às modificações da luz (na coloração) ou às do som (em tons). Pois estas são as únicas sensações que permitem não somente um sentimento sensorial, mas também reflexão sobre a forma destas modificações dos sentidos, e assim

⁷⁷ KOYRÉ, Alexandre. “O significado da síntese newtoniana”. In: Newton: textos, antecedentes, comentários. Textos escolhidos e organizados por Bernard Cohen e Richard Westfall. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2002. pp. 99-100.

contém como que uma linguagem que a natureza dirige a nós e que parece ter um sentido superior. Assim a cor branca dos lírios parece dispor o ânimo para idéias de inocência e, segundo a ordem das sete cores, da vermelha até a violeta: 1. à idéia de sublime; 2. de audácia; 3. de franqueza; 4. de amabilidade; 5. de modéstia; 6. de constância e 7. de ternura.⁷⁸

Em Kant, as cores recebem a metáfora de uma linguagem por meio da qual a natureza falaria sobre as nossas idéias morais, como se o próprio mundo manifestasse a unidade entre objetivo e subjetivo. Esse aspecto dos efeitos das cores sobre o homem em nenhum momento entra em consideração na *Óptica*, de Newton. Essa ausência talvez possa ser explicada por um cientista, que também tratou das disputas entre Newton e Goethe: Hermann Von Helmholtz.

Na primavera de 1853, diante da Sociedade Germânica de Königsberg, von Helmholtz pronuncia a conferência intitulada *Sobre as Pesquisas Científicas de Goethe*. Não se trata de um texto que simplesmente deseja analisar qual é o grau de correção das teorias científicas propostas por Goethe, tanto no campo biologia quanto no da física. Em realidade, o autor deseja estabelecer nitidamente qual é a tarefa destinada ao físico, bem como a impossibilidade de que suas teorias se liguem imediatamente à esfera das nossas percepções. Ao delimitar o caráter da teoria científica, Helmholtz ao mesmo tempo define o modo como o poeta lida com a natureza. Em certo sentido, o autor desmonta a idéia de gênio, de alguém com capacidades intelectuais tão elevadas que fosse capaz de, intuitivamente, alcançar os mais variados domínios da cultura. Como destaca o autor, a especificidade da arte está no fato de que ela revela a idéia na própria intuição, ou melhor, no fato de que a arte lida com a natureza como se ela fosse um todo que não pode ser analisado, e nem mesmo recortado por meio de experimentos que aviltem a sua totalidade. O autor então filia Goethe às teorias sobre a natureza desenvolvidas por Schelling e Hegel, para os quais o mundo fenomênico progressivamente revela a idéia. Lutando contra a influência do idealismo alemão sobre a ciência, Helmholtz assim descreve o trabalho do cientista:

Assim, na teoria das cores, Goethe se mantém confiante em seu princípio, segundo o qual a natureza tem que revelar os seus segredos por sua própria vontade; que ela é somente a transparente representação do mundo ideal. Conseqüentemente, ele requer como preliminar para a investigação do fenômeno físico que os fatos observados sejam arranjados de tal modo que um explique o outro, e que assim nós possamos alcançar uma intuição de suas conexões sem que jamais tenhamos que confiar em outra coisa que não nos nossos sentidos. Essa sua

⁷⁸ KANT, I. *Crítica da Faculdade do Juízo*. Tradução de Valério e Antonio Marques, 2ª. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995. p.148.

requisição parece a mais atrativa, mas é essencialmente errada em princípio. Pois um fenômeno natural em ciência física não é considerado como sendo plenamente explicado sem que tenha sido remontado às últimas forças que concernem à sua produção e sua manutenção. Agora, como nós jamais nos tornamos conhecedores de forças *qua* forças, mas somente dos seus efeitos, nós somos compelidos em toda explicação dos fenômenos naturais a deixar a esfera do sentido, e a passar para coisas que não são objetos do sentido; e que são definidas somente por conceitos abstratos. Quando nós encontramos uma estufa quente, e então observamos que um fogo queima dentro dela, dizemos, conquanto algo impreciso, que a primeira sensação é explicada pela última. Mas, em realidade, isso é equivalente a dizer que sempre estamos acostumados a encontrar calor onde o fogo está queimando; agora, um fogo está queimando na estufa, por isso encontraremos calor lá. Conseqüentemente, nós apresentamos nosso fato singular sob um mais geral, melhor conhecido, ficamos satisfeitos com ele, e falsamente chamamos a isso uma explicação. Evidentemente, contudo, a generalidade da observação não necessariamente implica em uma intuição das causas; tal intuição somente é obtida quando nós entendemos quais forças atuam no fogo, e como os efeitos dependem dela.⁷⁹

Helmholtz reconhece a extraordinária capacidade que Goethe tem em descrever a natureza, sempre oferecendo uma harmoniosa unidade dos quadros que nos apresenta. Contudo, tal capacidade poética, que possivelmente o ajudou em suas investigações sobre morfologia, foi absolutamente catastrófica no caso da teoria das cores. Como vimos na citação, o próprio fenômeno da força não se nos apresenta de modo imediato, mas tão somente os seus efeitos, o que nos obriga a empiricamente coletar os variados modos de atuação de uma força, analisar suas características comuns, e agrupá-las sob um conceito. A pura observação, por um lado, somente recolheria essa multiplicidade de manifestação, já o conceito, por outro lado, teria a capacidade de oferecer os princípios de atuação da força. O que é abstraído da multiplicidade é o próprio conceito de força, como unidade de explicação dos efeitos. Por essa razão, Helmholtz constrói uma metáfora para diferenciar o trabalho do cientista em relação ao do poeta. Para este último, a multiplicidade dos fenômenos é reunida em uma bela aparência, na qual a unidade reside na integração harmônica de uma série de eventos: comparando a natureza com um teatro, o trabalho do poeta consiste em oferecer a unidade da trama que se desdobrará em cena. Em contrapartida, o trabalho do cientista é de verificar o funcionamento das roldanas responsáveis por erguer as cortinas, avaliar a

⁷⁹ HELMHOLTZ, Hermann Von. “ On Goethe’s Scientific Researches”. In: *Science and Culture: popular and philosophical Essays*. Editado e com Introdução de David Cahan. Chicago: The University of Chicago Press, 1995. pp. 12-13.

construção do palco, verificar a qualidade dos materiais que serão empregados. Nesse sentido, o cientista estaria por trás dos bastidores, expondo e explicando toda a mecânica necessária para que as peças em geral, aqui encaradas como fenômenos, possam ser apresentadas. Como toda essa maquinaria é exatamente aquilo que não se vê no palco, também a metáfora do teatro serve para explicar o caráter abstrato do conceito. Enquanto que a unidade na arte é dada por uma “aparição” (um fenômeno), já a unidade na ciência é dada pelo conceito.

A defesa do caráter abstrato da teoria científica, por oposição ao caráter intuitivo da arte, talvez pudesse ser considerada como a última pá de cal jogada sobre a teoria das cores de Goethe, ao deixar sob grande suspeita o trabalho científico do poeta. Assim poderia ser julgado, caso Helmholtz também não tivesse se lançado na empresa de conciliar Newton e Goethe, ou melhor, arte e ciência, quase quarenta anos depois. Pois em Weimar, no ano de 1892, diante da Assembléia Geral da Sociedade Goethe, Helmholtz apresenta a conferência intitulada *Os Pressentimentos de Goethe de Idéias Científicas Vindouras*.⁸⁰ Ofereceremos aqui apenas um breve resumo das idéias defendidas nesse texto, na medida em que elas servirão como introdução ao texto de Heisenberg.

Em sua apresentação, Helmholtz revela uma dentre as suas principais razões para atacar os trabalhos científicos de Goethe: o seu grande reconhecimento nacional e internacional, bem como dos representantes da filosofia alemã clássica, dificultava que as teorias divulgadas pelos cientistas conquistassem grande consideração. Helmholtz tinha claro para si que a autoridade desses autores poderia sufocar a ciência, que então ainda não era tão popular. Contudo, sua conferência anterior não se tratava de uma simples jogada política, mas do esclarecimento das reais deficiências nas teorias de Goethe. Contudo, os trabalhos do poeta sobre a gênese morfológica das espécies, a partir de um tipo primordial, talvez tenham recebido confirmação após a publicação de *Origem das Espécies*, de Darwin. Helmholtz alega que as pesquisas do poeta sobre a metamorfose das plantas e dos animais já conteriam em esboço aquilo que posteriormente a ciência veio a descobrir e aperfeiçoar. Todavia, nosso autor não deseja simplesmente se retratar em relação às idéias científicas de Goethe no campo da biologia, mas também suprimir a cisão por ele mesmo fomentada entre arte e ciência, já que agora atribui à primeira o poder explicativo antes de pertença exclusiva à última.

⁸⁰ HELMHOLTZ, Hermann Von. “Goethe’s Pressentiments of Coming Scientific Ideas”. In: *Science and Culture: popular and philosophical Essays*. Editado e com Introdução de David Cahan. Chicago: The University of Chicago Press, 1995.

Nosso autor retoma o exemplo do teatro para dizer que o artista é capaz de revelar a verdade dos nossos sentimentos, bem como do nosso funcionamento psicológico. Mais além, as obras de arte são capazes de desvendar o funcionamento dos nossos sentidos, igualmente abrindo caminho para a investigação do modo como os nossos conceitos são formados. Helmholtz critica a teoria das formas puras da sensibilidade, proveniente de Kant, alegando que espaço e tempo não são meramente formas passivas de recebimento da intuição, mas que as próprias sensações, ao longo de uma série de experiências, podem vir a modificar essas formas. Helmholtz defende a necessidade de uma teoria do conhecimento calcada no estudo fisiológico dos nossos sentidos, ao mesmo tempo em que enfraquece a separação entre intuição e conceito. Por certo que o nosso autor mantém suas críticas à teoria das cores de Goethe, mas passa a atribuir relevância à intuição e à descrição nos estudos científicos. Ao alegar que Faraday possuía um poder intuitivo semelhante ao de Goethe, nosso autor defende a idéia de que também o cientista pode alcançar a intuição de um fenômeno originário que seja capaz de explicar a multiplicidade de eventos. Não haveria uma absoluta cisão entre conceito e intuição: os conceitos poderiam ser modificados ao longo de variadas intuições e, na mesma medida, estas poderiam ser alteradas por diversos conceitos. A diferença entre a tarefa do cientista e do artista permanece, mas em outro plano. Enquanto o artista é capaz de sintetizar por meio dos seus materiais uma enorme multiplicidade de eventos, assim mostrando ao público a unidade do fenômeno, ao cientista é dada a tarefa de reunir os eventos por meio de conceitos, que são incapazes de explicar os múltiplos matizes de um fenômeno. Assim sendo, a verdade permanece nos dois campos: na ciência, como explicação, e na arte, como mostraçãõ.

Ao expor as teses de Helmholtz sobre a disputa entre Newton e Goethe tínhamos como objetivo indicar alguns problemas filosóficos que retornarão no texto de Heisenberg. Quando contrastamos as duas conferências do primeiro autor, encontramos diferenças sobre a idéia de explicação científica e sobre o modo de acesso à verdade. Concomitantemente, somos capazes de perceber que há dois níveis de problemas na divisão entre intuição e conceito. O primeiro tem a ver com a abstração do homem na explicação do que seja o mundo, visto que a abstração científica é acusada de apresentar um mundo no qual a posição que o homem ocupa não é demarcada, e que muitas vezes é considerada impossível de ser erguida ao plano da verdade. Nos fenômenos naturais não mais encontramos indicações de como poderíamos nos comportar; neles não mais vislumbramos analogias com os nossos afetos e aspirações. Para dizer de modo metafórico, é como se houvesse uma incongruência entre mundo e as tarefas às

quais o homem se propõe; como se tivessem desaparecido do mundo as inscrições que apontavam para o seu destino. Em segundo lugar, o problema da abstração se refere à impossibilidade de que vários conceitos científicos sejam apreendidos por meio da intuição, por exemplo: na física newtoniana, não era possível apreender intuitivamente a força gravitacional, ficando assim desconhecida a sua natureza, já na teoria da relatividade geral, a natureza da força gravitacional começa a ser explicada, por meio da curvatura do espaço-tempo, mas esse conceito de espaço-tempo não pode ser apreendido intuitivamente.

2.1.1 Apresentação de Heisenberg das teorias de Newton e de Goethe

Ao iniciar sua exposição sobre a teoria das cores segundo Goethe, Heisenberg relata a ocasião na qual o poeta teve sua atenção voltada para a natureza da luz. Durante a sua viagem à Itália, Goethe ficou fascinado com a estrutura geológica do país, com a diversidade das plantas que floresciam, com as variadas cores que surgiam no horizonte daquelas terras. Heisenberg destaca a capacidade de Goethe em descrever suas impressões e as imagens captadas, de tal maneira que pareciam assumir uma ordem científica por elas mesmas, assim como pareciam gerar o conjunto de conceitos que posteriormente seriam empregados em seus estudos científicos. Quando voltou de viagem, valendo-se das observações coletadas, Goethe publica em 1790 sua obra *A Metamorfose das Plantas*. Os trabalhos sobre a teoria das cores ficam em segundo plano nesse momento; e somente são levados a cabo quando Hofrat Buttner, a quem Goethe havia solicitado um prisma emprestado para a realização de suas pesquisas, pede ao poeta que o seu objeto seja devolvido. Somente então, por volta da primavera do mesmo ano, Goethe inicia os seus trabalhos sobre as cores, tentando pôr a prova as teorias apresentadas por Newton. Para a sua grande surpresa, os experimentos executados apresentam resultados diferentes daqueles divulgados por pesquisa newtoniana, visto que a incidência da luz sob uma superfície branca, ao transpassar o prisma, não produzia uma variedade de cores, o mesmo resultado valendo quando a luz incide sob uma superfície escura. O que Goethe pôde constatar era o aparecimento de bordas coloridas nas beiradas das superfícies brancas e escuras, resultado este o qual levou Goethe a concluir que uma fronteira era necessária para a produção da cores. Tal descoberta, em contradição com a teoria newtoniana, acabou por motivar o poeta a pesquisar os processos de refração que dão origem às cores. Por fim, Goethe conclui que as cores são um produto da combinação entre claro e escuro, e não têm a sua origem somente a partir da luz branca, conforme o que era defendido por Newton. Vários são os fenômenos utilizados por Goethe como atestados da correção de suas conclusões: as modificações das cores da luz solar conforme se aproxima a noite; a

fumaça subindo da chaminé, quando atingida pela luz solar, apresenta um halo azulado. Apoiado por uma série de outros dados e experimentos, Goethe definitivamente conclui que as cores são uma combinação entre a luz e a escuridão, sendo este o seu fenômeno originário (*Urphänomen*). Mas é preciso revelar dois detalhes conceituais presentes na teoria de Goethe que servirá como contraste em relação à de Newton. Em primeiro lugar, o poeta estuda as cores como um fenômeno por meio da qual a natureza revela a visão:

As cores são atos da luz; atos e sofrimentos. Neste sentido cabe esperar que nos esclareça sobre a natureza da mesma. Se bem que a luz e as cores guardem entre si relações estreitíssimas, tanto aquelas como esta pertencem a um todo da natureza; pois através delas a natureza quer se manifestar particularmente ao sentido da visão.⁸¹

Dizer que a natureza deseja se manifestar significa que ela adquire efetividade somente naqueles seus produtos que sejam dotados de visão, como se esses seres fossem o *medium* que permite à natureza se apresentar. Já isto indica que não é possível realizar uma cisão entre o objeto observado e aquele que observa, porquanto eles mutuamente se constituem. Ainda que o trabalho de Goethe seja dividido entre fenômenos objetivos e subjetivos, não se pode crer que os últimos tenham menor relevância na explicação da natureza da luz do que os primeiros. As ilusões pertencentes aos fenômenos subjetivos encontram a sua realidade na atuação que a mescla entre claro e escuro exerce sobre a retina. Podemos dizer que eles são subjetivos em relação ao objeto para o qual a visão se direciona, já que a cor, nesse caso, não lhe é inerente, mas que são objetivos em relação ao sujeito, já que são resultantes de ações sobre a retina. Observemos que o nervo central dessa explicação não se encontra na dicotomia entre sujeito e objeto, mas sim num modo de ser desses dois elementos que, segundo o autor, revela um dos fenômenos mais primordiais que constitui o todo da natureza: a relação entre atividade e passividade. Como declara Goethe:

Por mais que esta linguagem se nos pareça geralmente obscura e incompreensível, seus elementos são sempre os mesmos. Em delicado movimento de pêndulo oscila a natureza dando lugar a um aqui e um lá, um acima e um abaixo, um antes e um depois, que determinam todos os fenômenos que se manifestam no espaço e no tempo.

Percebemos esses movimentos e determinações gerais do modo mais diverso, seja como simples atração e repulsão, seja como uma luz que se acende e se apaga, como movimento do ar, como comoção do corpo, acidificação e desacidificação; mas sempre como

⁸¹ GOETHE, W.J. *Teoria de los Colores*. Tradução de Pablo Simon. Buenos Aires: Editorial Poseidon, 1945. p.11.

algo que une ou separa, põe em movimento a existência e promove alguma modalidade de vida.

Diante do apresentar-se desigual do efeito desse movimento pendular da natureza, desse peso e contrapeso, o homem tratou de expressar também essa relação. Em todas as partes, comprovou e denominou um mais e um menos, um exercer ação e um resistir, um fazer e um sofrer, um avançar e um retroceder, um elemento violento e um moderador, um elemento masculino e outro feminino; e assim nasceu uma linguagem, um simbolismo suscetível de ser aplicado a casos parecidos como metáfora, como termo afim, como palavra imediatamente adequada.⁸²

É de grande importância que retenhamos a concepção geral de natureza apresentada por Goethe nessa citação, e também a relação entre linguagem e observação dos fenômenos, visto que a primeira servirá como contraste diante da teoria newtoniana, e a segunda como o meio através do qual Heisenberg empreenderá a reconciliação entre esses autores.

Após apresentar as idéias de Goethe, Heisenberg realiza uma breve exposição da teoria de Newton, cuja concepção geral forma a base da óptica até o presente. Conforme tal teoria, a luz branca é considerada como composta por diferentes cores. Em oposição ao que foi estipulado por Goethe — segundo o qual a luz seria indecomponível—, a óptica newtoniana tem nos raios monocromáticos os elementos mais simples que constituem a luz. A obtenção dos fenômenos monocromáticos somente é alcançada por intermédio de complicado aparato experimental, e tornam os fenômenos ópticos acessíveis à mensuração e ao tratamento matemático: a cada radiação luminosa, ou ao seu comprimento de onda, é possível associar um número⁸³. Esse mesmo tratamento gerou a possibilidade de dominar e prever uma série de fenômenos luminosos, da mesma forma que facilitou a construção e o aperfeiçoamento de múltiplos instrumentos. Contudo, conforme afirma Heisenberg: “A teoria de Newton tornou

⁸² GOETHE, W.J. *Teoria de los Colores*. Tradução de Pablo Simon. Buenos Aires: Editorial Poseidon, 1945. p. 12.

⁸³ É notório o fato de que Newton defendia uma teoria corpuscular da luz, e não ondulatória. Independentemente da definição da natureza da luz, Newton já havia verificado a diferença de refrangibilidade conforme o tipo de raio monocromático. Fazemos essa nota simplesmente para ressaltar que não estamos elaborando uma reconstrução histórica quer da teoria de Newton, quer da de Goethe. Anteriormente já dissemos que os aspectos históricos registrados em nossa dissertação somente se fazem presentes na medida em que constituem problemas assinalados por Heisenberg.

possível certo controle sobre os fenômenos da luz e seu uso prático, mas ela é evidentemente de nenhuma ajuda para uma melhor apreciação do mundo das cores que nos cercam.”⁸⁴

Diferenças e semelhanças entre Newton e Goethe

A primeira diferença entre Newton e Goethe que se manifesta aos nossos olhos concerne à natureza da luz: para o primeiro, ela é composta por raios monocromáticos, dos quais provêm as cores, sendo que o branco é por eles composto; já para o segundo, a luz é indecomponível, e as cores são um produto da mistura entre a luz e a escuridão. O que revela a diferença sobre a constituição das cores pode, porém, obscurecer os modos de investigação e questionamento da natureza que estão no cerne dos conflitantes resultados obtidos. É possível supor que a disputa entre Goethe e Newton não resida estritamente na ontologia da luz, mas sim na própria idéia de natureza e da forma de lidar com a mesma:

Virá um tempo em que se ensinará uma física experimental patológica que traga à luz do dia todas as intrujices com que é burlado o entendimento para sub-repticiamente obter uma convicção e, o que é mais triste, retardar todo o progresso prático. Os fenômenos devem de uma vez por todas ser retirados da sombria câmara de tortura empírico-mecânico-dogmático e comparecer perante o tribunal do comum entendimento humano.⁸⁵

A crítica de Goethe não se volta para a experimentação em geral, já que a sua *Teoria das Cores* também é composta pelo relato de uma série de experimentos, mas àquela experimentação que não reconhece os limites dados pelo fenômeno originário. Esse limite significa adaptar o método que será empregado ao objeto e não buscar nada além do que esteja contido no próprio fenômeno. O que o pesquisador deve buscar não seria uma série casual de encadeamento dos processos naturais, mas sim aquele fenômeno originário capaz de agrupar a multiplicidade em uma unidade:

Também não nos é fácil compreender que o acontecer da Natureza em geral é o que se processa igualmente nos domínios mais restritos. Se a experimentação pressiona tais domínios eles acabam por deixar que isso se manifeste. A palha atraída pelo âmbar friccionado tem parentesco com a mais gigantesca das trovoadas. Mas, é um mesmo fenômeno. Este fenômeno “micromégico” (*micromegas*) também o reconhecemos noutros casos. Mas logo nos

⁸⁴ HEISENBERG, Werner. “The Teachings of Goethe and Newton on Colour in the Light of Modern Physics”. In: *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966. p. 63.

⁸⁵ GOETHE, J. W. *Máximas e Reflexões*. Tradução de Afonso Teixeira da Mota. Lisboa: Guimarães Editores, 1997. p. 101.

abandona o espírito da Natureza. E o demônio do artifício assenhoreia-se de nós e faz-se valer por toda a parte.⁸⁶

Por certo que o físico reprovava as declarações de Goethe, visto que elas implicam um limite da experimentação e a entrada de um momento puramente contemplativo, cuja função é a de coletar as similitudes entre os efeitos da natureza. Mas o físico não poderá tomar como científica esta metodologia do poeta, porquanto sem o domínio das causas, demonstráveis por intermédio da contínua experimentação, não seria possível controlar os fenômenos naturais. Caso nos voltemos para a *Óptica*, de Newton, nela encontraremos um tratado eminentemente experimental, cuja superioridade sobre as teorias de Goethe está em estabelecer as possibilidades de controle da luz e dos seus efeitos, bem como de predizer novos fenômenos. O que Newton não poderia aceitar nos métodos de Goethe é a unificação que realiza de diferentes elementos, os quais devem estar absolutamente distintos na pesquisa física, como é o caso da partição entre aquilo que pertence à subjetividade e aquilo que se refere ao âmbito da objetividade. Caso retornemos à nossa primeira citação de Goethe, na qual é afirmado que as luzes e as cores são os meios pelos quais a natureza deseja se manifestar à visão, então nós veremos que já o princípio de estrita separação entre objetivo e subjetivo fica obscurecido. Enquanto em Goethe não é possível promover a separação entre o estudo da natureza da luz e a pesquisa sobre o órgão da visão, já em Newton o que se investiga é simplesmente a natureza da luz e o modo de produção dos seus efeitos, tais como as cores. A unidade entre o objeto e o sujeito é verificada na própria estrutura da teoria de Goethe, ao começar sua doutrina das cores com o estudo dos fenômenos subjetivos. Ainda que esses fenômenos sejam considerados como ilusórios, por não pertencerem a nada de exterior, eles são reais enquanto a própria cor somente se constitui pelas relações entre luz e sombra com a retina. Talvez julgemos que esse aspecto possa ser transferido para o âmbito da objetividade, quando considerado como efeito fisiológico, mas o mesmo julgamento não pode ser sustentado quando Goethe trata dos efeitos sensíveis e morais provocados pelas cores. Quando Kant diz que a luz, metaforicamente, é uma das linguagens da natureza, apenas se refere ao fato de que a subjetividade liga interesse às cores por intermédio de idéias morais, que de modo algum constituem o mundo fenomênico. Em Goethe, por contraposição, essa linguagem da natureza constituiria a própria coisa, já que o fenômeno nada mais seria do que expressão das idéias, incluindo as morais.

⁸⁶ GOETHE, J. W. *Máximas e Reflexões*. Tradução de Afonso Teixeira da Mota. Lisboa: Guimarães Editores, 1997. p. 104.

Todo o problema sobre a aceitação da teoria de Goethe por parte de um físico, como anteriormente dissemos, reside em sua unidade, ou melhor, em sua concepção da natureza em geral e da natureza da luz. O cientista bem poderia acolher as observações do poeta sobre a influência das cores na retina, sobre a composição química das cores ou sobre o fenômeno de refração. Todavia, os princípios explicativos desses fenômenos recairiam em domínios de pesquisa distintos, como o estudo da ação da luz sobre o nervo óptico e a recepção da informação pelo cérebro; a composição química das cores seria estudada a partir da estrutura atômica da matéria, por intermédio da qual recebem um preciso cálculo do espectro de luz emitido; e, por fim, a refração seria derivada matematicamente a partir das propriedades da propagação das ondas. Aquilo que em Goethe aparece unificado em suas descrições, aquilo que na experiência imediata se revela indecomponível, no campo da ciência é desmembrado para a análise das causas. Ora, mas se Goethe e Newton estão em evidente oposição, qual seria o caminho para uma possível reconciliação. Assim Heisenberg dá início ao seu objetivo:

É claro para todos aqueles que mais recentemente tenham trabalhado sobre as teorias de Goethe e de Newton, de que nada pode ser obtido a partir de uma investigação sobre os seus erros e acertos em separado. É verdade que uma decisão pode ser tomada sobre todos os detalhes, e que em poucas instâncias, onde há reais contradições, o método científico de Newton é superior ao poder intuitivo de Goethe; mas basicamente as duas teorias tratam de coisas diferentes. É muito mais acertado perguntar como é possível ligar a idéia de cor com esses diferentes temas.⁸⁷

De imediato, a diferença metodológica entre Newton e Goethe poderá ser encontrada no emprego da matemática. Em Newton, era fundamental abrir o fenômeno das cores para a mensuração exata, assim estendendo o modo de pesquisa utilizado na mecânica para outros domínios da natureza. Em Goethe, as cores são submetidas à experimentação, mas não em conformidade com o método matemático. Tal se deve ao fato de que Goethe considerava que nem todos os fenômenos da natureza poderiam ser submetidos à mensuração; e que o uso da matemática na investigação de determinados fenômenos poderia ser prejudicial para a sua compreensão:

Devemos reconhecer e confessar o que é a Matemática: para que pode ela servir no âmbito da investigação da natureza; onde, inversamente, ela não tem qualquer competência e

⁸⁷ HEISENBERG, Werner. "The Teachings of Goethe and Newton on Colour in the Light of Modern Physics". In: *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966. p. 64.

em que lamentáveis desvios a Ciência e a Arte, por causa de falsas aplicações da Matemática, caíram, já depois da sua regeneração.

No aforismo seguinte, Goethe continua a tratar da matemática:

A grande tarefa seria banir as teorias matemáticas daquelas partes da Física onde elas apenas entram o avanço do conhecimento em vez de o estimular e nas quais, por motivos de unilateralidade do desenvolvimento da nossa cultura científica, o tratamento matemático (dos fenômenos físicos) encontrou uma aplicação tão perversa.⁸⁸

Seria um grande equívoco supor que Goethe renegava de toda a matemática para a compreensão dos fenômenos. Igualmente podemos julgar como ingênua a suposição de que Goethe buscava uma investigação da natureza cujas bases seriam absolutamente opostas às estabelecidas pela ciência moderna:

Quando, na matemática, o espírito humano se dá conta da sua autonomia e atividade independente e se sente inclinado a prosseguir em frente sem mais temor ao infinito — nesse momento ele inspira ao mundo da experiência uma tal confiança que, sejam quais forem as exigências, essa fé não vacila. Astronomia, mecânica, construção naval, fortificação, artilharia, jogo, condução de água, corte de pedra para construção, aperfeiçoamento de telescópio, cada um por sua vez, chamaram, no século XVII, a matemática em sua ajuda.⁸⁹

No interior da teoria das cores o emprego da matemática é manifesto, particularmente no capítulo que trata dos seus efeitos sensíveis e morais. Nele encontramos a disposição geométrica, num quadro de simetrias, para que as cores sejam compostas de tal forma a se conseguir um determinado efeito sobre o espectador. É de todo possível confirmar a declaração de Heidegger, presente na nossa epígrafe, segundo a qual física e metafisicamente as teorias de Goethe e Newton possuem o mesmo fundamento. Como afirmou Heisenberg, as diferenças entre os autores estão em detalhes, mas não que estes sejam insignificantes. Lembremos mais uma vez das nossas considerações anteriores sobre o projeto matemático da natureza característico da ciência moderna, e então recordemos que tal projeto não significa a simples formulação das leis naturais em modelos aritméticos ou geométricos. A medida conferida pela matemática provém da própria experimentação, como aquilo que separa o que se deixa caracterizar como interferência do homem sobre o fenômeno, como aquilo que

⁸⁸ GOETHE, J. W. *Máximas e Reflexões*. Tradução de Afonso Teixeira da Mota. Lisboa: Guimarães Editores, 1997. p. 242.

⁸⁹ GOETHE, J. W. *Máximas e Reflexões*. Tradução de Afonso Teixeira da Mota. Lisboa: Guimarães Editores, 1997. p. 241.

pertence ao plano objetivo e ao subjetivo, como possibilidade de prever os fenômenos e o deixar disponível dos seus efeitos ao controle. É crasso equívoco supor que Goethe desejava uma ciência que fosse menos agressiva em relação à natureza, e mais ligada com a vida cotidiana. A simples diferença está no conceito de fenômeno originário e o modo de acesso que temos a ele, já que muitas vezes os nossos sentidos são o lugar de experimento no qual é possível verificar aquele núcleo capaz de reunir a pluralidade de eventos. Também Goethe reconhece que a ciência continuamente se afasta da vida, das nossas impressões cotidianas por conta da abstração dos seus conceitos; mas o poeta reconhece a maneira mais privilegiada por meio da qual a ciência retorna para o mundo cotidiano, isto é, pela *práxis*:

As ciências apenas deviam atuar sobre o mundo exterior através de um aperfeiçoamento da *práxis* (humana). Com efeito, elas são todas propriamente *esotéricas* e só por meio do melhoramento de algum *fazer* se tornam *exotéricas*. Qualquer outro tipo de intervenção não conduz a nada.⁹⁰

Heisenberg ainda aponta outras duas possíveis diferenças entre Newton e Goethe, as quais aparentemente seriam as marcas que distinguem os seus projetos. Em primeiro lugar, a teoria de Goethe possuiria um propósito. Segundo Heisenberg, toda e qualquer teoria possui um propósito que guia a investigação. A estrutura desse propósito é conferida pelo conjunto de conceitos que perfaz a teoria, ainda que o seu autor desconheça as aplicações que dela serão derivadas. Somente com o desenvolvimento histórico da ciência é que a teoria alcança a execução do seu projeto, enquanto efetivação dos meios para a realização do propósito. No caso de Goethe, o propósito de sua teoria, conforme o que foi expresso tanto na *Viagem à Itália* quanto na *Teoria das Cores*, consiste em organizar para o artista os fenômenos referentes à luz, de tal forma que o pintor, por exemplo, dispusesse de um sistema dos fenômenos com as quais imediatamente está envolvido. Aqui surge o momento em que o projeto de Goethe pode ser compreendido no interior do projeto moderno de natureza, pois ainda que não empregue os meios matemáticos para a antecipação dos fenômenos naturais, seu objetivo é disponibilizar para o artista a antecipação dos efeitos que poderá dominar conforme a estrutura da luz apresentada. Ao dominar os efeitos das cores, a teoria de Goethe também permite, segundo os seus objetivos, extrair maior deleite dos fenômenos que nos cercam. Heisenberg observa que esses propósitos são absolutamente diferentes daqueles nos quais medraram a teoria de Newton. Desde Galileu e Kepler, a mecânica do mundo

⁹⁰ GOETHE, J. W. *Máximas e Reflexões*. Tradução de Afonso Teixeira da Mota. Lisboa: Guimarães Editores, 1997. p. 151.

encontraria na formulação matemática das leis naturais a sua sistematização. Newton foi o primeiro a conseguir submeter os fenômenos das cores à sistematização em leis matemática, estendendo para esse domínio o projeto da mecânica, cujo auge consta nos *Principia*. Assim como a teoria de Goethe apresenta um propósito prático, igualmente a teoria de Newton revela que a formulação matemática das leis naturais permitiria um domínio da natureza cujas conseqüências se manifestam no desenvolvimento tecnológico. Ao analisarmos a *Óptica*, por diversas vezes encontramos Newton a tratar do aperfeiçoamento das lentes, particularmente no seu emprego em telescópios. Ao indicar os propósitos práticos inerentes às teorias científicas, Heisenberg tenta diminuir a cisão entre ciência teórica e ciência prática, ao mesmo tempo em que revela como os conceitos abstratos retornam de alguma maneira para o mundo cotidiano, na forma de tecnologia. Ainda que um leigo não tenha domínio sobre a estrutura conceitual empregada na construção de determinado aparelho, não se pode negar que os conceitos constitutivos do aparelho acabam por estabelecer um modo específico de lida. Esse comportamento se expressa nitidamente no horizonte de expectativas que é engendrado no usuário a partir dos desenvolvimentos da ciência. Espera-se que o aparelho desenvolva perfeitamente as suas funções, como é o caso daquele que confia na sua perfeição técnica sempre que o emprega; ao mesmo tempo, tal confiança se converte na expectativa do seu contínuo aperfeiçoamento, como uma prévia obsolescência atribuída ao instrumento, já que de pronto contamos com o surgimento de um melhor. A ciência faz então um estranho papel de Providência, cujos milagres são antecipados como garantias.

Para além da diversidade de propósitos existente entre Newton e Goethe, talvez também houvesse uma diferença de atitude que a ambos distingue, concernente ao modo como um poeta e um matemático lidam com a natureza. Heisenberg alega que é injusto levantar tal diferença, porquanto é plenamente possível a conjunção dos aspectos poéticos e científicos. Ora, não é possível negar a presença da poesia, do encantamento pela beleza natural, na obra de um eminente astrônomo como Kepler. Seus escritos estão repletos de observações sobre a harmonia das órbitas planetárias, sobre como a beleza manifesta no mundo pode ser considerada como o reflexo da ordem estabelecida por Deus. Igualmente em Newton o aspecto poético se faz presente, não somente nas considerações teológicas tecidas ao longo dos seus escritos científicos, mas também em todos aqueles estudos — cujo número é superior em relação às suas obras científicas — que se debruçam sobre a filosofia e a religião. Não seria menor engano acreditar que Goethe estivesse simplesmente interessado em apreender de maneira mais viva os fenômenos naturais, em detrimento de um entendimento

real da natureza. Heisenberg argumenta que as obras dos grandes artistas são capazes de revelar reais aspectos do mundo, tal como a *Teoria da Cores*, cujo objetivo era transmitir com acuidade científica o entendimento acerca da natureza. Ora, mas qual seria então a distinção definitiva entre Newton e Goethe? Com quais bases Heisenberg alegava que estes autores tratavam de coisas diferentes, já que ambos disputavam sobre a definição da natureza da luz e sobre uma concepção de natureza? Como é possível reconciliá-los, porquanto mutuamente se contradizem em referência ao mesmo objeto?

2.1.3 A reconciliação entre Newton e Goethe

Aos problemas levantados nas últimas linhas da seção pregressa, Heisenberg oferece a seguinte resposta:

Talvez a diferença entre as duas teorias seja mais corretamente definida ao se dizer que elas tratam de dois níveis da realidade inteiramente diferentes. Nós devemos lembrar que toda palavra da nossa linguagem pode se referir a diferentes aspectos da realidade. O real sentido das palavras geralmente emerge somente em seu contexto, ou é determinado pela tradição e pelo hábito. A ciência moderna logo fez a divisão da realidade em objetiva e subjetiva. Enquanto a última não é necessariamente comum para diferentes pessoas, a realidade objetiva é forçada sobre nós a partir do mundo exterior sempre da mesma forma, e por essa razão a ciência nascente fez dele o tema de suas investigações. Em um sentido, a ciência representa a tentativa de descrever o mundo na medida em que é independente do nosso pensamento e ação. Os nossos sentidos são somente classificados como auxiliares mais ou menos imperfeitos, que nos habilitam a adquirir conhecimento sobre o mundo objetivo. Para o físico, somente é natural e consistente experimentar e aperfeiçoar os sentidos através de meios artificiais de observação, até que penetremos em campos da realidade objetiva os mais remotos, os quais estão completamente além do âmbito da nossa percepção imediata. Neste ponto surge a ilusória esperança de que futuros refinamentos dos nossos métodos de observação possam eventualmente nos capacitar a alcançar o conhecimento de todo o mundo.⁹¹

Durante a introdução deste capítulo, havíamos observado que a nossa principal tarefa poderia ser entendida como uma analítica dos conceitos. Mas quais são esses conceitos que foram analisados até o presente? Durante a descrição das diferenças e semelhanças entre Newton e Goethe, o que estava em análise eram os conceitos de modo de investigação e de questionamento da natureza. A concepção de natureza, o modo como a matemática é

⁹¹ HEISENBERG, Werner. *Idem*. pp. 67-68.

empregada na investigação dos fenômenos naturais, o propósito inerente à estrutura conceitual da teoria, o modo como a percepção participa na constituição dos fenômenos, todos esses elementos, caso encarados sem a complementação dos demais, não são suficientes para traçar as reais diferenças entre Newton e Goethe. Somente a reunião desses componentes nos leva a compreender que as duas teorias sobre as cores se encontram em níveis de realidade distintos. Faz-se necessário notar que Heisenberg, ao investigar a origem dos propósitos inerentes à teoria newtoniana, bem como ao analisar o papel da matemática para a ordenação dos fenômenos naturais, sempre nos remete à tradição da qual surgiram esses modos de investigar e questionar. Tal fato se deve à tese de que os conceitos que constituem os modos de investigação e questionamento foram formados ao longo de uma tradição, durante a qual os conceitos receberam uma determinação específica. Heisenberg se refere à linguagem não somente para indicar a sua unidade com o conceito, mas também para expressar que não é possível compreendê-los caso se encontrem apartados da tradição e do hábito que os perfazem. Nessa mesma medida, é a estrutura conceitual, responsável pelo modo de investigação e questionamento, que determina o que seja a realidade circunscrita no campo da pesquisa científica. Quando Heisenberg menciona a divisão promovida pela ciência moderna entre objetividade e subjetividade, ele descreve o conjunto de pressuposto que deram origem à determinação científica da realidade. É necessário notar que tal constituição do que seja o real não recai simplesmente sobre o domínio da natureza, visto que Heisenberg também menciona brevemente que ela acaba por estabelecer o que seja o homem, como esse ser cujos instrumentos para o conhecimento do mundo — os sentidos — são duvidosos e imperfeitos. Todas as disposições humanas que possam representar interferências nos fenômenos são relegadas ao âmbito da subjetividade, enquanto aquilo que não pode se tornar comum. O modo de apresentação do real oferecido pela instância do objetivo, particularmente representado pela física, ocorre por meio da explicação, na qual são expostos os cálculos e previsibilidades das relações causais entre os eventos. Contudo, a instância do subjetivo também tem o seu modo particular de apresentação da realidade, nomeado por Heisenberg como compreensão. Tão efetiva quanto a explicação, na compreensão não é a mensuração que entre em jogo, mas sim o sentido que se revela no real ao espírito humano. Supor que essa distinção entre explicação e compreensão seja a marca de cisão entre subjetividade e objetividade representa um grande engano. A explicação somente surge por conta da determinação conceitual específica formulada pela ciência moderna, quando então o seu conjunto de conceitos e termos já se encontra estabilizado: somente quando o sentido se encontra sedimentado é que a explicação se faz possível. Como vimos em nosso primeiro

capítulo, quando os conceitos de tempo e espaço ainda não foram estabelecidos, quando questões metafísicas referentes à relação desses conceitos com o homem e os demais âmbitos da natureza ainda não foram respondidas, então o que está em jogo é o exercício compreensivo de apresentar o sentido do que seja o homem, o mundo e suas relações. Posteriormente à decisão sobre esses pontos, quando definida a cisão entre subjetividade e objetividade, foi possível à ciência moderna realizar as suas pesquisas por meio da repartição do real em setores de investigação. Mas o próprio desenvolvimento da ciência acabou por mostrar que a divisão do mundo em subjetivo e objetivo apenas pode oferecer um quadro grosseiro da realidade.

A idéia de que os nossos sentidos são aparelhos imperfeitos para o conhecimento do mundo levou a ciência moderna a cada vez mais se afastar do mundo concernente às nossas impressões. O desenvolvimento de instrumentais para a correção dessa deficiência desvendou âmbitos do mundo anteriormente inacessíveis para nós. Paralelamente, os conceitos científicos se tornaram ainda mais abstratos. Por certo que, no caso de Newton, o conceito de irradiação monocromática que constitui a luz se tornou comum na cotidianidade. Mas o pleno caráter abstrato da física se manifesta no caso dos fenômenos elétricos. A tentativa de unificar os fenômenos elétricos a partir das bases oferecidas pela mecânica levou Maxwell e Faraday a cunhar o conceito de campo elétrico. Esse conceito encontra analogia com a idéia de um corpo elástico, tal como o éter, cujas oscilações representam a eletricidade. Todavia, não é possível que apreendamos pelo sentido esse meio denominado como éter. Posteriormente, o éter é abandonado como suporte da eletricidade e o campo elétrico adquire uma existência própria, tornando assim ainda mais abstrata a sua explicação. Mas essa abstração se mostrou capaz de relacionar os mais diferentes fenômenos, assim explicitando a unidade da natureza. Maxwell é um dos responsáveis por tal unificação, ao descobrir que a luz é um fenômeno eletro-magnético. Ainda que no campo das nossas impressões a luz, o calor e a eletricidade se apresentem como fenômenos distintos, a ciência foi capaz de unificá-los, encontrando a sua origem na constituição da matéria, o que nos leva diretamente para a física atômica. A investigação no âmbito atômico tinha como primeira tarefa explicar a partir dos constituintes da matéria aquele conjunto de propriedades que se manifesta à nossa sensibilidade e experiência. A infinidade de axiomas matemáticos — que refletem uma infinidade de fenômenos— são remetidos a um sistema matemático-conceitual simples, capaz de explicar os estados da matéria, as propriedades dos átomos, as interações químicas e os efeitos do calor. Evidentemente, tão-só de modo mediato, através dos seus efeitos e dos seus conceitos,

o nível atômico pode se ligar à esfera das nossas percepções cotidianas. Mesmo ao cientista está vedada uma relação imediata com o nível atômico, visto que ele somente é acessível por intermédio de um complexo aparato experimental. Mas foram exatamente as investigações em nível atômico que revelaram um sentido do instrumental antes obscurecido, visto que ele não pode ser compreendido nem como simples mecanismo de aperfeiçoamento dos sentidos, nem como apartado da estrutura conceitual empregada pela investigação. Aparelhos e conceitos não são somente modos de fazer com que conteúdos antes obscurecidos se apresentem, mas são modos de atuação sobre a constituição do fenômeno, ação esta que também nos confronta com os limites do nosso conhecimento.

A ciência moderna retirou do âmbito objetivo os elementos pertencentes à nossa percepção sensível, convertendo em propriedades seguras que constituem os eventos aqueles elementos que se prestam à mensuração, tais como a massa, a velocidade, o momento, a posição. É preciso recordar que, classicamente, tais elementos eram propriedades constitutivas do real, enquanto aquilo que se encontra disponível ao acesso de todos. Por meio da física atômica, a natureza conceitual dessas propriedades foi revelada, visto que a elas não se pode atribuir a condição de constituintes da natureza em sua totalidade. Conforme diz Heidegger na epígrafe citada, a natureza se apresenta como o incontornável, enquanto aquilo ao qual a teoria deve se adaptar para a aquisição do conhecimento e, ao mesmo tempo, como aquilo que não se deixa esgotar por um modo específico de investigação. No caso da física atômica, o incontornável como limite de um modo investigativo é representado pela impossibilidade de que velocidade, momento e posição sejam determinados pelo aparato experimental ao mesmo tempo. Tal não se deve à ausência de melhores instrumentos, mas sim porque a própria experimentação, quando lançada para determinação de uma dessas características, acaba por indeterminar as demais, ou seja, impede que elas sejam mensuradas com precisão. Não se trata de supor que o conjunto experimental simplesmente interfira na obtenção dos resultados. Em verdade, o instrumental e os questionamentos que se deseja lançar sobre a natureza produzem os fenômenos, seja no que concerne àquelas propriedades matemáticas, seja no modo de sua apresentação. No primeiro caso, a determinação da posição de uma partícula acaba por produzir resultados que impedem que o seu momento, ao mesmo tempo, receba uma mensuração precisa; já no segundo caso, dependendo do experimento que se deseja realizar, o elemento atômico pode se apresentar como onda ou como partícula. São os nossos aparelhos e conceitos, que mutuamente se constituem, os responsáveis por fazer com que a natureza responda segundo a forma de um espaço tridimensional no qual a posição é

estabelecida; é a idéia de deslocamento ao longo de uma série de pontos — supondo um tempo de transcurso linear— por parte de uma quantidade específica de matéria, dotada de energia determinada, que conforma a natureza a responder segundo a propriedade da velocidade; são as idéias de momento, velocidade e posição como propriedades que caracterizam uma quantidade material que estabelecem a manifestação em nível atômico na forma individualizadora de partícula. Fora do âmbito experimental, segundo a caracterização conceitual da mecânica quântica ortodoxa, os elementos atômicos se encontram em um espaço multidimensional, no qual não é possível determinar a individualidade por meio das propriedades clássicas. Assim sendo, aqueles elementos antes considerados como objetivos, no sentido de constituírem o todo do real, acabam por se revelarem restritos a específicos modos de questionamento e investigação. Ao mesmo tempo, o conjunto de elementos passíveis de ser considerados como subjetivos, ou seja, que não participam da constituição da natureza, tais como a estrutura conceitual e o conjunto instrumental, perfazem o próprio fenômeno.

Parece que as explicações conferidas pela física moderna estão calcadas em conceitos ainda mais distantes das nossas percepções cotidianas. Talvez fosse possível utilizar Goethe como um representante das requisições por uma explicação da natureza que leve em conta os nossos sentidos. Conforme os instrumentos e conceitos da ciência moderna se espalham pelo mundo, a imagem da natureza produzida por eles parece impedir uma unificação com o mundo da vida. Sobre tais queixas, Heisenberg diz que a ciência moderna se configura como um destino para o homem do ocidente, do qual não temos como prever as suas conseqüências. Simplesmente não há como deter os avanços da ciência para que seja restaurada uma compreensão da natureza que salve as nossas percepções. Em primeiro lugar, a própria tecnologia é um desses elementos tão enraizados na cotidianidade, que não há como simplesmente dar cabo de sua existência. Por outro lado, ainda que abstratamente, a ciência moderna conseguiu unificar uma série de fenômenos a partir de estruturas conceituais simples. Por mais que a divisão da natureza em setores possa levar o físico a se limitar em um campo específico de leis, conseqüentemente perdendo a capacidade de perceber o todo, ainda assim, pela estrutura conceitual simples que reúne uma série de fenômenos antes dispersos, a ciência moderna é capaz de revelar a unidade da natureza pelo conteúdo dos seus setores de investigação. O limite para o conjunto de conceitos e instrumentos da ciência não pode ser impostas por uma força externa, mas tem de ser oferecido pela própria natureza, pois a

mecânica quântica demonstrou em que medida o mundo natural se apresentou incontornável para a física clássica.

A física clássica não foi capaz de oferecer por meio das suas teorias o contorno do que seria a totalidade da natureza, e sua aplicação ficou restrita a conjuntos de eventos específicos, aos quais a natureza poderia responder em conformidade com os seus conceitos. Aquilo que antes era considerado como subjetivo, os modos de questionamento e investigação da natureza, passam a ser constitutivos da objetividade. É nessa medida que Heisenberg pôde afirmar que Newton e Goethe lidam com níveis distintos da realidade, o primeiro, com a objetividade segundo a estrutura da física clássica, já o segundo, com o que é passível de ser considerado como subjetivo, isto é, o modo de percepção e compreensão dos fenômenos naturais. Contudo, é preciso lembrar que ambos são igualmente efetivos, isto é, reais, na medida em que os seus modos de investigação e questionamento são os responsáveis por trazer a natureza à luz. Mas o sentido de natureza não deve ser aqui entendido parcialmente, já que, em ambos, aquilo que se revela são o homem, o mundo e as formas de suas relações. Conforme diz Heisenberg:

Dividindo a realidade na forma de diferentes aspectos, imediatamente as contradições entre as teorias de Goethe e Newton sobre as cores são resolvidas. Na grande estrutura da ciência, as duas teorias assumem posições diferentes. É certo que a aceitação da física moderna não pode impedir que o cientista siga também a maneira de Goethe de contemplação da natureza. Seria certamente prematuro esperar, sobre essas bases, por um breve retorno a uma atitude mais direta e unificada perante a natureza. Parece ser a tarefa do nosso tempo alcançar, pelo experimento, os âmbitos mais baixos da natureza e, através da tecnologia, apropriarmo-nos deles. No nosso avanço no campo das ciências exatas teremos, por enquanto, que nos abster em muitas instâncias de um contato mais direto com a natureza, tal como pareceu a Goethe ser a precondição para um entendimento mais profundo dela. Nós aceitamos isso porque podemos, em compensação, obter uma larga extensão de inter-relações vistas com completa clareza matemática. Isso deve, indubitavelmente, também ser a base e precondição para um entendimento apropriado dos âmbitos mais elevados. Aqueles que olharem isso como um grande sacrifício serão, por enquanto, incapazes de se dedicar à ciência. Eles somente apanharão o sentido da ciência onde, nos limites exteriores dos métodos de pesquisa atuais, a ciência descobrir suas relações com a própria vida.⁹²

⁹² HEISENBERG, Werner. "The Teachings of Goethe and Newton on Colour in the Light of Modern Physics". In: *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966. p.75.

2.2. Sobre a unidade da imagem científica da natureza

Como a ciência poderia novamente descobrir as suas relações com a vida? Ao longo da nossa dissertação, nós destacamos pelo menos três aspectos que representavam a deficiência de tais relações: em primeiro, o caráter abstrato da ciência moderna, a qual se afasta das nossas percepções cotidianas; em segundo, a perda de um conhecimento da natureza que também fornecesse a compreensão sobre o lugar do homem no mundo; por fim, em terceiro lugar, a dificuldade de oferecer um quadro total da natureza, reunindo os diferentes setores de pesquisa. Ainda que tenha sido apenas mencionada, a cisão entre ciência e vida possui o seu quarto aspecto, no qual encontramos uma das razões capitais para que Heisenberg resgate o confronto entre Newton e Goethe: o problema da especialização.

Ao desempenhar os importantes papéis de representante da cultura e de modelo da *Bildung*, a figura de Goethe aponta para uma formação que tinha por objetivo último o desenvolvimento em conjunto das faculdades espirituais, assim possibilitando que o indivíduo se reconhecesse não somente nas criações de sua época, mas também no interior de uma longa tradição. Esse reconhecimento permite o julgamento das produções culturais e a participação no seu desenvolvimento, o que acarreta em um distanciamento das necessidades imediatas ligadas à aquisição dos meios de subsistência, à obtenção de benefícios financeiros e à observância de objetivos práticos. A *Bildung* seria a abertura do espírito para a universalidade; uma forma de pensar, mais do que uma educação voltada para o conhecimento de objetos específicos, que tem por finalidade a reunião das particularidades em uma totalidade. Desse modo, ela estaria contraposta à palavra *Erziehung*, comprometida com sentido de educação teórica ou estritamente moral. Mas não nos deixemos enganar, ao supormos que a *Bildung* desconsiderasse o âmbito particular em suas mais variadas formas, tais como o trabalho, o conteúdo de uma disciplina, a profissionalização, etc. A *Bildung* significa o contínuo exercício para o alcance da universalidade que atravessa as particularidades. Assim sendo, ela não pode ser entendida como o desenvolvimento de uma capacidade específica, tal como a habilidade de exercer algum ofício ou de ser versado em determinado assunto, mas sim a possibilidade de converter o particular em mediações. Essas mediações podem ser mais nítidas em alguns casos, como aquele de um médico que, na investigação de uma doença específica, é capaz de considerar o modo de vida do seu paciente, o local no qual este habita, algumas perturbações emocionais que influenciam o curso da doença. Simplesmente nesse exemplo verificamos que a formação não somente ligaria variados campos de conhecimento, mas que também significa a possibilidade de se colocar no

lugar do outro. Aquele que deseja traduzir um escrito ou conhecer uma nova cultura deverá igualmente ter essa possibilidade de, ao refrear as suas particularidades, ligá-las àquilo que é estranho no intuito de compreender. Portanto, a *Bildung* oferece um desenvolvimento orgânico das disposições estética, ética e cognitiva.

Um dos mais célebres personagens de Goethe, Fausto, oferece o perfil do conflito entre *Bildung* e especialização, na medida em que as disciplinas sobre as quais o personagem se debruçou — por si mesmas — não foram capazes de oferecer um conhecimento que encontrasse no próprio mundo a unidade. Nada seria mais contrastante com a figura de Goethe e, por conseqüência, com o seu personagem Fausto, do que os objetivos encarnados em Newton, para o qual devemos nos contentar com os poucos conhecimentos adquiridos ao logo das investigações: ainda que a totalidade do mundo não seja revelada por meio das poucas conquistas que fizemos, ao menos garantimos a certeza e a clareza daquilo que nos foi dado alcançar. Contudo, lembremos do cuidado que Heisenberg teve ao não permitir que reduzíssemos Newton à condição de cientista incapaz de atentar para a importância de elementos como a filosofia e a religião. Voltada para um público leigo, a conferência de Heisenberg tem por intenção evitar um julgamento precipitado e incorreto por parte dos seus ouvintes: por um lado, a precipitação se deixa caracterizar pela crença de que foram determinadas personalidades, por disposições particulares, que desenvolveram uma ciência separada da vida, ou seja, que teriam estipulado uma forma de conhecimento incapaz de articular diferentes áreas de investigação; por outro lado, ao precipitadamente acreditarmos que a ciência moderna é o produto de personalidades tacanhas, nós poderíamos erroneamente julgá-la como algo passível de ser abolido, como simples contingência que deveria ser extirpada para dar lugar a um conhecimento que nos reconciasse com o mundo. Ora, mas por qual razão a especialidade não pode ser suprimida da ciência moderna? Permaneceria nela algo como a espontaneidade que supostamente caracteriza o mundo da vida? Em que medida a ciência é capaz de alcançar a unidade do mundo?

Conforme observamos na conferência de Heisenberg, o primeiro risco da especialização se encontra na possibilidade de que o investigador não conheça os princípios da sua ciência e que ignore as conseqüências que dela possam ser derivadas. Quando Heisenberg se voltou para o caso da Física Ariana, bem destacou a profunda ignorância daqueles que criticam a física moderna como uma ruptura com a física clássica, e como uma simples especulação matemática vazia, acusações essas que somente se sustentam para aqueles não são capazes de reconhecer a presença de conceitos abstratos como pressupostos

sobre os quais a física clássica teve a possibilidade de florescer. Na idealização que perfaz o conjunto conceitual basilar da física clássica está contida a análise matemática dos eventos naturais e a ordenação dos seus fenômenos por meio de leis que se expressam matematicamente. Jamais a ciência poderia deixar de ser matemática ou abstrata, sob pena de simplesmente desaparecer caso perca esse aspectos fundamentais. O desconhecimento dos conceitos fundamentais também acarreta na ignorância sobre as possíveis conseqüências da ciência, visto que por eles são traçados os seus desenvolvimentos tecnológicos e os variados modos de aplicação da teoria. Isso não significa que o cientista seja capaz de prognosticar os empregos futuros da pesquisa, mas sim que poderá avaliar a adequação do seu uso. Ainda que no caso de Lenard e Stark os campos da biologia e da antropologia dispusessem de recursos teóricos para sustentar a idéia de uma ciência calcada na raça, todos os seus argumentos contra a física moderna poderiam ser derrubados por uma investigação do desenvolvimento conceitual desse campo de pesquisa. O uso da física segundo os princípios políticos defendidos por Lenard e Stark, e os ataques que realizaram à física teórica em prol da física aplicada, não passam de inadequadas compreensões dos seus princípios e suas relações com a técnica. Contudo, que um especialista conheça os princípios de sua ciência e que reflita sobre as decorrências de suas investigações não é suficiente para que seja considerado culto, não naquele sentido apresentado pela *Bildung*.

Ainda seria possível sustentar a *Bildung* como projeto de formação diante da complexidade da ciência moderna? Outra vez tomamos o texto de Weber sobre a ciência como vocação para vislumbrarmos algumas respostas. A multiplicidade de objetos que divide os variados campos de investigação exige o conhecimento detalhado para que se possa contribuir com as pesquisas em andamento. A clareza e o rigor oferecidos pela limitação do objeto, bem como a concentração dos esforços investigativos, não permitem que Goethe seja ainda erguido como exemplo de formação, visto que as imprecisões de suas análises sobre as cores comprovam que são produtos do diletantismo, da falta de treinamento teórico e prático num domínio restrito. Por mais que a clareza e a precisão não assegurem a permanência dos resultados que obtemos, já que não podemos esperar que as nossas pesquisas particulares sejam a última palavra na nossa ciência, ainda assim a concentração dos nossos esforços sobre um objeto limitado é a única maneira de acompanharmos, no plano do desenvolvimento teórico, as transformações realizadas pela comunidade de pesquisa. Tais condições da ciência exigem que o investigador conserve alguns elementos característicos da espontaneidade da vida cotidiana. Somente a paixão pode alimentar o empenho do investigador em um campo

delimitado, sabendo ele que a sua ciência jamais alcançará resultados definitivos ou revelará soluções para problemas de ordem ético-espirituais, tal como o lugar do homem no mundo. Mesmo a questão sobre o valor do objeto investigado somente pode ser respondida pelo próprio interesse que o indivíduo confere ao seu campo, sendo assim descartada a idéia de que algum objeto tenha dignidade em si. Em realidade, o valor é um pressuposto necessário como ponto de partida para aquele que deseja investigar: a ciência não pode derivar valores a partir dos fatos com os quais trabalha. Além do valor da pesquisa como pressuposto extra-científico que alimenta a paixão do investigador, ainda outro elemento de espontaneidade permanece na esfera da ciência: a criatividade. Nenhum método ou treinamento é capaz de assegurar ao cientista o engenho necessário para introduzir grandes modificações no seu campo. Até o diletante poderia contribuir com a ciência de modo mais significativo do que o especialista, ao dispor de uma idéia que resolva grandes questões de uma disciplina específica. Tal não significa a permissão para uma entrada descontrolada de diletantes na ciência, mas simplesmente para indicar a criatividade como elemento integrante da pesquisa, e que não é passível de controle. Ela é tão-só uma das características pertencentes à espontaneidade de esfera não especializada que continuam a contribuir após o advento da especialização.

No interior da ciência nada podemos ser além de especialistas, nem mesmo nos é permitido aspirar pretensões mais altas quando acreditamos que a ciência é a nossa vocação. Todavia, cabe observar se, para Heisenberg, a própria ciência se encontra em tal estado de especialização que inviabiliza a comunicação entre diferentes campos de investigação. Essa comunicação, caso exista, poderia nos fornecer uma imagem do mundo, um quadro da sua totalidade? Seria essa relação entre as ciências de natureza metodológica ou de conteúdo? Qual é o sentido adequado de uma imagem da natureza passível de ser extraída da ciência? A conferência sobre a teoria das cores em Newton e Goethe traz nos seus momentos finais os problemas da especialização e daquilo que nos é permitido esperar da ciência, em suas ligações com a vida e com a natureza em seu todo. Atentemos para o fato de que, ao fim da conferência intitulada *Recentes mudanças nos fundamentos das ciências exatas*, Heisenberg iniciou um esboço sobre a articulação dos campos de pesquisa, ligação esta que não poderia ser pensada como simples redução dos objetos ao conteúdo ou à metodologia de um setor determinado. Quando uma ciência já tem os seus conceitos fundamentais estabelecidos, ou quando surge a necessidade de que estes sejam reformulados, a relação desse campo delimitado com as demais disciplinas ocorre por meio daquilo que Heisenberg nomeou como salto intelectual. Todavia, somente na conferência sobre Newton e Goethe é que viemos a

descobrir de qual natureza é essa ultrapassagem, que ao mesmo tempo estabelece os laços e fronteiras entre os setores: o conceito de níveis da realidade. Na conferência intitulada *Sobre a Unidade da Imagem Científica da Natureza*, Heisenberg utilizará a história da ciência para demonstrar como pode ocorrer a articulação entre diferentes estruturas conceituais, assim como entre os níveis da realidade, particularmente no âmbito das ciências exatas.

2.2.1 A primeira unificação e sua insuficiência

A conferência *Sobre a Unidade da Imagem Científica da Natureza* foi proferida em 26 de novembro de 1941, na universidade de Leipzig. Logo em suas primeiras linhas, Heisenberg afirma que estamos testemunhando uma grande transformação nos aspectos do mundo. As contendas pela estruturação dessa nova configuração do mundo absorvem grande parte das nossas forças, na mesma medida em que nossas fontes conceituais são postas em jogo. Vagarosas modificações no pensamento e no desejo não possuem menores conseqüências do que aqueles efeitos produzidos por um evento singular. Conforme diz Heisenberg, são essas transformações lentas oriundas da esfera intelectual que, paulatinamente, podem oferecer uma nova configuração do nosso futuro. Quando o nosso autor nos convida para olharmos para tais modificações a partir de um ângulo diferente, sua intenção é demonstrar que não somente nos âmbitos político, social e histórico a estrutura do mundo estava se articulando de maneira inusitada, como era patente para os ouvintes de 1941. O ângulo do qual somos convidados a partir é o campo das ciências naturais, que estaria passando por um momento digno de ser descrito como espantoso. Os diversos setores das pesquisas naturais parecem revelar o início de uma grande unificação, por um movimento de confluência que os converteriam em uma entidade singular. É sobre essa unificação que Heisenberg deseja refletir com o seu público, mas chamando a atenção para o seguinte detalhe: “A forma na qual esse tópico tem sido suscitado já implica a admissão de que, até agora, as coisas não têm ido muito bem”⁹³

Para compreender por quais razões Heisenberg afirma que as coisas no presente não têm ido muito bem, faz-se necessário retornar ao início da ciência moderna, a fim de se verificar quais eram as aspirações alimentadas por aqueles que investigavam a natureza. Quando Galileu descobriu a lei da queda dos graves e Kepler estudou o movimento dos planetas, então havia uma idéia unificada da natureza, mas cuja constituição não era científica. O quadro do mundo era traçado pela crença na revelação supranatural, tal como

⁹³ HEISENBERG, Werner. “On the Unity of the Scientific Outlook on Nature”. In: *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966. p.77.

estabelecida pelas sagradas escrituras. A tarefa científica estava calcada no reconhecimento de Deus na obra da criação; e o estudo científico da harmonia que rege a ordenação das criaturas tinha por objetivo a glorificação do Criador. Heisenberg cita uma passagem do livro de Kepler, intitulado *Harmonia Cósmica*, para ressaltar que a investigação científica possuía como característica predominante a devoção. Os fenômenos naturais como campo de investigação resguardavam a sua dignidade por serem uma via de acesso à compreensão do autor do mundo e da posição do homem perante as demais criaturas: o livro da natureza complementava os livros da revelação. Ora, se o próprio mundo servia como signo da destinação moral e espiritual do homem, visto que nele estava inscrita a perfeição do seu autor, então a justificação das descobertas científicas não deveria ser exposta perante uma simples comunidade de sábios, mas sim perante Deus. Um erro na exposição das leis naturais, que por ventura estivesse desconforme em relação tanto ao livro da natureza quanto ao livro da revelação, significaria um conhecimento falso que poderia desviar o homem do correto rumo de sua salvação. Não se deve supor, portanto, que as manifestações de humildade expressas no texto de Kepler, bem como os pedidos do autor para que a graça divina ilumine as suas investigações, sejam um simples momento poético ou a exacerbação de sentimentos religiosos. Ao contrário do que vimos em Max Weber, no qual a vocação para a tarefa científica não é sustentada pela possibilidade de alcançar valores morais — e segundo o qual a dignidade do objeto é conferida pela paixão do investigador —, em Kepler observamos que o sentido da vocação ainda está estreitamente relacionado com o chamado de Deus para um conhecimento do mundo ligado à redenção. Heisenberg também considera a diferença dessa postura em relação a Galileu e Copérnico, para os quais era evidente um confronto entre o livro da natureza e aquele da revelação. As descobertas desses cientistas desencadearam a ultrapassagem da tradição resguardada pela igreja, assim como foram responsáveis pela cisão entre natureza e revelação. Investigação sobre a ordem natural do mundo não deveria mais ser julgada pela sua conformidade com o livro da revelação, do mesmo modo que a ciência da natureza não se presta mais como caminho para a confirmação das promessas presentes nas escrituras: a ordem natural deixa de espelhar a ordem moral.

Poucas décadas mais tarde, a tarefa da ciência — assim como o seu conceito de natureza — começa a sofrer uma grande modificação. As necessidades de estabelecer uma ordenação matemática para as observações dos fenômenos, de conferir clareza e explicação aos eventos por meios de delimitações dos campos de pesquisa em conformidade com as leis que regem objetos específicos, todos esses fatores se mostraram eficazes para o conhecimento

do mundo natural. Todavia, essa mesma delimitação revelou a imensidade da tarefa científica e a dificuldade para as investigações. No início século XVIII, paulatinamente o objetivo da ciência deixa de ser a contemplação no mundo do plano erigido pelo seu supremo autor, exatamente por conta da impossibilidade de se abarcar a totalidade da natureza. O investigador permaneceria apenas nos portais que indicam o início de um imenso campo investigativo ainda desprovido de cultivo. Heisenberg toma Newton como o exemplo dessa atitude diante da natureza. Ora, anteriormente já expusemos qual é o sentido da atitude representada por Newton, mas faz-se necessário explicitar melhor as suas características quando buscamos confrontá-la com aquela de Kepler. Já que a atitude significa o modo de questionamento e investigação da natureza, Newton é o representante de uma nova forma de pensar e de uma nova metodologia que abriram o mundo natural para a expansão científica. Os processos naturais se configuram, desde então, como um emaranhado de elementos simples, as leis, que devem ser desafiadas pela limitação do campo de investigação, no qual os procedimentos experimentais serão aplicados, e a ordenação dos eventos apresentada segundo expressões matemáticas. Tal método não tem por princípio imediato o entendimento do *todo* da natureza, mas sim a análise detalhada de eventos circunscritos. Se, por um lado, a análise dos fenômenos deve se manter em um domínio específico, por outro lado, o modo de questionamento e investigação pertencente à mecânica clássica — da qual o princípio de delimitação participa— serviu como via de acesso privilegiado aos fenômenos, e como modelo de organização dos mesmos. Por certo que os fenômenos ópticos ainda não haviam encontrado uma explicação adequada segundo o modelo mecânico, visto que a teoria corpuscular da luz segundo a especulação de Newton havia dado lugar à teoria ondulatória; igualmente os fenômenos concernentes à natureza animada até então não foram submetidos ao modelo mecânico. Contudo, esse modelo era considerado como a base de investigação, e tais fenômenos que não haviam encontrado um lugar de pesquisa no seu interior eram considerados como partes de um campo infinito que, cedo ou tarde, acabariam por ser organizados segundo os seus princípios.

O curso dos séculos seguintes comprovou a assunção dos princípios acima descritos. O século XVIII alcançou decisivos avanços para o entendimento dos fenômenos elétricos. Nesse momento, surge a química como setor de pesquisa, importantes descobertas astronômicas emergem, e são coletadas e realizadas diversas experiências da vida animal e vegetal. O século XIX encontra o princípio de unificação entre calor e mecânica, o qual também permitiu a junção da eletricidade e do magnetismo ao seu conjunto de axiomas, o que

se configura como uma reunião de fenômenos sob leis gerais comuns, tal como aquela realizada por Newton. Não era possível prever que tão rapidamente as pesquisas se aprofundassem e adquirissem tal grau de expansão. Todavia, Heisenberg apresenta algumas conseqüências que nos tornam apreensivos diante desse desenvolvimento:

Esse desenvolvimento levou inevitavelmente a uma atomização da ciência, na qual cada seção ofereceu tal riqueza de problemas que nenhum indivíduo particular pode esperar dominar completamente mesmo uma sub-seção. Isso também levou à tão lamentada especialização e a uma nova avaliação do trabalho científico. Previamente, a força condutora da pesquisa tinha sido o desejo de conhecer o mundo não em todas as suas ramificações, mas sim como um todo — para reviver o Plano da Criação. Hoje em dia, o orgulho do cientista é o amor pelo detalhe, a descoberta e sistematização das menores revelações da natureza dentro de um campo estreitamente circunscrito. Isso é naturalmente acompanhado por uma alta estima pelo artesão em um tema específico, o “virtuoso”, a expensas de uma apreciação do valor das inter-relações em uma grande escala. Durante esse período dificilmente se pode falar de uma visão unificada da ciência, não na medida em que concerne ao conteúdo. O mundo do cientista individual é aquela estreita seção da natureza à qual devota o trabalho da sua vida.⁹⁴

Heisenberg alega que então havia um método comum entre os setores de investigação, metodologia esta cuja mais evidente expressão é a mecânica de Newton. A finalidade contida nesse método era a possibilidade de calcular todo o movimento da natureza, a partir dos dados iniciais; tal objetivo não ficava restrito ao campo da física, mas era assumido como princípio geral de investigação para todos os setores. O conhecimento passível de ser extraído através desse método recebe a sua melhor caracterização em Laplace, cuja ficção do demônio assinala que o conhecimento das condições do estado atual do mundo permitiria a previsão de todo o seu desenvolvimento futuro. Ao menos segundo os princípios, todas as leis da natureza poderiam ser remetidas a um conjunto simples de axiomas, assim formando o edifício da natureza por meio de uma arquitetônica mecânica. Nessa medida, pressupõe-se que nenhuma estrutura conceitual divergente dos princípios mecânicos poderia adentrar na investigação da natureza. Heisenberg começa então a demonstrar como a esfera do orgânico representava um grave ponto de resistência à investigação segundo os princípios mecânicos. Nosso autor toma como exemplo o vitalismo enquanto conjunto conceitual que orientava a investigação da natureza, mas com princípios independentes da física e da química. Ainda que fenômenos elétricos e magnéticos fossem relacionados com o élan vital, mesmo assim era assumido

⁹⁴ HEISENBERG, Werner. *Idem*. pp. 79-80.

como *a priori* que a matéria viva possuía um caráter completamente diverso ao da matéria inanimada, sendo por isso impossível que os fenômenos orgânicos fossem submetidos à linguagem matemática. Essa diferença da matéria levou vários químicos a renegarem a possibilidade de sintetizar compostos orgânicos a partir da química inorgânica. Tal separação entre a esfera do vivente e a da matéria morta encontra a sua melhor expressão na filosofia natural produzida pelos românticos, os quais chegaram a propor todo um entendimento da ordem natural segundo os princípios que pareciam reger o organismo. Contudo, o romantismo não foi capaz de superar a clareza e a segurança oferecidas pela metodologia mecânica que unificava as ciências exatas.

Na segunda metade do século dezenove, segundo Heisenberg, talvez fosse possível falar de uma unificação metodológica da ciência. Em primeiro lugar, porque as descobertas de Wöhler⁹⁵ comprovaram o caminho para que a separação entre orgânico e inorgânico fosse superada, na medida em que demonstrou como elementos orgânicos se prestavam à síntese a partir da matéria inorgânica: a unidade entre as duas formas de matéria tem como pano de fundo a assunção pela química da hipótese atômica. Nessa medida, já que as leis mecânicas governariam os elementos da matéria, então não havia qualquer limite inerente ao objeto que inviabilizasse a metodologia da mecânica. Ainda como apoio para a introdução da mecânica no campo do vivente vem à luz a teoria da evolução das espécies, de Darwin. Com ela era possível introduzir as explicações em termos de causa e efeito naquele domínio cujo objeto era pensado como uma unidade auto-constituída, pois elementos exteriores ao organismo e aleatórios contribuía para a sua formação. Ora, mas quais princípios são esses, inerentes à mecânica, que consistem no arcabouço metodológico que erigia a unidade das ciências exatas? Tal como descrito por nós em outros momentos, nessa ocasião Heisenberg mais uma vez afirma que os princípios que articulam as ciências exatas podem ser sumariamente apresentados do seguinte modo: a natureza consiste na matéria submetida, em conformidade com as leis naturais, à mudança no espaço e no tempo por ação e reação. Essas modificações podem ser entendidas no que concerne tanto ao movimento no espaço, quanto às modificações internas nas partes do indivíduo, como alteração das qualidades materiais representadas pela cor, pela temperatura, pela forma, pelo estado. Tais modificações podem ser remetidas aos movimentos dos constituintes últimos da matéria, ou seja, os átomos. Conforme diz Heisenberg:

⁹⁵ Friedrich Wöhler (1800-1882) foi o primeiro a sintetizar um composto orgânico, a uréia, em laboratório.

Nós podemos considerar tal visão como uma idealização da natureza, na qual espaço e tempo são tratados como categorias independentes, no interior das quais os eventos são projetados como acontecimentos objetivos. É precisamente nessa idealização que a mecânica de Newton está baseada; e, como nós vimos, a mecânica era o exemplo metodológico para todas as ciências.⁹⁶

Para Heisenberg, as diretrizes conceituais provenientes da mecânica logo se mostraram insuficientes para guiar todos os setores da investigação científica, sendo assim impossível que ela estabelecesse uma firme unidade da ciência. O sistema conceitual da química em grande parte se desenvolveu de modo independente em relação à física, ao trabalhar especificamente com a análise das qualidades da matéria. Na biologia, a estrutura conceitual que orienta as suas investigações está calcada em conceitos como os de crescimento, metabolismo e hereditariedade, os quais fornecem um modo de lidar com o objeto absolutamente diferente se comparado com a metodologia da mecânica. Por fim, Heisenberg também indica que a visão da natureza oferecida pela mecânica não é capaz de oferecer explicações para os processos mentais, incapacidade esta a qual responsabiliza, em parte, pela divisão das atividades do espírito em uma esfera científica e nos domínios da arte e da religião. Heisenberg acusa as divisões promovidas pela mecânica como produtoras de uma visão da natureza pouco convincente, ao mesmo tempo como incapaz de prevenir a repartição da ciência em disciplinas cada vez mais especializadas, desprovidas de conexões. Dessa forma, Heisenberg observa que a tecnologia e a aplicação prática do conhecimento científico ocuparam o lugar da *universitas literarum*, já que são esses os produtos que interligam as disciplinas e promovem a relação entre o meio acadêmico e a vida cotidiana. As descobertas realizadas no início do século XX indicam que a ciência começa a se unificar por intermédio de diferentes perspectivas conceituais, movimento este que pouca dúvida deixa sobre a superação da visão científica unilateral própria ao século XIX, bem como sobre o surgimento de novas formas de pensamento.

2.2.2 Início da segunda unificação

A nova unificação vislumbrada por Heisenberg não está calcada em princípios metodológicos, mas se refere ao conteúdo de cada ramo da pesquisa científica. Já na segunda metade do século XIX, os experimentos demonstraram a fusão de dois campos de pesquisa, a mecânica e a teoria do calor, exatamente pelo fato de que o aumento da temperatura de um

⁹⁶ HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.82.

corpo acarreta na aceleração de suas partículas. Se anteriormente os fenômenos do calor e do movimento eram considerados como absolutamente distintos, agora eles passam a pertencer a uma mesma realidade física. Também nesse momento, as teorias de Maxwell conduzem os fenômenos ópticos ao campo de pesquisa dedicado aos processos eletromagnéticos, descrevendo a luz como onda eletromagnética e, dessa forma, retirando da óptica a condição de campo autônomo. A sistematização dos conceitos basilares do eletromagnetismo por meio da teoria de Maxwell indica um momento em que esse campo de investigação passa a ser de uso comum para todos os ramos das ciências exatas. Tal abrangência da teoria em diversos setores se deve ao fato de que não seria mais necessário estabelecer os conceitos fundamentais que permitem o entendimento desse campo fenomênico, sendo assim cabível que as ciências empreguem as descobertas dessa área— que já se encontra estabilizada — para possíveis relacionamentos com o seu próprio setor. Por outro lado, quando os princípios teóricos de um setor já se encontram sistematizados, quando não mais é o caso de contínuas experimentações para a correção dos princípios teóricos, então esse campo poderá direcionar grande parte das suas pesquisas ao desenvolvimento tecnológico: a tecnologia é um dos produtos de um setor específico que acaba por se espalhar pelos demais ramos investigativos. Quando a teoria de Maxwell resolveu os problemas fundamentais da óptica por meio do eletromagnetismo, então o interesse de pesquisa se voltou para o aperfeiçoamento dos instrumentos ópticos. Esse fechamento de um determinado setor, no que concerne à resolução dos seus problemas fundamentais, abre espaço para que as forças de pesquisa se dirijam àqueles campos nos quais os conceitos fundamentais ainda não foram estabelecidos, como era o caso da teoria atômica.

A primeira tarefa da física atômica foi reduzir todas as propriedades da matéria ao movimento de suas partículas constituintes, permitindo assim que as disciplinas da física e da química fossem direcionadas por uma rota única: a resistência da matéria, a cor, as propriedades químicas e todos os demais atributos que os sentidos apreendem na matéria macroscópica, somente existiam por conta das interações na esfera microscópica, por isso tornado impossível que fossem atribuídos aos átomos. A teoria atômica, como hipótese fundamental sobre a qual a química se fundamentava a partir do século XIX, permitiu a descoberta de que os seus elementos, como o carbono, não eram constituído por estruturas moleculares, mas sim que estas poderiam ser divididas até que se encontrasse o elemento puro indivisível, como o átomo de carbono. Ainda que a molécula pudesse ser considerada como elemento fundamental ao menos no campo da química, as investigações no âmbito da física perguntavam pela condição de possibilidade que conferia a estabilidade tanto dos elementos

atômicos quando das ligações moleculares. Tal estabilidade se revela pelo fato de que a maior parte dos elementos químicos conserve suas qualidades. Por exemplo, pela estabilidade dos átomos de ouro é possível detectar a sua presença em um composto químico, por meio de análise espectroscópica, visto que ele sempre apresentará uma frequência característica no interior do espectro de luz. Ora, nem mesmo na mecânica clássica tal estabilidade das características de um sistema foi detectada, visto que as órbitas planetárias são passíveis de quebras em sua constância por conta da mútua influência exercida não só pela massa dos planetas, mas também por corpos como asteróides. Ainda mais grave se torna a explicação da estabilidade química, por meios não mecânicos, quando nos defrontamos com aquela parcela de elementos que perde as suas características iniciais ao longo do tempo, como é o caso daqueles classificados como radioativos.

Somente em 1900, quando Planck anuncia a hipótese quântica, é que a estabilidade atômica começou a receber uma explicação. Heisenberg, em sua conferência, diz que tão-só apontará para alguns fatores no processo histórico de desenvolvimento da mecânica quântica, bem como na teoria atômica de Bohr. Com as investigações da emissão de calor pelos corpos negros, Planck descobriu que a irradiação emitida pelos átomos era de natureza descontínua, como se um sistema que irradiasse somente pudesse fazê-lo de modo definido, segundo valores discretos de energia. Um pouco mais tarde, os experimentos realizados por Rutherford levaram-no a formular um modelo atômico semelhante à órbita planetária, na qual o núcleo do átomo, carregado positivamente e concentrando a maior parte da massa, era cercado por órbitas de elétrons carregados negativamente. A estabilidade dessas órbitas somente foi explicada posteriormente, por Bohr, com a introdução do caráter descontínuo da emissão de energia, assim convertendo as órbitas em estacionárias, e explicando a emissão e absorção de radiação pelo elemento como a passagem dos elétrons para órbitas superiores ou inferiores, isto é, para níveis de energia mais baixos ou mais elevados. Todos esses fatores permitiram a constituição primordial da mecânica quântica, responsável pela formulação das leis matemáticas que governam a estrutura atômica. Todos os entraves teóricos erguidos até então pelos experimentos, no que concerne aos conceitos fundamentais, foram solucionados pela física atômica. Heisenberg diz que, no momento em que profere a sua conferência, os limites do conhecimento vigente permitem, ao menos em princípio, o cálculo e a explicação de grande parte dos fenômenos atômicos responsáveis pelas características macroscópicas da matéria. Para os elementos simples, já era então possível explicar, como no caso exemplar do hidrogênio, as razões para a estabilidade de sua órbita, suas propriedades químicas, o espectro

de sua irradiação, seu comportamento em baixas temperaturas, bem como demais propriedades correlatas. Já no caso de substâncias complexas, já era possível explicar as propriedades de condução do metal e a estrutura dos cristais. Tal estrutura conceitual pertencente à mecânica quântica, capaz de relacionar uma série de eventos antes considerados como díspares, em muito se assemelha com a capacidade conceitual apresentada pela mecânica newtoniana, ao unificar os fenômenos celestes e terrestres sob uma base comum.

Todavia, Heisenberg alerta que um grave preço deve ser pago para o alcance da unificação delineada pela mecânica quântica. A medida desse preço é dada pela perda da concepção de natureza presente no século XIX, isto é, pela perda da concepção de realidade segundo os princípios da física clássica. O átomo se converteu em uma entidade que não pode ser apreendida pelos nossos sentidos, nem mesmo passível de ser exposta por imagem. Nem mesmo os menores constituintes da estrutura atômica possuem em si qualquer determinação geométrica ou mecânica antes que o aparato experimental interfira na apresentação do elemento. Como já dissemos anteriormente, a análise de alguma característica prevista segundo a estrutura conceitual da física clássica, tal como é o caso do curso de uma partícula, somente é possível em detrimento da análise de outra característica, como o momento. Os conceitos clássicos somente são utilizados naqueles experimentos nos quais é possível a sua verificação, ficando os mesmos excluídos para aqueles experimentos nos quais se faz necessário o emprego de conceitos próprios à mecânica quântica, tais como os conceitos de spin e de função de onda. Nessa medida, faz-se necessário afirmar que as estruturas conceituais da mecânica quântica e da mecânica clássica são complementares, ou seja, na circunstância experimental em que uma é empregada para a determinação do evento, a outra tem de ser suspensa. Por certo que isso não significa de forma alguma a aniquilação dos conceitos clássicos, mas somente que o todo da natureza não deve ser determinado segundo os seus princípios. Os fenômenos da esfera microscópica não podem ser de todo entendidos segundo as condições clássicas de objetivação, cujo cerne pode ser expresso como a verificação precisa das modificações de um evento no espaço e no tempo. Somente por meio de observações específicas, cujas determinações são conferidas pelas questões que se deseja investigar, pelo aparato tecnológico que se deseja empregar, pela estrutura metodológica que será aplicada, é que o fenômeno pode ser objetivado: todos esses fatores são as condições para que se empreguem os conceitos clássicos e, por consequência, para que se obtenha um fenômeno objetivo segundo as regras dadas pelos conceitos da mecânica newtoniana. Nessa medida, a mecânica clássica passa à condição de caso limite em uma estrutura metodológica e

conceitual mais ampla. Curiosamente, as qualidades antes julgadas com responsáveis por encobrir a objetividade, como é o caso das cores, puderam receber uma formulação matemática das leis que as regem, e também puderam receber a objetividade em conformidade com as categorias de tempo, de espaço e de causalidade. Porém, as características antes consideradas como verdadeiramente objetivas, como a posição e o momento, não servem mais como atributos inerentes a todos os fenômenos físicos. Heisenberg demonstra assim a unidade entre física e química no plano dos conteúdos, ainda que permaneçam as fronteiras entre o âmbito macroscópico e o microscópico. Nosso autor assinala para as possíveis resistências à unificação da física e da química, não por conta da recusa em se constatar as relações entre os seus conteúdos, mas pela negação da interpretação teórica da mecânica quântica, a qual obriga uma limitação dos conceitos clássicos.

2.2.3 As relações da nova unificação: o caso da biologia

Ao final de sua conferência sobre a teoria das cores em Newton e Goethe, Heisenberg propôs a idéia de âmbitos da realidade. O nível mais inferior corresponderia à física clássica, cujos conceitos são capazes de oferecer a objetivação dos fenômenos e fornecer explicações segundo a mecânica newtoniana. O nível imediatamente superior concerniria à mecânica quântica, na qual a objetivação depende do aparato metodológico-instrumental para a sua realização, não sendo possível a aplicação em todos os casos da estrutura conceitual da física clássica. Os níveis superiores poderiam ser chamados de subjetivo, na medida em que são os conceitos que determinam a efetividade dos fenômenos. Em seu texto *Sobre a Unidade da Imagem Científica da Natureza*, Heisenberg apresenta a biologia como âmbito imediatamente superior à mecânica quântica, cabendo investigar as possibilidades de sua relação com as descobertas advindas da física moderna.

Por um logo tempo, a física e a química eram campos cujos princípios se contrapunham frontalmente aos conceitos concernentes à vida, bastando que recordemos os confrontos entre vitalismo e mecanicismo. Como já vimos anteriormente, o vitalismo supõe que os processos do organismo são básica e qualitativamente diferentes daqueles que ocorrem na matéria inanimada; e essa diferença já seria marcada pelos conceitos empregados no estudo dos seres vivos, tais como os de metabolismo, crescimento, propagação, adaptação, etc. Todos esses conceitos partem da suposição fundamental de que o organismo é um sistema, cujas partes são interdependentes e se determinam mutuamente. Já que não seria possível conceber o ser vivente como o simples produto da junção mecânica de suas partes, como se os seus

elementos pudessem ser nele acrescentados por um agente externo, então é suposto que ele possua internamente o seu próprio princípio causal. Evidentemente, caberia alegar que as partes do organismo podem ser reduzidas aos seus constituintes físicos e químicos, mas o problema está na junção dessas partes de modo a formar um todo, cujos elementos mutuamente se constituem. A origem do organismo por pura agregação mecânica, tendo como base as leis clássicas da física e da química, é tão improvável quanto a explicação da formação dos cristais segundo as regularidades da mecânica newtoniana. Em contrapartida, a teoria mecanicista defende que o organismo seja explicado pela redução da sua estrutura aos seus elementos físicos e químicos, visto que nas investigações sobre o ser vivo jamais foi observado qualquer fenômeno que indicasse algum desvio em relação a essas leis elementares. Além disso, nenhuma regularidade ou propriedade observável na matéria em geral, da qual também o organismo é constituído, poderia ser explicada por princípios extrínsecos àqueles estipulados pela física e pela química. Os progressos alcançados pelas ciências da vida foram capazes de explicar vários processos orgânicos exclusivamente segundo leis físico-químicas, como são os casos da troca de calor no organismo, da condução elétrica pelos nervos, da síntese de hormônios, etc. Contudo, ainda que elementos e processos orgânicos encontrem explicações na bioquímica e na biofísica, não há explicação para a organização do ser vivente. Por mais que seja conhecida grande parte das cadeias bioquímicas, por exemplo, como aquelas responsáveis pela coagulação sanguínea ou pelos processos imunológicos, o fato de que essas sejam constituídas por processos em *feedback*, ou seja, que os elementos iniciais influenciem os derradeiros, ao mesmo tempo não sendo possível a alteração de um único agente sem que toda a série da cadeia seja interrompida, não é possível uma explicação de sua formação puramente segundo leis mecânicas ou químicas. Caso tentemos reduzir esses processos aos elementos genéticos, supondo que a sua estrutura é capaz de esgotar as explicações, tão somente cairemos em um problema mais grave: como é que de modo aleatório os elementos genéticos se formaram paulatinamente até constituírem um sistema bioquímico, sendo que todo sistema somente pode funcionar com a presença de todas as suas partes? Parece que ainda nos encontramos na mesma situação que a de Kant, quando afirma sobre os seres vivos:

Pode sempre acontecer que, por exemplo, num corpo animal muitas partes pudessem ser compreendidas como concreções segundo leis simplesmente mecânicas (como peles, ossos, cabelos). Porém a causa que aí arranhou a matéria adequada modifica-a, forma-a e coloca-a nos respectivos lugares, de tal maneira que tem de ser sempre ajuizada

teleologicamente, de tal modo que tudo nele tem que ser considerado como organizado e tudo também, por sua vez, é órgão dentro de uma certa relação com a coisa mesma.⁹⁷

Para Heisenberg, o problema das leis que devem ser utilizadas no estudo do organismo pode aparecer sob uma luz completamente nova, caso tomemos, assim como fez Bohr, as descobertas da mecânica quântica como um caminho metodológico. Assim como os princípios que regem o vitalismo parecem frontalmente opostos àqueles que pertencem à escola mecanicista, também a mecânica quântica manifesta uma grave contradição em relação aos pressupostos da mecânica newtoniana. Segundo a física clássica, as propriedades de um sistema podem ser estipuladas quando detemos o conhecimento de suas condições iniciais, e os seus conceitos se prestam à aplicação quando somos capazes de verificar empiricamente tais atributos. Já a mecânica quântica possui um conjunto de conceitos que não se ligam imediatamente ao da mecânica clássica. A aparente contradição é resolvida quando diagnosticamos que não é possível obter, em nível quântico, um conhecimento acurado das propriedades do sistema por conta da intervenção que o aparato metodológico-instrumental exerce sobre a constituição do fenômeno. A mesma situação se deixa aplicar no que concerne a análise do organismo pela biologia. O completo conhecimento das estruturas orgânicas muitas vezes pode requisitar o emprego de aparelhos, tal como o microscópio eletrônico, que acabam por destruir a vida, por exemplo: uma célula não pode ser submetida à microscopia eletrônica e manter as funções que asseguram a sua vitalidade. Casos de intervenções que acabam por modificar o funcionamento do organismo também são encontrados na aplicação de marcadores fluorescentes por meio de anticorpos, ou naquelas análises do funcionamento do cérebro, que visam investigar as áreas afetadas por determinados estímulos. Em ambos os casos, as condições experimentais acabam por influenciar na produção do fenômeno, mas não como impurezas que poderiam ser extirpadas caso as condições laboratoriais fossem melhoradas, e sim porque as intervenções do meio sobre o organismo acabam por provocar diferentes respostas. Conforme expõe Heisenberg, aquele limite entre mecânica clássica e mecânica quântica também poderia existir na esfera da biologia, já que a análise físico-química do organismo representaria uma fronteira para a investigação das atividades orgânicas em ação, e cujos conceitos fundamentais são os de crescimento, nutrição, reprodução, função, etc. Todavia, não é somente pelo meio metodológico que a mecânica quântica poderia contribuir para a biologia. No que diz respeito ao conteúdo, o seu emprego poderia ocorrer nos estudos da bioquímica, particularmente quando se trata da divisão celular

⁹⁷ KANT, Immanuel. *Crítica da Faculdade do Juízo*. Tradução de Valério Rohden e Antonio Marques. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995. p. 220.

e da duplicação dos cromossomos e genes. Talvez o estudo genético das mutações, segundo Heisenberg, deva se remeter a investigações em nível atômico, visto que uma única ligação molecular nos genes poderia alterar todo o desenvolvimento futuro do organismo. Dessa forma, as leis estatísticas da mecânica quântica assumem diretamente uma importância prática para o comportamento dos seres vivos.

A relação entre a química orgânica e a biologia das menores partes do organismo somente pode ser estabelecida quando o conhecimento da química e da física encontrar os limites para o seu emprego na descrição dos fenômenos da vida. Tal conhecimento seria capaz de demonstrar as barreiras, impostas pelas leis da natureza, que impedem a redução da biologia a disciplinas supostamente mais elementares, e ainda conservaria a especificidade das leis que regem os seres vivos. Ainda que esses campos possam ser delimitados, as transformações advindas com a física moderna aproximaram a biologia daquelas ciências ditas exatas, como pudemos observar nos âmbitos da metodologia e do conteúdo. Heisenberg afirma que somente um conhecimento mais aprofundado dos fenômenos biológicos ofereceria uma verdadeira reunião da química, da física e da biologia. Todavia, sob o aspecto metodológico, essa unificação não ocorrerá no mesmo sentido daquele manifesto pela física clássica, à qual Heisenberg julga como possuindo uma estrutura conceitual que impedia a participação de conceitos que não dispusessem dos pressupostos da objetividade por ela sustentados. A mecânica quântica teria contribuído para que diferentes estruturas conceituais participem da compreensão do que seja a realidade, de tal modo que a unificação não tenha o caráter apenas metodológico, mas que acomode todos os setores da natureza de maneira a formar uma concepção única. Física, química e biologia dizem respeito a diferentes níveis da realidade; suas relações não devem ser concebidas segundo pressupostos reducionistas, pois essa reunião dos diferentes aspectos do real ainda precisa dar espaço também para aqueles eventos que tratam dos níveis da consciência e do espírito, garantindo a especificidade dos pressupostos conceituais que lhes são próprios. Aqueles princípios que regem a mecânica clássica eram apenas idealizações que asseguravam o nosso desejo de conhecer a realidade de modo objetivo, e não estruturas que constituem definitivamente a nossa percepção ou são inerentes às nossas faculdades cognitivas. É necessário então que as teorias do conhecimento e percepção igualmente se modifiquem, pois encontramos na mecânica quântica uma região da realidade que não obedece às assunções de que todos os eventos passíveis de conhecimento acurado ocorrem em um espaço tridimensional apartado de um tempo de curso linear uniforme, segundo leis das quais a metodologia e o instrumental não contribuem para a

constituição do fenômeno. Ainda que seu caráter seja estatístico, a mecânica quântica tornou possível, mesmo ultrapassando a mecânica clássica, descrever as regularidades dos fenômenos atômicos. Assim sendo, os diferentes níveis da realidade devem ser considerados como complementares, naquele sentido atribuído por Bohr, e tratados singularmente como vias diferentes para a investigação, todos eles contribuindo em alguma medida para a formação de uma concepção única da natureza. Temos aqui, mais uma vez, um quadro das relações entre as regularidades da natureza que não segue o modelo clássico, segundo o qual as leis deveriam ser reduzidas a princípios últimos. Cada nível da realidade poderá manter as suas relações com os demais ao ter demarcado as suas fronteiras. A idéia de fronteira deverá aqui ser entendida como os limites nos quais um conjunto de conceitos podem ser empregados para a determinação de um grupo de fenômenos, e como as vias de passagem que interconectam o conteúdo e a metodologia de um nível com os demais. Contudo, para Heisenberg, estamos ainda longe de alcançar uma unidade na concepção de natureza, mas é exatamente nessa direção que os nossos esforços devem ser empregados:

Dessa forma, já não estamos na feliz posição de Kepler, o qual viu as inter-relações do mundo como um todo segundo a vontade do seu criador; aquele que acreditava — com o seu conhecimento da harmonia das esferas — estar no limiar do conhecimento do Plano da Criação. Mas a esperança por um todo interconectado de forma excelente, no qual nós podemos penetrar mais e mais, permanece por dirigir também as nossas forças⁹⁸

⁹⁸HEISENBERG, Werner. *Idem*. p.94.

3 CONCLUSÃO

Alcançamos o momento de uma completa explicitação daquilo que denominamos, em nossa introdução, como a Idéia de transformação em Werner Heisenberg. Inicialmente havíamos dito que nos debruçaríamos sobre a Idéia que perfaz o horizonte de questionamento e investigação próprio à ciência moderna, este constituído por conceitos fundamentais que demarcam um modo específico de lida com a natureza, de explicação dos seus eventos, de articulação do conhecimento, de expectativa do que se poderá saber e de como intervir no mundo natural. Como Heisenberg afirma, a maneira comum pela qual o cientista geralmente tenta progredir na ciência é a sua inserção numa pesquisa em andamento, assumindo desde o princípio os pressupostos pertencentes ao campo de investigação. Por outro lado, aquele que deseja compreender os rumos tomados pela ciência deverá se voltar para as diferentes formas que uma questão foi colocada, sob a luz de conceitos diferentes e modos de pesquisa diversos, a fim de que tenha clareza sobre o seu modo de questionamento e investigação, para que tenha a visão do horizonte no qual está inserido. Se, de início, o modo de investigação do cientista é a assunção dos princípios pertencentes a um campo teórico, como surge então, em Heisenberg, a questão mais ampla sobre o modo de investigação e questionamento da natureza? Qual é a razão que reclama a compreensão desse horizonte e quais são as especificidades do mesmo? A pergunta que desejamos formular é simples: como o horizonte se abre, enquanto tal, para Heisenberg?

Observamos em Heisenberg que a clareza sobre o modo específico de investigação e questionamento da ciência moderna surge quando os conceitos fundamentais pertencentes a esse horizonte não mais podem ser aplicados a determinados fenômenos. Os pressupostos são reconhecidos como tais, e não como estruturas fundamentais que determinariam todas as possibilidades de investigação da natureza. A querela entre Heisenberg e a Física Ariana expressa claramente que Lenard e Stark representam a tentativa de manter esses antigos pressupostos como os únicos que conduziram a pesquisa científica. É de extrema importância notar que o foco dessa disputa está lançado sobre a tradição da pesquisa científica. Tanto por parte daqueles que atacam a física teórica quanto por parte dos seus partidários, a possibilidade de que os conceitos fundamentais fossem postos em questão trouxe para o interior das ciências exatas a sua *história*. No caso da Física Ariana, os pressupostos fundamentais, bem como a tradição da pesquisa científica, foram remetidos ao conceito de raça, para a eles conferir um caráter imutável. No caso de Heisenberg, os pressupostos aparecem enquanto tais, e não são remetidos a qualquer estrutura imutável, seja ela como

princípio cognitivo ou forma inerente à percepção e à natureza. Nosso autor demonstra que, ao seguir os conceitos fundamentais legados pela física clássica, a pesquisa científica se deparou com o limite para a aplicação e uso dos mesmos: a natureza passou a resistir à estrutura teórica que desejávamos lhe conferir. A física moderna se vê perante a necessidade de cunhar novos conceitos, mas não no simplório sentido de formular novas teorias. Já que os conceitos fundamentais da física clássica conferiam o modo de questionamento e investigação da natureza, então a transformação desses conceitos acaba por requisitar o questionamento das nossas expectativas do que seria possível conhecer, do modo como esse conhecimento se dá, da nossa relação com a natureza, da relação entre os setores de investigação e, como reunião de todos esses aspectos, sobre a relação entre o modo de investigação e questionamento antigo e aquele que se abre. No texto de Heisenberg, a necessidade de que essa última relação seja pensada está marcada de forma explícita na tentativa de demarcar o lugar próprio dos conceitos clássicos, ou seja, de limitar o campo específico de sua aplicação.

O recurso contínuo que Heisenberg faz à história não se deve à simples tentativa de traçar uma historiografia dos conceitos das ciências exatas, mas sim como esforço por encontrar a articulação entre o modo de investigação e questionamento antigo e aqueles que se abre com a física moderna. Não é por outra razão que Heisenberg sistematicamente renega que a física teórica seja qualificada como uma revolução. Ela não é a tentativa de instaurar uma concepção absolutamente nova do que seja a natureza; ela não destrói os conceitos clássicos, mas sim tenta encontrar a articulação entre dois modos de questionamento e investigação da natureza. Heisenberg destaca que, mediante os novos conceitos advindos com as teorias da relatividade e com a mecânica quântica, pelo seu enorme contraste com o que era pressuposto classicamente, a ciência tem necessariamente que se haver com a sua história. Não que o cientista tenha de ocupar o lugar do historiador, mas sim que a modificação de conceitos fundamentais requisita a rearticulação do horizonte de questionamento e investigação. A *ciência* tem de se haver com a sua história na medida em que encontra o lugar específico de antigos conceitos, abandona alguns pressupostos, restringe formas de lidar com a natureza a âmbitos específicos, reformula as expectativas sobre o que nos é dado conhecer. Se, por um lado, a Idéia significa o horizonte de questionamento e investigação da natureza, por outro lado a transformação significa a necessidade de re-articular esse horizonte. Já a pergunta pela Idéia de transformação significa o modo de re-articulação do horizonte de questionamento e investigação. Para Heisenberg, há dois modos como isso se dá: o primeiro, como sacrifício, já o segundo, como restrição.

Quando nos deparamos no primeiro capítulo com o termo *Verzicht*, sua tradução pela palavra sacrifício talvez tenha causado alguma estranheza. A palavra renúncia, julgada primeiramente como a mais apropriada para a tradução, possivelmente não resguardaria o movimento que Heisenberg tentou expressar quando destacou as diferenças nos modos de questionamento e investigação pertencentes à antiguidade e à modernidade. Ora, o sacrifício é uma negação em prol de uma conquista, ele promove um desligamento em favor de uma nova ligação: nesse sentido, o sacrifício não é meramente uma recusa ou uma abdicação, a não ser que esta seja complementada com a expressão *em prol de*. Quando Heisenberg descreve a passagem do modo de questionamento e investigação pertencentes à antiguidade para aquele próprio à modernidade, então nosso autor indica que esse horizonte se transformou completamente. Por certo que alguns conceitos foram excluídos da investigação científica, bem como alguns problemas, mas isso não significa que outros conceitos e problemas tenham igualmente desaparecido: a maneira pela qual o horizonte da ciência moderna se constitui é descrita por Heisenberg como uma re-articulação da *herança*, movimento este que demarca o novo emprego de antigos conceitos, o abandono de antigas questões, uma nova demarcação do que seja prioritário conhecer e o modo de acesso a esse conhecimento. Vejamos bem que, quando Heisenberg atribui a Copérnico a autoria de uma verdadeira revolução, não significa que o passado da investigação da natureza tenha sido completamente abandonado, mas sim que ocorreu uma completa reformulação do modo de investigação e questionamento da natureza, a partir de conceitos que não estavam dados no interior desse horizonte. No caso da relação entre física clássica e física moderna, os conceitos pertencentes à primeira foram empregados até os seus limites, ponto este que requisitou a formulação de novos conceitos e o questionamento de antigos pressupostos, o que acabou por engendrar a segunda. Todavia, mesmo com essa modificação, os conceitos clássicos e o seu modo de investigação estão no interior da física moderna, mas restritos a campos específicos de pesquisa. Ao fim e ao cabo, a transformação advinda com a física moderna revelou que a física clássica possuía um *modo* investigar, uma maneira específica de investigação que somente se deixa empregar em um campo limitado, não sendo mais julgada como o modo fundamental de acesso à natureza.

Ao demonstrar a existência de um modo investigativo próprio à física clássica, bem como ao indicar que os pressupostos clássicos não mais podem ser aplicados irrestritamente ao toda da natureza, Heisenberg pôde conciliar Newton e Goethe. Conforme apresentamos, as teorias de Goethe e de Newton possuem pressupostos, formas de lidar com a natureza e finalidades que constituem horizontes de investigação diferentes entre si. Mais uma vez é

necessário ressaltar que a possibilidade encontrada por Heisenberg para conciliar as duas teorias está na impossibilidade de se assumir os conceitos da física clássica como princípios fundamentais de toda e qualquer investigação da natureza. Tanto sobre Newton quanto sobre Goethe recai o fato de que são horizontes específicos que participam da constituição do real e que conferem as condições para dizer o que seja a realidade. O conflito entre esses autores é suprimido quando Heisenberg considera que não é exclusivamente a coisa, neste caso a luz, que decide qual teoria é a correta. Com o advento da física moderna, não nos é permitido assumir como princípio geral que todas as coisas reais e objetivas são constituídas pelas propriedades clássicas, visto que também estas são dependentes de um modo de investigação e questionamento para a sua aparição. Para Heisenberg, Newton e Goethe não entram mais em conflito, exatamente porque tratam de diferentes regiões da realidade, e os seus horizontes participam da constituição dessas regiões. Heisenberg partirá precisamente da existência de diferentes regiões da realidade, constituída por diferentes horizontes, para tentar articular a unidade do conhecimento, e assim resgatar uma imagem unitária da natureza ao superar as restrições conferidas pelos setores de pesquisa. É certo, porém, que nos textos analisados por nós não há uma formulação completa do que seriam as diferentes regiões da realidade e as suas articulações. Apenas encontramos a indicação de que há fronteiras entre elas, as quais são caracterizadas exatamente pelos seus horizontes. Ora, mas se Heisenberg não oferece a plena explicitação desses seus conceitos sobre regiões e fronteiras em suas conferências, talvez tal fato se deva à existência de um problema ainda mais grave, este apenas assinalado em suas palestras.

Como vimos ao longo da nossa dissertação, houve uma série de teorias que tentava reduzir todas as características humanas a sua constituição física. Com o aparecimento da mecânica quântica, vários foram aqueles que ergueram o caráter estatístico da teoria como prova de existência da liberdade. A ciência foi acusada de se afastar da vida, seja porque as suas teorias não mais se ligavam diretamente às nossas intuições cotidianas, seja porque seu grau de complexidade cresceu vertiginosamente. A tentativa de encontrar uma imagem unitária da natureza acaba por conflitar com a contínua especialização dos setores de pesquisa. Conceitos antes julgados como fundamentais para a compreensão do todo da natureza são limitados a campos específicos, e a ciência necessariamente tem de lidar com a sua história na medida em que oferece um novo estatuto aos seus conceitos. Todos esses conflitos, sacrifícios e restrições são temas contínuos nas conferências de Heisenberg, mas acreditamos que tal se deva à

existência de uma pergunta que sempre acompanha o nosso autor: como o homem se orienta no mundo?

Como Heisenberg mesmo afirma, uma das tarefas da ciência é indicar a posição do homem na natureza. Os conceitos fundamentais que questionados após o advento da física moderna não eram propriedades exclusivas das ciências exatas, mas também contribuíam para diferentes atividades e para a nossa auto-compreensão. Todos os conflitos apresentados em nossa dissertação serviram para esboçar o estado de desorientação. É por certo bem provável que o homem comum, que não esteja envolvido diretamente com os temas aqui tratados, não sofra nenhum abalo imediato perante o questionamento de conceitos fundamentais: para ele, a questão propriamente não se apresenta. Contudo, esse abalo pode surgir mediadamente; e por conta de tais mediações, sem a noção do núcleo do problema, conflitos ainda mais graves podem eclodir. Não são poucos aqueles que alegam ainda hoje a possibilidade de reduzir as características humanas a estruturas hereditárias; a especialização precoce refreia a busca pela articulação dos campos de conhecimento; arte, ciência e religião muitas vezes se excluem nas tentativas de compreender a natureza; muitos se debatem entre a busca pelos fundamentos últimos do conhecimento humano e a compreensão de que conceitos antes fundamentais perderam tal estatuto ao longo da história. Ao fim e ao cabo, na vida cotidiana, o desconhecimento dos problemas de fundo acaba por gerar conflitos que, longe de suspenderem as práticas, cuja consequência é dar forma às instituições e conduzir cegamente a cotidianidade. Assim como Heisenberg, apenas desejamos em nossa dissertação deixar assinalado o problema da orientação do homem no mundo, pois se faz necessário que todos os elementos contidos nessa questão sejam explicitados. Antes de tudo, é preciso explicitar as razões e o modo como esse problema é formulado. Heisenberg dará maior desenvolvimento a esse ponto em seu *Manuscrito de 1942*, também conhecido como *Ordenação da Realidade*. Esperamos que essa dissertação tenha sido capaz de oferecer os contornos de vários temas que serão abordados nesse texto; assim como desejamos que ela tenha reunido alguns elementos que permitirão a plena formulação do problema da orientação em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, Mark. *The Wellborn Science: eugenics in Germany, France, Brazil and Russia*. Oxford: Oxford University Press, 1990.
- ANDLER, Daniel. *Philosophie des Sciences*. Paris: Gallimard, 2002.
- ALTAVILLA, Costanza. *Física e Filosofia in Werner Heisenberg*. Nápoles: Alfredo Guida, 2006.
- ARISTÓTELES. *Physique*. Texto estabelecido e traduzido por Henri Carteron. Paris: Les Belles Lettres, 1926.
- _____. *Metafísica*. Edição trilingüe de Valentín García Yebra. Madri: Gredos, 1990.
- BAGGOTT, Jin. *The Meaning of Quantum Theory*. Oxford: Oxford University, 1994.
- BEHE, Michael. *A caixa preta de Darwin: o desafio da bioquímica á teoria da evolução*. Tradução de Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Zahar, 1997.
- BERGSON, Henri. *Duração e Simultaneidade: A propósito da teoria de Einstein*. Tradução de Claudia Berliner; revisão técnica de Bento Prado Neto. São Paulo: Martins Fontes, 2006.
- BEYERCHEN, Alan. *Scientists under Hitler: politics and the physics community in the Third Reich*. New Haven: Yale University Press, 1977.
- BITBOL, Michel. *Mécanique Quantique: une introduction philosophique*. Paris: Flammarion, 1999.
- BOHR, Niels. *Textos fundamentais da física moderna*. Tradução de Egdio Namorado. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1963.
- _____. *Physique atomique et connaissance humaine*. Tradução de Edmond Bauer e Roland Omnès. Paris: Galimard, 1991. Conferir particularmente a introdução e o glossário elaborados por Chevalley.
- BOLTZMANN, Ludwig. *Escritos Populares*. Organização e tradução de Antonio Augusto Passos Videira. São Leopoldo: UNISINOS, 2005.

BOUVERESSE, Jacques. “Qu’est-ce que s’orienter dans la pensée?”. In: *Université de tous les savoirs: la philosophie et l’éthique*. Vol. 11. Sob a direção de Yves Michaud. Paris: Odile Jacob.2002.

BURCKHARDT, Jacob. *Reflexões sobre A História*. Tradução e notas de Leo Gilson Ribeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1961.

CARSON, Cathryn L. *Particles Physics and Cultural Politics: Werner Heisenberg and the Shaping of a Role for the Physicist*. Michigan: UMI Dissertation Service, 1995.

CASSIDY, David C. *Uncertainty: the life and science of Werner Heisenberg*. Nova York: W. H. Freeman , 1992.

CASSIRER. Ernst. *Philosophie des formes symboliques*. Vol I. Tradução de Hansen-Love, Jean Lacoste e Claude Fronty. Paris: Minuit, 1991.

_____. *Substance and Function & Einstein’s Theory of Relativity*. Tradução de William Curtis Swabey e Marie Collins Swabey. Chicago: Dover, 1953.

CHEVALLEY, Catherine. “Physics as an Art: the german tradition and the symbolic turn in philosophy, history of art and natural science in 1920”. In: *The Elusive Synthesis: Aesthetic and Science*. Organização de A. I. Tauber. Nova Zelândia: Kluwer Academic, 1996.

_____. “Física Cuántica y Filosofía”. *Revista de Filosofia*, Madri v.7, n.12, 1994.

COLLINGWOOD, R. G. *The Idea of Nature*. Oxford: Clarendon Press.1964.

D’ AGOSTINI, Franca. *Analíticos e Continentais: Guia à filosofia dos últimos trinta anos*. Tradução de Benno Dischinger. São Leopoldo: UNISINOS, 2002.

DARRIGOL, Olivier. *From c-Numbers to q-Numbers: The Classical Analogy in the History of Quantum Theory*. Berkeley: University of California , 1992.

DESCARTES, René. “Discurso do Método”, in *Coleção Os Pensadores*. Tradução de J. Guinsburg e Bento Prado Júnior. São Paulo: Abril Cultural, 1973.

_____. “Meditações concernentes à Primeira Filosofia”, in *Coleção Os Pensadores*. Tradução de J. Guinsburg e Bento Prado Júnior. São Paulo: Abril Cultural, 1973.

DE DUVE, Christian. *Poeira vital: a vida como imperativo cósmico*. Tradução de Lia Wyler. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

D'ESPAGNAT, Bernard. *Le réel voilé: Analyse des concepts quantiques*. Paris: Fayard, 1994.

DUHEM, Pierre. *Les Systèmes du Monde: histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Paris: Hermann, 1958.

EINSTEIN, Albert. *Escritos da maturidade: artigos sobre ciência, educação, religião, relações sociais, racismo, ciências sociais e religião*. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

_____. *Teoria da Relatividade Especial e Geral*. Tradução de Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

ELIAS, Norbert. *Os Alemães: a luta pelo poder e a evolução do habitus nos séculos XIX e XX*. Tradução de Álvaro Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1997.

FORMAN, Paul. *Cultura em Weimar, causalidad y teoria cuántica, 1918- 1927*. Introdução, apêndice e tradução de José Manuel Sánchez Ron. Madri: Alianza, 1984.

GAY, Peter. *A Cultura de Weimar*. Tradução de Laura Lúcia da Costa Braga. Rio de Janeiro: Paz e Terra: 1978.

GALILEI, Galileu. “O Ensaaiador”, in *Coleção Os Pensadores*. Tradução e notas de Helda Barraco. São Paulo: Nova Cultural, 2000.

GOETHE, J. W. *Teoria de los Colores*. Tradução de Pablo Simon. Buenos Aires: Poseidon, 1945

_____. *Máximas e Reflexões*. Tradução de Afonso Teixeira da Mota. Lisboa: Guimarães, 1997.

GREENE, Brian. *O Universo Elegante*. Tradução de José Viegas Filho. Revisão Técnica: Rogério Rosenfeld. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

GRIBBIN, John. *Le chat de Schrödinger*. Tradução de Christel Rollinat. Paris: Flammarion, 1994.

GUSDORF, Georges. *Les principes de la pensée au siècle des lumières*. Paris: Payot, 1971.

HABERMAS, J. *O futuro da natureza humana: a caminho de uma eugenia liberal?* Tradução de Karina Jannini. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

_____. “Técnica e Ciência enquanto Ideologias”. Tradução de Zeljko Loparic e Andréa Maria Altino de Campos Loparic. In: *Coleção Os Pensadores*. São Paulo: Abril Cultural, 1980.

HARRISON, Edward R. *Cosmology: the science of the universe*. Cambridge: Cambridge University, 1981.

HAZARD, Paul. *La crise de la conscience européenne: 1680-1715*. Paris: Fayard, 1961.

HEIDEGGER, Martin. *Os conceitos fundamentais da metafísica: mundo, finitude e solidão*. Tradução: Marco Antônio Casanova. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

_____. *Conceptos fundamentales (curso del semestre de verano, Freiburg, 1941)*. Introdução, tradução e notas de Manuel E. Vázquez Garcia. Madrid: Alianza, 1989.

_____. *Ser e Tempo*. Tradução de Márcia de Sá Cavalcante. Petrópolis: Vozes, 2002.

_____. *Contribuciones a la filosofía (Del acontecimiento) “Beiträge zur Philosophie (Vom Ereignis)”*. Tradução de Breno Onetto Muñoz. PUC-CHILE: Valparaíso: 2001.

_____. *Le principe de raison*. Tradução de André Préau. Prefácio de Jean Beaufret. Paris: Gallimard, 1962.

HEISENBERG, Elisabeth. *A vida de um apolítico: Minhas lembranças de Werner Heisenberg*. Tradução de Ingeborg Fleckenstein e revisão de Terezinha Barretti Mascarenhas. São Paulo: Ars Poética, 1995.

HEISENBERG, Werner. *Philosophie: Le manuscrit de 1942*. Introdução e tradução de Catherine Chevalley. Paris: Éditions du Seuil, 1998.

_____. *Philosophic Problems of Nuclear Science*. Tradução de F.C. Hayes. Nova York: Fawcett World Library, 1966.

HEISENBERG, Werner . “A Descoberta de Planck e os Problemas Filosóficos da Física Atômica”, in *Problemas da Física Moderna*. Tradução de Gita K. Guinsburg e revisão de Geraldo Gerson de Souza. São Paulo: Perspectiva, 2000.

_____. *La nature dans la physique contemporaine*. Tradução de Ugné Karvelis e A. E. Leroy e introdução de Catherine Chevalley. Paris: Gallimard, 2002.

_____. *The Physical Principles of The Quantum Theory*. Tradução de Carl Eckart e Frank C. Hoyt. Nova York: Dover, 1949.

_____. *A Parte e o Todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política*. Tradução de Vera Ribeiro; revisão da tradução de Antonio Augusto Passos Videira e Luciana Muniz; revisão técnica de Ildeu de Castro Moreira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

_____. *Física e Filosofia*. Tradução de Jorge Leal Ferreira. Brasília: Universidade de Brasília, 1987.

_____. *Across the Frontiers*. Tradução de Peter Heath. Nova York: Harper and Row, 1974.

HELMHOLTZ, Hermann Von. “Goethe’s Presentiments of Coming Scientific Ideas”. In: *Science and Culture: popular and philosophical Essays*. Editado e com Introdução de David Cahan. Chicago: The University of Chicago, 1995.

_____. “On Goethe’s Scientific Researches”. In: *Science and Culture: popular and philosophical Essays*. Editado e com Introdução de David Cahan. Chicago: The University of Chicago, 1995.

HESSEN, Johannes. *Filosofia dos Valores*. Tradução e prefácio de Cabral de Moncada. Coimbra: Armênio Amado, 1974.

HOFFMANN, Banesh. *The Strange Story of The Quantum*. Nova York: Dover, 1959.

HÜBNER, Kurt. *Crítica da Razão Científica*. Tradução de Artur Morão. Lisboa: Edições 70, 1986.

HUIZINGA, J. *Nas sombras do amanhã: diagnóstico da enfermidade espiritual do nosso tempo*. Tradução de Manuel Vieira. Coimbra: Armênio Amado, 1944.

HUMBOLDT, Wilhelm von. *Humboldt: linguagem, literatura e Bildung*. Edição bilíngue. Organização de Werner Heidermann e Markus J. Weininger. Florianópolis: UFSC, 2006.

HUSSERL, Edmund. “La filosofía em la crisis de la humanidad europea”. In *La Filosofía como Ciencia Estricta*. Tradução de Elsa Tadernig. Buenos Aires: Editorial Nova, 1962.

INFELD, Leopold ; EINSTEIN, Albert. *A evolução da física: o desenvolvimento das idéias desde os primitivos conceitos até a relatividade e os quantas*. Tradução de Monteiro Lobato. São Paulo: Nacional, 1939.

JAMMER, Max. *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*. Nova York: American Institute of Physics, 1989.

JASPER, Karl. *La situation spirituelle de notre époque*. Tradução de Jean Ladrière e Walter Biemel. Louvain: Nauwelaerts, 1952.

KANT, Immanuel. “Crítica da Razão Pura”, in *Coleção Os Pensadores*. Tradução de Valério Rohden e Udo Baldur Moosburger. São Paulo: Cultural, 2000.

_____. “O que significa orientar-se no pensamento”, In: *A paz perpétua e outros opúsculos*. Tradução de Artur Morão. Lisboa: Edições 70. s/d.

_____. *Crítica da Faculdade do Juízo*. Tradução de Valério e Antonio Marques, 2^a. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.

KEVLES, Daniel. *In the name of eugenics: genetics and use of human heredity*. Londres: Harvard University, 2001.

KOSELLECK, Reinhart. *Crítica e crise: uma contribuição à patogênese do mundo burguês*. Tradução de Luciana Villas-Boas Castelo-Branco. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

KOYRÉ, Alexandre. *Études newtoniennes*. Paris: Gallimard, 1968.

_____. *Études Galiléennes*. Paris: Hermann, 1966.

- KOYRÉ, Alexandre. “*O significado da síntese newtoniana*”. In: Newton: textos, antecedentes, comentários. Textos escolhidos e organizados por Bernard Cohen e Richard Westfall. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2002.
- KRAFT, Victor. *El círculo de Viena*. Tradução de Francisco Gracia. Madri: Taurus, 1966.
- MARABINI, Jean. *Berlim no tempo de Hitler*. Tradução de Maria Appenzeller. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.
- MARLEAU-PONTY, Maurice. *La Nature: notes, cours du Collège de France*. Paris: Seuil, 1995.
- MAURICE, Daumas. *Histoire de la Science*. Paris: Galimard, 1957.
- MEDAWAR, Jean. *O presente de Hitler: cientistas que escaparam da Alemanha nazista*. Tradução de Antonio Nogueira Machado. Rio de Janeiro: Record, 2003.
- MONOD, Jacques. *O acaso e a necessidade: ensaio sobre a filosofia natural da biologia moderna*. Tradução de Bruna Palma e Pedro Paulo de Sena Madureira. Petrópolis: Vozes, 1989.
- NEWTON, Isaac. “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, in *Coleção Os Pensadores*. Tradução de Carlos Lopes de Mattos, Pablo Rubén Mariconda e Luiz Pessoa. São Paulo: Nova Cultural, 2000.
- _____. *Newton: textos, comentários e antecedentes*. Editado por Bernard Cohen e Richard S. Westfall; tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2002.
- _____. *Óptica*. Tradução, introdução e notas de André Koch Torres Assis. São Paulo: EDUSP, 1996.
- OMNÈS, Roland. *Filosofia da Ciência Contemporânea*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: UNESP, 1996.
- PAIS, Abraham. *Niels Bohr's times in physics, philosophy and polity*. Oxford: Clarendon, 1991.
- PARROCHIA, Daniel. *Les grandes révolutions scientifiques du XX siècle*. Paris: PUF, 1997.

- PATY, Michael. *A Matéria Roubada: a apropriação crítica do objeto da física contemporânea*. Tradução de Mary Amazonas Leite de Barros. São Paulo: EDUSP, 1995
- PAULI, Wolfgang. *Writings on physics and philosophy*. Editado por Charles P. Enz e Karl von Meyenn; tradução de Robert Schlapp. Berlim: Springer, 1994.
- PLATÃO. *Timée*. Tradução, introdução e notas de Luc Brisson. Paris: Flammarion, 2001.
- PROCTOR, Robert N. *Racial Hygiene: Medicine under the Nazis*. Harvard: Harvard University Press, 2000.
- RAPP, Friedrich. *Filosofia analítica de la técnica*. Tradução de Ernesto Garzón Valdés. Buenos Aires: Alfa, 1981.
- RICHARD, Lionel. *A República de Weimar: 1919 – 1933*. Tradução de Jônatas Batista Neto. São Paulo: Companhia das Letras, 1988.
- RICKERT, Heinrich. *Science de la culture et Science de la nature*. Tradução de Anne-Hélène Nicolas, Carole Prompsy e Marc Buhot de Launay. Paris : Gallimard, 1997.
- RINGER, Fritz K. *O Declínio dos Mandarins Alemães*. Tradução de Dinah de Abreu Azevedo. São Paulo: EDUSP, 2000.
- ROBESPIERRE, Maximilien. “Sobre o Julgamento de Luis XVI”. In: *Discursos e Relatórios na Convenção*. Tradução de Maria Helena Franco Mrtins. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1999.
- SCHELER, Max. *A posição do Homem no Cosmos*. Tradução e apresentação de Marco Antonio Casanova. Rio de Janeiro: Forense, 2003.
- SCHLICK, Moritz. “Causalidade na Física Atual”. In *Coleção Os Pensadores*. Tradução de Luiz João Baraúna. São Paulo: Abril Cultural, 1975.
- SCHMITT, Carl. *La Dictature*. Tradução de Mira Köller e Dominique Séglaard. Paris: Seuil, 2000.

SCHRÖDINGER, Erwin. *O que é vida? O aspecto físico da célula viva*, seguido de *Mente e matéria e Fragmentos autobiográficos*. Tradução de Jesus de Paula Assis e Vera Yukie Kuwajima. São Paulo: UNESP, 1997.

SPENGLER, Oswald. *La Decadência de Occidente*. Tradução de Manuel G. Morente. Madri: ESPASA - CALPE, 1950.

STARK, J. "The Pragmatic and the Dogmatic Spirit in Physics". *Nature*, v. 141, 30 abril, 1938.

STERN, Fritz. *O mundo alemão de Einstein*. Tradução de Carlos Afonso Malferrari. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

VVAA. *Physics and National Socialism: An Anthology of Primary Sources*. Editado por Klaus Hentschel, Assistência editorial e tradução de Ann M. Hentschel. Berlim: Birkhäuser, 1996.

VVAA. "*Os Pré-Socráticos*". Tradução de José Cavalcante de Souza e outros. São Paulo: Nova Cultural, 2000.

WEBER, Max. *Ciência e Política: duas vocações*. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octany Silveira da Mota. São Paulo: Cultrix, 1978.

WEBSTER, Charles. *De Paracelso a Newton: la magia em la creación de la ciencia moderna*. Tradução de Ángel Miquel e Claudia Lucotti. México: Fondo de Cultura Económica, 1993.

WHITEHEAD, Alfred N. *O Conceito de Natureza*. Tradução de Julio B. Fischer; revisão técnica de Carlos Eduardo Silveira Matos. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

WINDELBAND, Wilhelm. *Historia General de la Filosofía*. Tradução de Francisco Larroyo. México: El Ateneo, 1956.

WITTIGENSTEIN, Ludwig. *Tractatus Logico-Philosophicus*. Tradução, apresentação e ensaio introdutório de Luiz Henrique Lopes dos Santos. São Paulo: EdUsp, 2001.

_____. *Investigações Filosóficas*. Tradução de João Carlos Bruni. São Paulo: Abril Cultural, 1975.