



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE FILOSOFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA DA UFBA
MESTRADO EM FILOSOFIA**

FREDERIK MOREIRA DOS SANTOS

**NA FRONTEIRA ENTRE A FÍSICA E A FILOSOFIA:
REFLEXÕES FILOSÓFICAS DE EUGENE P. WIGNER**

**SALVADOR
2010**

FREDERIK MOREIRA DOS SANTOS

**Na fronteira entre a Ciência e a Filosofia:
Reflexões Filosóficas de Eugene P. Wigner**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Departamento de Filosofia, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial do grau de Mestre.
Orientador: Prof. Dr. Olival Freire Jr.

SALVADOR
2010

S237 Santos, Frederik Moreira dos
Na fronteira entre a ciência e a filosofia: reflexões filosóficas de Eugene P. Wigner / Frederik Moreira dos Santos. – Salvador, 2009.
98f.: il

Orientador: Profº. Drº. Olival Freire Júnior.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, 2009.

1. Wigner, Eugene Paul, 1902 - . 2. Física – filosofia. 3. Teoria quântica.
I. Freire Júnior, Olival. II. Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. III. Título.

CDD – 530.01

FREDERIK MOREIRA DOS SANTOS

NA FRONTEIRA ENTRE A FÍSICA E A FILOSOFIA:
REFLEXÕES FILOSÓFICAS DE EUGENE P. WIGNER

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Filosofia, Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal da Bahia.

Aprovada em ___/___/_____.

Banca Examinadora

Olival Freire Jr. (orientador) _____
(UFBA)

João Carlos Salles Pires da Silva _____
(UFBA)

Oswaldo Frota Pessoa Jr. _____
(USP)

A minha mãe, Marizete, e meu
pai, Luiz Carlos (*in memoriam*).

Vocês foram os primeiros a regar
a semente.

Agradecimentos

- À minha família, sem vocês eu não seria o que sou e nem estaria onde estou.
- À minha esposa Elenice, que me apoiou e incentivou de inúmeras formas a fim de que eu pudesse dar o melhor de mim nesta caminhada.
- Àqueles que, também, justificaram o uso que faço da terceira pessoa:*
- Dr. Olival Freire Jr., mais do que um orientador e professor, uma constante referência para minha formação.
- Dr. João Carlos Salles, professor, avaliador e referência constante. Alguém que sempre estarei aberto a ouvir e aprender.
- Dr. Osvaldo Pessoa Jr., professor, avaliador e incentivador. Um pesquisador e mestre essencial. Sua prestatividade e seu estilo didático são uma luz para nossa caminhada.
- Dr. Aurino Ribeiro Filho, professor e incentivador. Alguém que, no seu dia-a-dia, celebra a gentileza e altruísmo.
- Fábio A. de Alencar Freitas, amigo de caminhada e das conversas mais frutíferas.
- Aos alunos e professores companheiros do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da UFBA, especialmente ao amigo Alessandro Luppi. Nossas conversas, debates e encontros renderam excelentes reflexões e momentos de descontração.
- Arianna Borrelli (Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte), Laszlo Tisza (MIT) e Joan Bromberg (John Hopkins University) pelas dicas e contribuições pontuais.
- Ao amigo João Amaral P. d'Almeida Ramalho pelas revisões e incentivo.
- Agradeço, por fim, à FAPESB – Fundação de amparo à pesquisa do Estado da Bahia, pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual este trabalho não teria sido possível.

Resumo

Este trabalho busca sistematizar o pensamento filosófico do físico húngaro-americano Eugene P. Wigner. Remonto nesta dissertação ao que creio ser o centro dos modelos conceituais e explicativos empreendidos nos seus ensaios filosóficos. Porém, antes de entrar nas discussões centrais, inicio o primeiro capítulo com uma breve biografia intelectual a fim de apresentar este personagem à comunidade filosófica.

A partir do segundo capítulo apresentamos três eixos de onde se pode construir um esquema geral da visão de Wigner sobre os fundamentos da Física. Estes eixos são constituídos por sua (1) exigência de se construir uma imagem geral e coerente do mundo natural através de (2) um formalismo atrelado a um uso conveniente dos conceitos físicos, dentro de (3) uma tendência semelhante à idealista (que ele chamou de “dualista”) em relação à realidade do mundo natural. Para ele, independente de nossas crenças filosóficas pessoais, nossas reflexões epistêmicas devem começar pela imagem de mundo construída a partir da teoria física mais aceita em um determinado período. Este posicionamento, que constitui seu primeiro movimento a fim de se construir uma determinada Filosofia da Física, deve começar com as seguintes questões: Quais são as condições de possibilidade que dão significado às leis de uma determinada teoria? Que tipo de descrição da realidade esta nos fornece? Como se constrói sua relação com o mundo empírico? Assim, responderemos, também, a seguinte questão: que atitude filosófica levou Wigner a se interessar pelo problema da medição se ele pareceu defender uma postura tão instrumentalista em relação ao papel descritivo das leis físicas? A partir da imagem de fundo dada pela interpretação padrão ou ortodoxa, Wigner desdobrou a estrutura sintática da Teoria Quântica da Medição até as suas últimas conseqüências, de modo que ele constrói um *modelo lógico* que leva a estranhas conclusões. Dessa forma, ele mesmo desenvolve um ambiente propício para *proponer* seu próprio *modelo heurístico* como candidato a solucionar esta estranheza extraída do modelo padrão. Veremos que o ponto central era apontar para um exemplo de caso limite na Física Moderna e estimular os cientistas naturais a construírem uma imagem de mundo (*Weltbild*) mais coerente.

No terceiro capítulo, parto da caracterização do seu pensamento científico quanto àquilo que ele refletiu sobre a natureza da atividade científica. Seu poder descritivo, o papel da Matemática nas teorias físicas e algumas das condições de

possibilidade necessárias para construirmos um conhecimento naturalista. Dentre estas, segundo Wigner, estaria a lei mais geral e profunda da natureza, a simetria. Wigner utiliza o critério de obediência a este princípio como uma das (talvez a principal delas) condições necessárias para que os processos e descrições físicas se construam de forma coerente com os ditames do mundo empírico. Em seguida apresento a metáfora do edifício que Wigner utiliza para poder ilustrar aquilo que ele entende caracterizar a atividade científica. Finalmente, discuto o lugar central que seu interesse pelo estudo da mente exercia em seus ensaios filosóficos e especulativos.

Palavras-chave: Eugene P. Wigner, Fundamentos da Física Moderna, Problema da Medição na Teoria Quântica, Interação Mente-Corpo, Princípio de Invariância.

Abstract

This dissertation seeks to systematize the philosophical thought of the Hungarian-American physicist Eugene P. Wigner. I present his main philosophical issues and presuppositions. Nevertheless, first of all, I start the first chapter with a short intellectual biography with the purpose of introducing him to the philosophical community.

The second chapter presents three important axes in which we can build a general scheme of the Wigner's view about the Foundations of Physics. These axes are (1) his claims for building a general and coherent picture of natural world through (2) a formalism related to convenient use of the physical concepts, and (3) using a nuanced view related to natural world reality. For him, independent of our philosophical assumptions, our epistemic reflections should start by the world picture built from the mainly accepted physical theory in a given period. This is his first movement in order to build a certain philosophy of physics, and it starts from such questions: Which conditions of possibility give meaning to the laws of a certain theory? What kind of description of reality it gives? How does it build its relation to the empirical world? Thus, we response this question: what philosophical attitude did lead Wigner to be interested for the measurement problem as long as he seems to stand for the instrumentalist approach regarding to the descriptive role of the physical laws? Since the background gave by the standard theory or orthodoxy, Wigner unfolded the syntactic structure of the measurement quantum theory until its ultimate consequences; thereby he built a logical model that lead to odd conclusions. Thus, he developed an environment for launching his own *heuristic model* as candidate to solve this strangeness brought out by his *logic model*. We show that Wigner's focus was to point out towards a limiting case in modern physics and stimulate natural scientists to improve internal coherence of their world picture (*Weltbild*).

In the third chapter, initially, I outlined his scientific thought about what he reflected on the nature of the scientific activities. Their descriptive power, the role of mathematics in the physical theory and some conditions of possibility that must be accepted in order to build a naturalistic knowledge, such as, the most profound law of nature, according to Wigner, symmetry. Wigner established this principle as one of

(probable the main of them) necessary conditions for understanding the process and to be able for undertaking a physical description of the empirical world that is claimed to be constructed in a coherent way. Then I present the edifice metaphor that Wigner used so as to illustrate what is characteristic of scientific activity. Finally, I discuss the central point that his interest on mind studies played in his speculative and philosophical essays.

Keywords: Eugene P. Wigner, Foundations of Modern Physics, the measurement quantum theory problem, the Mind-Body interaction, invariance principle.

Sumário

Apresentação	6
Introdução	13
Capítulo 1- Eugene Wigner: alguns marcos em sua formação	19
Capítulo 2- A Evolução do Pensamento de Wigner Referente ao Problema da Medição na Mecânica Quântica	29
2.1 - O Operacionalismo no Contexto da Física Teórica Americana	31
2.2 - O Status Epistemológico da Teoria da Medição na Mecânica Quântica	33
2.2.1 - O problema da medição na Mecânica Quântica (parte 1): Uma primeira proposta	38
2.2.2 - O problema da medição na Mecânica Quântica (parte 2): Uma digressão	52
2.3 - Conclusões Parciais	57
Capítulo 3- O Pensamento de Eugene P. Wigner: Um Olhar Mais Amplo	62
3.1 – O significado da Matemática e das Leis Naturais	66
3.2 – Em busca de uma “consciência naturalizada” no contexto da Big Science	77
3.3 – Conclusões Gerais	87
Bibliografia	91

Apresentação

Objetivos. Quais os temas que serão tratados nesta dissertação. A metodologia utilizada.

O processo de surgimento de uma nova teoria científica demanda novos conceitos e entidades que são descritas por um novo corpo teórico em desenvolvimento. Os atores que participam deste período de gênese nem sempre estarão (a depender de cada contexto) em acordo com o desenrolar das novas abordagens que surgem do interior desta nova teoria. Estes, às vezes, tomam partido em controvérsias e embates de diversas naturezas provenientes de campo simbólico que se desenha ou se renova de acordo com determinadas regras. A evolução de uma nova teoria geralmente leva à situação em que se atinge um status mais maduro na construção e articulação de seus conceitos internos através da vivacidade de tais controvérsias.

A História da Ciência nos fornece diversos exemplos de que controvérsias podem ser encontradas em todos os períodos do desenvolvimento científico¹, sendo que tais controvérsias se intensificam nos tempos de transformação e reforma do espírito científico. Controvérsias que levam tanto ao debate do status ontológico de novos conceitos, quanto ao status epistemológico das explicações dadas por estes. Frequentemente as controvérsias científicas são acompanhadas por discussões quanto ao papel (e limitações) e significado de uma teoria do conhecimento. Os debates levantados por controvérsias científicas fornecem um dos principais fatores de aproximação entre o trabalho de físicos e filósofos.

Neste trabalho analiso um caso na história das controvérsias nos Fundamentos da Física Quântica ocorrido no período do pós-guerra, focalizando principalmente o pensamento de Eugene P. Wigner (1902-1995). Pretendo assim lançar ainda mais luz na compreensão de parte da dinâmica histórica e intelectual do estabelecimento do dissenso quanto ao status hegemônico da escola de Copenhague² na Teoria Quântica. Assim,

¹ Alguns exemplos se encontram nos seguintes trabalhos: as famosas contendas entre Leibniz e Newton, em Hellman, 1999; os vívidos debates ocorridos entre os defensores da tradição da escola laplaciana e o programa de pesquisa de Faraday, ocorrido principalmente durante a primeira metade do séc. XIX, em Abrantes, 1998; e, a repercussão quanto ao trabalho dos dissidentes da escola de Copenhague são bem reconstruídas por Freire Jr, 2004 e 2005, e Freitas, 2007 (David Bohm e Hugh Everett III, respectivamente).

² Escola iniciada na capital da Dinamarca e que tem Bohr como seu principal mentor. Esta defende que os fenômenos no nível quântico devem ser interpretados intersubjetivamente na comunidade dos físicos como complementares e não como contraditórios, sendo essa a idéia básica que envolve o *princípio da complementaridade*. De acordo com tal interpretação, não teríamos como descrever o mundo quântico sem utilizar os conceitos construídos pela física clássica, ou por nossa linguagem ordinária. O papel da física seria

pretendo analisar um discurso filosófico sobre a Física, construído por um dos seus principais protagonistas. Esta luz é lançada no momento em que reconstruo os pressupostos filosóficos deste pensador que foi bem influente durante seu tempo.

Atualmente, vários trabalhos históricos referentes aos debates e publicações que emergiram, após a Segunda Guerra, em torno dos problemas nos fundamentos da Mecânica Quântica (sendo citados aqui em sua grande parte) citam as contribuições de Eugene Wigner no fomento e consolidação deste campo de estudos. Dentro das diversas contribuições, incentivando a criação do espaço para o debate, está a divulgação das interpretações que julgava mais relevantes, incluindo a sua própria. No entanto, esta dissertação não se propõe somente a divulgar esta interpretação particular para um problema fundamental ligado ao processo de medição na Mecânica Quântica, mas principalmente, pretende expor as motivações filosóficas que levaram a Wigner a se interessar nos problemas e os critérios epistemológicos que o levaram a enxergar certas limitações nesta Teoria.

Nos últimos anos o pensamento filosófico de Wigner tem atraído um interesse crescente. Esta constatação pôde ser inferida pelo fato de que seu livro *Philosophical Reflections and Syntheses* ter sido republicado devido à alta procura e esgotamento de sua antiga edição³. Este trabalho se propõe a preencher, parcialmente, uma lacuna deixada por ele e satisfazer um desejo expressado por Gérard G. Emch⁴: "...[um] resumo autorizado, ou mesmo um relato crítico, de um tratado filosófico sistematicamente articulado pelo próprio Wigner: infelizmente, não existe tal síntese, neste momento"⁵ (Emch, 1993, p.2).

descrever o fenômeno (no sentido kantiano) e isto inclui o contexto do aparato experimental construído com o objetivo de medir uma determinada grandeza ou observável físico. Minando as pretensas interpretações realistas, segundo esta doutrina, não podemos ir além do que a nossa linguagem ordinária nos permite (Osnaghi, 2005; Pessoa, 2003).

³ Uma republicação do volume VI do Wigner Collected Works de 1995, que se esgotou em um curto espaço de tempo. A declaração do pesquisador Paul Roman, que fez a resenha da republicação do *Wigner Collected Works* para a *Isis*, nos mostra um bom indício deste interesse: "...As the volumes have sold out unexpectedly fast, *Isis* could receive only Volumes 3,4, and 6 for review..." (Roman, 2000, p. 191)

⁴ Físico europeu que atualmente trabalha na Univ. da Flórida, foi amigo de Wigner e participou da reedição do volume VI do Wigner Collected Works.

⁵ Fragmento original: "...[An] authorized summary, or even a critical account, of a philosophical treatise systematically articulated by Wigner himself: unfortunately, no such sum exists at this time." (Emch, 1993, p.2)

No primeiro capítulo traçamos os marcos iniciais de uma jornada biográfica. Este servirá também para apresentar o autor dos textos que analisamos aqui aos leitores desta dissertação que ainda não conhecem seu legado na Física em geral. Destacamos alguns pontos importantes na formação intelectual de Wigner, desde seus primeiros anos na Universidade até o momento quando ele sugeriu a interferência mental para o problema na medição quântica. O primeiro momento destacado em sua biografia será a sua matriz familiar em Budapeste e Viena e, posteriormente, sua vida na Alemanha dos anos vinte, principalmente em Berlim, onde seus primeiros resultados no campo da Física Matemática e Teórica floresceram, tal como aqueles envolvendo simetrias em Teoria de Grupos. Durante a fase inicial da dissertação será explicitado como Wigner desenvolveu seu profundo conhecimento em Física Teórica e seu interesse sobre os estudos da consciência. Apesar deste segundo tema poder ser encarado como um *hobby* intelectual, ele se torna central em suas especulações sobre Filosofia e Ciências Naturais. Finalmente, focaremos com mais atenção o terceiro momento, durante as décadas de 1930 e final dos anos de 1950. Iremos direcionar o olhar às leituras feitas por Wigner sobre Filosofia da Física e suas cartas trocadas com físicos interessados em Filosofia, quando ele avançou em certas abordagens e encontrou apoio através destas interações.

O enfoque mais relevante desta dissertação se inicia com a apresentação das idéias e questões que nasceram da problematização de alguns conceitos e temas caros à Teoria Quântica: a possível interferência do sujeito na observação dos fenômenos quânticos com suas implicações no realismo e na objetividade do processo de medição. Significa que nesta dissertação focaremos as limitações do *corpus* teórico-conceitual da Teoria Quântica, identificadas por Wigner, no que se refere ao seu processo de medição. E quais foram as estratégias elaboradas por Wigner para poder lidar e superar as limitações teóricas de tal processo? A partir de quais prismas e exigências epistêmicas Wigner enxergou tais limitações? Sintetizando de outra maneira, apresentaremos como este problema se localiza dentro de seu quadro filosófico e de suas exigências epistêmicas para trazer sentido às observações empíricas. O segundo capítulo desta dissertação se refere a estas questões acima, dando destaque às posturas defendidas por Wigner em suas cartas e publicações do período recortado. Finalmente, no terceiro capítulo, uma maior ênfase é dada à apresentação do quadro epistemológico que Wigner dará para alguns temas que estão na

interface entre Filosofia e Ciências Naturais. Isso, inclui as estratégias da nossa percepção com o fim de ordenar nossas experiências em meio à contingência do mundo, através da lei mais geral e profunda da natureza, envolvendo a simetria. A questão dos limites da pesquisa científica também será tratada neste capítulo.

Esta dissertação é a materialização do resultado final de uma etapa da formação realizada pelo autor dentro de dois ambientes: o Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal da Bahia, onde teve a oportunidade de interagir com diversos alunos e professores/pesquisadores de diversas áreas da Filosofia através de encontros, colóquios e disciplinas oferecidas pelo Programa, e o grupo de pesquisa do Laboratório Ciência como Cultura (LACIC), locado no Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, que possui uma linha de pesquisa em História dos Fundamentos da Física Quântica e um contato constante com diversos colaboradores. A complexidade e riqueza das questões levantadas nos temas estudados por esse grupo têm fornecido à comunidade de pesquisa em História e Filosofia da Física um material farto e rico em novas informações sobre temas com inclinações filosóficas⁶.

Esse trabalho é fruto de um projeto de pesquisa mais abrangente, coordenado pelo Prof. Olival Freire Jr., “Da monocracia de Copenhague ao estabelecimento do dissenso: a controvérsia sobre a Física Quântica (1950-1970)⁷”. Eu fiz a minha Iniciação Científica, com bolsa do CNPq, nos marcos desse projeto, tendo dela resultado o trabalho intitulado, “Uma Apresentação Histórico-Conceitual do Teorema de Bell”. Desse modo, tive acesso ao domínio formal de um artigo do Wigner em que este apresenta uma versão mais simples e didática do Teorema de Bell. Essa Iniciação Científica levou-me a compreender melhor certas questões filosóficas, históricas e científicas em torno do tema. Ela serviu não só como forma de minha introdução ao tema das controvérsias na Física Quântica, como também resultou em um trabalho que permitiu uma maior divulgação do conteúdo do material estudado, o qual foi escrito por um protagonista marcante neste debate, trazendo uma rica carga histórica e filosófica à Física.

Sobre a Metodologia

⁶ Alguns exemplos destas implicações podem ser encontrados nos trabalhos: OSNAGHI, 2005; PATY, 1995; e PESSOA Jr., 2003 e 2006.

⁷ Para esse projeto ver a página: <http://www.controversia.fis.ufba.br>

Este é um trabalho de análise interna dos textos que contêm reflexões na fronteira entre a Física e a Filosofia. É também uma tentativa de sistematizar e “costurar” retalhos de um discurso fragmentado sobre as Ciências Naturais. Apesar de a maioria dos textos escritos por Wigner, que contêm reflexões filosóficas, estarem reunidas em um só livro, a forma em que foram reunidos tematicamente não está livre de críticas, já que o editor não apresentou os critérios utilizados para a sua sistematização daquele modo e não de outro (Roman, 2000). Porém, esta não exposição de critérios se torna irrelevante dentro de nosso trabalho, pois o que fizemos aqui foi uma leitura minuciosa de todos esses textos a fim de organizarmos e sistematizarmos suas principais idéias e pressupostos. Em seguida, identificamos os temas que Wigner submeteu à sua análise crítica. De todos estes temas, escolhemos os mais recorrentes e que causaram alguma repercussão em sua época. Nossa sistematização e análise são feitas levando-se em conta o contexto histórico em relação às preocupações filosóficas dominantes na comunidade de física teórica, em que nosso personagem está inserido. Os diálogos entre Wigner e seus pares, tais como Abner Shimony e Henry Margenau, serviram como guia às nossas análises e parte do conteúdo desta dissertação. Isto significa que tomamos como fontes primárias para nossa análise os diálogos e discussões feitos em cartas e entrevistas, não publicadas, e conferências, publicadas, onde se encontram a construção e depuração de certas questões de interesse à Filosofia da Física. Tomamos por base diversos documentos coletados pelo professor Olival Freire no arquivo do *Wigner Papers*, nos anos de 2002 e 2005. As cartas⁸, das quais temos cópias, estão depositadas no arquivo do Manuscripts Division – Department of Rare Books and Special Collections, Princeton University Library [Eugene Wigner Papers]. Quanto à literatura secundária, os comentadores, conseguimos localizar seis textos que revisam os escritos filosóficos de Wigner. Seus autores são: Abner Shimony (1963 e 1997), Gerard Emch (1993 e 2002), Michael Esfeld (1999), Hilary Putnam (1961 e 1964) e Laszlo Tisza (1997 e 2003). Nosso diálogo maior ocorrerá com os três primeiros autores, devido a sua profundidade na análise e por suas publicações terem sido feitas em revistas filosóficas de reconhecimento internacional.

⁸ São 29 cartas trocadas com Shimony, a primeira data de 01 de Maio de 1961 e a última data de 31 de Julho de 1984; e 8 cartas trocadas com Henry Margenau entre 10 de novembro de 1960 e 28 de dezembro de 1974.

Quanto às fontes primárias, concentramo-nos em textos produzidos entre 1950 e 1986 que nos forneceram os conceitos e temas mais recorrentes tratados por Wigner em publicações filosóficas e em revistas destinadas a publicar temas relacionados a problemas fundamentais da Física Moderna. As fontes primárias são compostas por algumas partes selecionadas do livro *Philosophical Reflections and Syntheses* (PRS) – somente os artigos “Are We Machines?” (1969) e “Reply to Professor Putnam” (1964) não se encontram neste livro e das cartas trocadas por Wigner, formando estas o *corpus* mais central de nossa análise. Os textos publicados que mais nos interessaram foram: “Invariance in Physics Theory” (1949); “The Limits of Science” (1950); “The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences” (1960); “Remarks on the Mind-Body Question” (1961); “The Problem of Measurement” (1963); entrevista com Eugene Paul Wigner, 21 novembro de 1963, conduzida por T. S. Kuhn; “Two Kinds of Reality” (1964); “Are We Machines?” (1969a); “The Subject of Our Discussions” (1971); “On Some of Physics’ Problems” (1972c); “Physics and the Explanation of Life” (1974); “Physics and Its Relation to Human Knowledge” (1977); “Events, Laws of Nature, and Invariance Principles”, Mimeographed notes, ca. (1980) e “The Limits of Determinism” (1983).⁹ Os principais interesses e questionamentos de Wigner, apresentados aqui, foram extraídos destes textos, outros serão usados apenas para reforçá-los.

Leituras complementares nos deram um maior suporte para poder analisar com maior propriedade os temas levantados e discutidos nas cartas. Essa leitura de fontes secundárias foi focada em duas linhas: em trabalhos que tratam de Filosofia da Física que estejam em torno das problemáticas levantadas pela Teoria Quântica¹⁰ e, principalmente, em trabalhos que fazem uma articulação entre tais problemas e seu contexto histórico-

⁹ Todas as traduções de citações originais escritas por Wigner foram feitas pelo autor desta dissertação, salvo algumas poucas que serão identificadas. Todas as traduções presentes nesta dissertação foram feitas da língua inglesa – portanto, não trabalhamos com alguns poucos textos em alemão que ainda não foram traduzidos. Quanto à data que identificarei os artigos de Wigner, escolhemos as datas originais utilizadas para classificar a bibliografia de Wigner no livro “Philosophical Reflections and Syntheses” (PRS). Quanto à indicação da numeração das páginas de cada artigo ou texto, utilizaremos aquela extraída dos artigos originais, salvo alguns em que não aparecem qualquer numeração original. Neste caso usaremos a numeração contida no próprio PRS. O único artigo de Wigner utilizado que não se encontra no PRS é o “Are We Machines?” (1969a).

¹⁰ Alguns destes são: Chibeni, 1997; Osnaghi, 2005; e Pessoa Jr., 2006.

científico¹¹. Um destes problemas será tratado no capítulo 2, isto é, o problema da medição na Mecânica Quântica.

¹¹ Alguns trabalhos nesta área em que buscarei dialogar serão: Freire Jr, 2006 e 2007; Jammer, M., 1974; e Schweber, S. S., 1986 e 1996.

Introdução

A importância deste estudo. Introdução às questões centrais discutidas nesta dissertação.

A história e filosofia das controvérsias quanto aos Fundamentos da Mecânica Quântica têm sido fonte de publicações e estudos nas áreas de História e Filosofia da Ciência, no Brasil e no exterior. Um dos principais objetivos destes estudos dentro do campo filosófico é alcançar uma melhor compreensão de mais um capítulo da dinâmica de transformações e construções de novas entidades conceituais feitas pela comunidade de físicos. No nosso caso, estudamos as concepções evocadas por Wigner, que possuem uma forte carga simbólica e um influente papel social nesta comunidade.

A influência de Wigner em diversos personagens importantes, da Física e da Filosofia da Física do séc. XX¹², pode ser apontada por diversas formas, sendo que um caso exemplar é a do físico e filósofo norte-americano Abner Shimony¹³. A interação intelectual entre esses dois personagens influentes na construção dos Fundamentos da Física contribuiu para uma maior maturação de determinados conceitos, atrelados a alguns dos temas já citados acima, ainda pouco debatidos na Física daquela época. No trabalho de Freire (2004), este destaca que apesar de Shimony ter tido o importante papel de fornecer uma certa “consciência filosófica” a Wigner, por outro lado, esse último foi quem o encorajou a dar seus primeiros passos nos Fundamentos da Física Quântica. O próprio Shimony declara:

“Em 1955 eu fui para Princeton, buscando um segundo doutorado, em Física. [...] Eu sou profundamente agradecido a Wigner, que dirigiu minha tese em mecânica estatística e encorajou meu trabalho posterior em Fundamentos da Mecânica Quântica. A opinião preponderante na comunidade dos físicos, àquele tempo,

¹² Vários outros personagens são apontados no estudo de Freire, 2004. Estes nomes aparecerão no primeiro capítulo desta dissertação. Uma análise histórica feita pelo mesmo autor, porém mais ampla que a do trabalho de 2004 - quanto à contribuição de Wigner ao debate sobre os fundamentos da Teoria Quântica, e sua contribuição para a institucionalização de tal debate – aparece na coletânea organizada em inglês por SANTOS, Boaventura de S., 2007 (uma versão em português deste mesmo livro foi publicada pela ed. Porto: Edições Afrontamento, 2003). Além dos nomes que são mais recorrentes nesta dissertação e neste texto de Freire, podemos citar também o filósofo e físico da Universidade de Georgetown, Patrick Heelan, e o físico Henry Stapp, do Lawrence Berkeley National Laboratory, os dois ainda ativos em suas respectivas carreiras.

¹³ Doutor em Filosofia pela Yale University em 1953 e em Física Nuclear pela Princeton University em 1962, ensinou Filosofia no MIT e Física e Filosofia na Boston University. Ele serviu a Philosophy of Science Association (EUA) como presidente de 1995 a 1996, e recebeu, em 1996, a “Lakatos Award” por sua coleção de artigos publicados em dois volumes *The Search for a Naturalistic World View* (1992), esta premiação oferecida pela Latsis Foundation (Inglaterra) é uma das mais importantes na área de Filosofia da Ciência.

aceitava alguma variante da interpretação de Copenhague da mecânica quântica e acreditava que já existiam soluções satisfatórias para o problema da medição, o problema de Einstein-Podolsky-Rosen, e outras dificuldades conceituais. Minha decisão de dedicar muito esforço de pesquisa a estes temas teria sido emocionalmente mais difícil sem a autoridade de Wigner como um dos grandes pioneiros e mestres da mecânica quântica” (Shimony, 1993: xii).¹⁴

Podemos tomar esta interação como um bom exemplo do papel incentivador que Wigner exercia na comunidade de físicos, para que estes se envolvessem em problemas de Fundamentos da Física¹⁵. Além desta interação que ele teve com Shimony, que se refletiu um pouco mais na obra de Shimony¹⁶ do que na de Wigner, podemos encontrar referências às obras deste nos textos filosóficos de Hilary Putnam (1964), Paul Feyerabend (1981) e Michael Redhead (1996). Não é o objetivo central desta dissertação fazer um levantamento da fortuna intelectual que os ensaios filosóficos de Wigner tiveram, porém isto não impede que façamos breves referências a tais autores no momento em que apresentarmos alguns exemplos de críticas e apoios direcionados a certas posturas tomadas por Wigner.

Quando o físico húngaro-americano Eugene P. Wigner resolveu entrar nas polêmicas discussões quanto aos problemas dos Fundamentos da Física Quântica, ele já possuía um respeitável currículo de contribuições no campo da Física Quântica. Ele foi responsável por introduzir a abordagem matemática de Teoria de Grupos e Simetria no estudo do núcleo atômico, nos anos da década de 1930. Isto o levou a dividir o prêmio Nobel, em 1963, com Maria Goeppert Mayer e J. Hans D. Jensen¹⁷. Como veremos no primeiro capítulo, ele se transferiu para os Estados Unidos em 1930, e deu intensa contribuição ao Projeto Manhattan que produziu a primeira bomba atômica da história.

¹⁴ Tradução feita pelo professor Freire Jr, que se encontra publicada em seu trabalho de 2004.

¹⁵ Atualmente F. H. de Alencar Freitas em seu projeto de doutorado, pelo Programa de Pós-graduação de Ensino, História e Filosofia das Ciências (UFBA-UEFS), tem observado um papel similar exercido por Wigner em relação aos trabalhos feitos pelo físico alemão H. Dieter Zeh, referentes ao processo da medição e a noção de decoerência na Mecânica Quântica. As reflexões de Wigner sobre o conteúdo deste trabalho serão discutidas no capítulo 2.

¹⁶ Um dos resultados desta influência se deu em 1963, quando Shimony escreveu um artigo para o *American Journal of Physics* sobre o papel do observador na teoria quântica. Neste artigo, ele faz uma análise das implicações realistas dos trabalhos de von Neumann (1932) e London & Bauer (1939), além de confrontá-los com a interpretação de Bohr. Além de destacar as particularidades de cada uma destas interpretações, Shimony, também, as compara com a proposta de Wigner para solucionar o problema da medição.

¹⁷ Estes por seus trabalhos sobre modelos de camadas do núcleo atômico.

Desde o início da década de 1930 fazia parte do seleto grupo de físicos teóricos que trabalhavam em Princeton.

Neste ambiente, teve contato com alguns dos maiores críticos da interpretação de ortodoxa na América, Einstein e, posteriormente, David Bohm e Hugh Everett III. Apesar do prestígio gozado por Wigner, os seus escritos sobre fundamentos - que investigava algumas conseqüências especulativas da teoria Quântica da Medição - não ficaram isentos de sérias críticas, ou seja, não ficaram imunes aos fortes ataques por parte dos defensores da interpretação de Bohr, principalmente por parte de Leon Rosenfeld (1904–1974), o principal defensor da interpretação de Copenhague. Este não acreditava haver qualquer problema fundamental na Mecânica Quântica, que seria uma teoria completa e não necessitava de qualquer remendo ou reformulação¹⁸. Discussões realistas em torno do significado desta Teoria não passariam de preocupações metafísicas desnecessárias e escapavam do campo de ação do físico, portanto, não poderiam trazer qualquer tipo de contribuição ao desenvolvimento desta.^{19,20}

O tema principal que Wigner irá atacar será o problema da medição na Teoria Quântica e o papel representativo da Teoria Quântica a fim de produzir uma imagem geral coerente. Inspirado pelos trabalhos de Von Neumann (1932) e London & Bauer (1939), suas preocupações levaram-no a dois problemas distintos. Estes trabalhos apresentam a estrutura formal da Teoria Quântica constituída por duas dinâmicas diferentes, uma tendo a evolução temporal de sua equação de estado regida pela equação de Schroedinger e a outra a teoria da medição que nos fornece a forma de definir os operadores (ligados a

¹⁸ Salvo explicitações teóricas obtidas a partir da Mecânica Estatística como o trabalho de Danieri, Loinger e Prosperi (1962). Agradeço ao professor Osvaldo Frota Pessoa Jr. por esta ressalva.

¹⁹ Apesar de o próprio Wigner também ter pensado assim durante algum tempo (Wigner, [1973a, p.374], 1995, 60), o desenrolar da história referente aos Fundamentos da Mecânica Quântica provou justamente o contrário, com o aperfeiçoamento do argumento apresentado no paradoxo do artigo que ficou conhecido como EPR, que levou Bell a construir suas desigualdades. Posteriormente, com a ajuda de outros trabalhos teóricos, tais resultados proporcionaram a construção de experimentos que testaram tais desigualdades. Hoje é bem documentado (Freire, 2006; Bispo, 2009) que tais experimentos deram grande impulso para o desenvolvimento da Óptica Quântica.

²⁰ Freire Jr. (2004), baseado no livro de Kragh (2002), irá destacar que esta rotulação dos termos da controvérsia como puramente metafísicos (como ainda é declarado por alguns físicos) foi reforçada por duas outras razões: “a larga difusão, no pós Segunda Guerra, de uma visão instrumentalista da ciência, que, no caso da física quântica, levava simplesmente à negação da existência de qualquer problema de interpretação dessa teoria e o crescimento, especialmente na Física norte-americana, de uma visão pragmática, a qual valorizava sobretudo não apenas as implicações experimentais, mas especialmente, as possibilidades de aplicação das inovações científicas.”

observáveis) e calcular os autovalores (os resultados de uma medição), a probabilidade de encontrar cada um destes e o estado após a medição (postulado da projeção). Um determinado resultado específico no processo de medição não é extraído diretamente a partir de uma das possíveis soluções da equação diferencial de Schroedinger, como ocorre nas equações diferenciais da Mecânica Clássica. A falta de um único quadro representativo dos fenômenos físicos (evolução temporal da equação de estado + redução da sobreposição no processo da medição) no formalismo da Teoria Quântica ortodoxa²¹ incomoda a Wigner. Partindo desta abordagem formal, este nos leva a uma cadeia *ad infinitum*, onde cada observador pode ser colocado como compondo o sistema/objeto observado por um outro observador exterior acoplado ao sistema quântico, e a uma situação paradoxal, conhecida como o “paradoxo do amigo de Wigner”²². Não existiria mais um critério geral que nos faça estabelecer uma fronteira nítida entre o sujeito e o mundo exterior²³. Como já dito antes, esta questão será aprofundada no segundo capítulo.

Esta declaração de Wigner mostra seu receio em relação à conseqüente visão de mundo trazida por esta interpretação:

Em outras palavras, se tentarmos uma descrição completa da natureza pela Mecânica Quântica somos levados a uma filosofia solipsista. Isto foi reconhecido há muito tempo atrás, apesar de pouco divulgado e, para ser franco, conduziu a maioria de nós para a indesejável conclusão que a Mecânica Quântica não descreve a natureza completamente. (Wigner, [1977] 1995, p.593)²⁴

Por isso, antes de lançar a sua sugestão para a solução do problema da medição, ele parte das conseqüências epistêmicas derivadas da teoria ortodoxa que fornecerão a sustentação necessária para as suas afirmações e o direcionam para onde olhar a fim de buscar maior coerência a estrutura interna da teoria.

²¹ Wigner (1961 e 1963, p. 154) entendia “ortodoxia” como a interpretação que se iniciava com Heisenberg e tinha o ápice de sua formalização e explicitação conceitual com os trabalhos de von Neumann (1932) e o de London & Bauer (1939). Quando Wigner discutia a estrutura formal da teoria ortodoxa, ele se referia especificamente ao trabalho destes dois últimos. Como veremos no capítulo 2 e 3, ele utilizava muito mais as idéias de Heisenberg como representantes da base filosófica da ortodoxia do que aquelas defendidas por Bohr. Wigner não parece demonstrar ter consciência de que as idéias idealistas presentes no texto de Heisenberg, de 1950, é diferente daquela defendida na década de 1920 e 1930.

²² Termo criado por Bass (1971) para se referir a um experimento de pensamento de Wigner.

²³ A discussão em torno desta questão é apresentada no capítulo 2, tópico II.

²⁴ Fragmento original: “In other words if we try to describe nature fully by quantum mechanics, we are led to a solipsistic philosophy. This was recognized long ago, though little advertised and, to be frank, led most of us to the undesired conclusion that quantum mechanics does not describe nature fully.”

Wigner irá tomar posição frente a um tema caro aos “ortodoxos” da Mecânica Quântica, ou seja, qual critério objetivo que podemos utilizar para se estabelecer a fronteira entre o mundo com comportamento quântico e aquele com comportamento clássico. Esta fronteira se dá no momento da interação do sistema quântico com o aparelho de medição, ou na interação com o amplificador acoplado ao aparato, ou no momento em que escolhemos o que medir, ou ainda, segundo Wigner, no momento em que o sistema quântico (que faz parte de uma cadeia com n sistemas acoplados) interage com a mente do observador? Esta proposta em si, não é nova, pois esta cadeia já aparece em von Neumann (1932), porém é reproduzida com um teor claramente subjetivista no livro de London & Bauer (1939), como será melhor discutido mais a frente, mas serão apresentadas algumas de suas sutis peculiaridades nesta dissertação.²⁵

Defendemos aqui que suas exigências de coerência no processo de representação dos fenômenos físicos na teoria e seu interesse em apontar um caso limite na Física Quântica são os dois principais fatores que o levaram a propor uma solução particular para o problema da medição. Nos textos que serão analisados no capítulo 3, Wigner apresenta sua visão da natureza das teorias físicas, da matemática e da mente humana, discutindo quais são as condições mínimas para que o conhecimento empírico se torne possível e qual o limite do processo de objetivação.

O impacto do personagem Wigner na história das controvérsias em Física Quântica é significativo, por seu papel crucial na construção de alianças com o fim de dar maior projeção ao caráter deste debate e suas revisões conceituais dentro desta teoria. Um fato notório foi sua valorização de uma linha de construção histórica diferente das vigentes. Wigner, assim como seu amigo e compatriota von Neumann, preferia construir uma linha que chegava “à concepção padrão” partindo de Heisenberg, passando por von Neumann,

²⁵ Partes destas peculiaridades são apresentadas no artigo de Shimony (1963) e, mais recentemente, no artigo de Pessoa Jr. (2001). Estes artigos mostram as continuidades e descontinuidades ao comparar as abordagens de von Neumann (1932), London & Bauer (1939) e Wigner (1961 e 1963) em relação ao problema da medição.

London & Bauer, e o próprio Wigner²⁶. Esta foi, provavelmente, mais uma das razões de ter encontrado oposição direta por parte dos adeptos da escola de Copenhague.

As questões e os conceitos apresentados nesta pesquisa evidenciarão, ainda, que o trabalho de identificação de uma linha estreita de distinção entre Ciência e Filosofia, no trabalho de pesquisa em Fundamentos da Física, nem sempre é trivial.

²⁶ Freire Jr, 2004. Realmente, como afirma Freire, Wigner cita Bohr poucas vezes, fazendo referência mais aos seus trabalhos teóricos do tempo da gênese da Teoria Quântica do que as suas idéias filosóficas ou sobre o papel da Física.

Capítulo 1 - Eugene Wigner: Alguns Marcos em Sua Formação

Seu interesse pela Física Teórica e por temas paralelos e posteriormente por problemas nos Fundamentos da Mecânica Quântica. Identificação do peso histórico-social do personagem na comunidade científica.

Este capítulo não irá reconstruir os passos das principais contribuições estritamente científicas dos trabalhos de Wigner, mas de seus movimentos na direção de uma auto-formação intelectual e filosófica. Assim, pretende-se neste capítulo reconstruir três marcos históricos na formação intelectual de Wigner, com maior ênfase a partir do segundo. O primeiro ainda bem jovem, no início do século XX, quando sua família nega a religiosidade semita como forma de protesto contra a forte adesão deste grupo étnico-religioso ao partido comunista e sua ideologia. O segundo marco de sua formação ocorreu na Alemanha, principalmente, sob a influência do químico húngaro Michael Polanyi – o mesmo que mais tarde se dedicaria quase que exclusivamente à Filosofia. Os diálogos tidos com seu amigo de escola, em Budapeste, Jancsi Neumann (mais tarde conhecido pelo seu nome americanizado John von Neumann) tiveram também relevância na formação pessoal de nosso personagem central e tal relevância se acentuará com o decorrer dos anos. O terceiro momento - com sua atenção mais voltada à Filosofia da Física - ocorreu, principalmente, entre as décadas de 1940 e 1960, em Princeton, EUA. Neste período teve contato com as obras dos físicos²⁷ Fritz W. London e Edmond Bauer, *La théorie de l'observation en Mécanique Quantique* (1939); Henry Margenau, *The Nature of Physical Reality* (1950) e artigos mais tardios de Werner Heisenberg. Mostrarei neste trabalho as principais inquietações que instigavam Wigner no campo teórico da Mecânica Quântica, levando-o à leitura destas obras acima. Espera-se com este capítulo fornecer uma maior compreensão do contexto intelectual anterior, quando Wigner propõe sua interpretação mentalista ao problema da medição.

a) Marcos Familiares

²⁷ Além de ser um grande amante da poesia de seu país, Wigner tinha um variado gosto pela leitura e desde jovem lia sobre variados temas, das obras psicanalíticas de Freud a livros de antropologia e física atômica. No decorrer dos anos seu interesse passou a se direcionar cada vez mais àquilo que se tornou seu campo de atuação, a Mecânica Quântica, mas também, sempre achava tempo para ler algo sobre filosofia e biologia, sem nunca deixar de lado seus poetas húngaros prediletos.

Wigner Jenő Pál²⁸, nascido em 17 de novembro de 1902, é o filho mais velho em uma família descendente de judeus austríacos que migraram para Budapeste, a cidade europeia que mais recebeu imigração judaica no final do séc. XIX. Segundo István Hargittai (2008), os judeus eram muito presentes na classe média, e já no início do séc. XX monopolizaram a burocracia política e a área militar na Hungria. Este autor nos leva a crer que não foi à toa que todos os componentes dos chamados “marcianos da ciência”²⁹, que fizeram o “fenômeno húngaro”³⁰ nos EUA, possuíam origem judaica.

Wigner cresceu em um contexto de grande movimentação política na Europa, e os húngaros estavam plenamente inseridos nesta movimentação intensa. Em 1918, quando Wigner tinha 16 anos, o império Austro-Húngaro saía derrotado da “grande guerra”, perdendo assim parte de sua população e território, devido a invasões e ao armistício. O Rei Carlos IV (1916-1918) não resiste à pressão popular, e então se proclama a república. As invasões continuam e o governo do Partido da Independência dá lugar a um governo social-democrata aliado ao partido comunista russo. Começa a se estabelecer uma ditadura do proletariado alinhada com a U.R.S.S. (1919). Muitos judeus que participavam da elite intelectual de Budapeste defendiam e participavam deste governo comunista que se estabeleceu.³¹

²⁸ Na Hungria, ainda hoje, se costuma escrever o nome tendo a identificação familiar na frente. Ele possuía duas irmãs, Bertha, a mais velha, e Margit, a mais nova – esta última posteriormente casaria com o físico britânico, vencedor do Nobel, Paul Dirac (Mehra, J. vol. II, 2001).

²⁹ Assim eram chamados os físicos húngaros que participaram diretamente ou indiretamente do projeto Manhattan: T. Von Kármán, Leo Szilard, Eugene P. Wigner, J. von Neumann e Edward Teller. Esse apelido foi dado pelos colegas que trabalharam junto com eles no projeto Manhattan, por achá-los muito estranhos e com costumes esquisitos (Hargittai, 2008).

³⁰ Termo muito utilizado por Thomas Kuhn em sua entrevista com Wigner, em 21 de novembro de 1963, porém este último insistiu que o fato da existência de tantos físicos húngaros talentosos na América não justificaria o uso do termo “fenômeno”.

³¹ Fonte: verbete: Hungria *in* Barsa, Enciclopédia. *Enciclopédia Britânica do Brasil*, Rio de Janeiro - São Paulo, 1979, Vol. VII, pp.390-C a 394.



Foto tirada no início da Segunda Guerra. Judeu caminhando em uma rua de Budapeste, e ao fundo, à esquerda, pode-se identificar um cartaz que representa o tipo de filiação política em que muitos rotulavam os judeus nas ruas de Budapeste.³²

Porém, o pai de Wigner (Sr. Antal, ou Anthony, como passou a ser chamado nos EUA) defendia a propriedade privada, sendo dono de parte de uma fábrica de couros que gerenciava, a segunda maior da Hungria. Depois de perceber a movimentação comunista aliada aos seus companheiros judeus, o Sr. Antal nega sua antecedência judaica e “força”³³ toda a família a se converter à religião luterana. Nesta época, durante um curto período, Wigner e sua família foram morar no sul de Viena, onde permaneceram até 1920, com o fim momentâneo do regime. A aversão que o pai de Wigner possuía ao comunismo pareceu ser compartilhada por seu filho, principalmente no decorrer dos anos quando irá se posicionar politicamente nos Estados Unidos, no período da guerra fria. Nos textos filosóficos ele também assumirá uma postura de crítica ao comunismo³⁴ e ao materialismo na ciência (Wigner, 1961 e 1969a).

³² Foto tirada pelo autor em uma exposição de imagens do holocausto. Museu do Holocausto. Budapeste. Ago/2009.

³³ Segundo István Hargittai (2008), a família de Wigner nunca foi muito praticante em relação às cerimônias e fê judaicas.

³⁴ Em uma *lecture* dada em 1964, Wigner diz: “...O mais importante... [é que] nós temos a responsabilidade moral de tentar visualizar os efeitos morais de nossos empreendimentos. Há no mínimo um exemplo na história do homem quando a mais nobre concepção se torna, por um tempo, uma paródia dela mesma.

b) Vivendo a Universidade Alemã

Nossa história recomeça em 1921 quando Wigner desembarca em Berlin para estudar no *Technische Hochschule (Instituto de Tecnologia de Berlin)*, uma famosa instituição alemã voltada à formação de engenheiros. Através de visitas constantes aos colóquios realizados na Universidade de Berlin, Wigner pôde ter contato pela primeira vez com físicos como Albert Einstein, Max Planck, Max von Laue, Walther Nerst, entre outros. Desde cedo, quando ainda estudava no *Lutheran Gymnasium*, Wigner já havia demonstrado interesse em estudar Física quando fosse à Universidade. Porém foi desencorajado ao perceber que só havia 3 posições para físicos na única universidade de seu país, em Budapeste. Portanto, o pai de Wigner achou mais sensato o enviar a Berlin com o objetivo de obter uma boa formação em Engenharia Química e futuramente poder trabalhar na fábrica de couro.

Referente ao seu período de estudos em Berlin, Wigner diz que participou de pouquíssimas classes, quase todas as suas aulas eram práticas, no laboratório.³⁵ Ele estava trabalhando para obter sua graduação e doutoramento como especialista em Engenharia Química³⁶, sob a orientação do físico-químico Hermann Mark, no *Technische Hochschule*, até o término da graduação em 1924, e do químico Michael Polanyi, durante o doutorado em 1925, no *Kaiser Wilhelm Institute for Physical Chemistry and Electrochemistry*. Durante este período Wigner dispersou tanto sua leitura que chegou a pensar em fazer pesquisas em antropologia. Foi quando ele teve seu primeiro contato com a obra de Sigmund Freud, que o deixou fascinado, principalmente o livro, “A Interpretação dos Sonhos”. Um dos principais biógrafos de Wigner, Jagdish Mehra (2001, vol. II, p. 915),

(Alguns de meus amigos, ao lerem esta passagem, pensaram que eu estava me referindo ao comunismo. Na verdade, e com grande pesar eu digo, a Cristandade nos fornece, igualmente, um bom exemplo).” Ver também Mehra (2001, p. 940).

³⁵ Schweber (1986) defende em um dos seus textos que Wigner foi um dos físicos provenientes da Europa que se adaptou ao estilo pragmático da Física Teórica americana, assimilando-o a partir do momento que se estabeleceu em solo americano. Apesar de não termos razões para discordar desta tese, acreditamos que as citações apresentadas por Schweber (ibidem, p. 82), descrevendo como Wigner se sentia à vontade em discutir resultados e modelos experimentais, não comprovam sua tese necessariamente, pois como podemos ver neste capítulo, Wigner possuía uma boa formação acadêmica no campo experimental. No que se refere as suas visões filosóficas, acreditamos ainda que Wigner deve ter se sentido bem confortável quando chegou nos EUA, trazendo na bagagem suas crenças positivistas. No entanto, não questionamos a possibilidade de tais crenças terem sido contaminadas pelo estilo pragmatista do operacionalismo de Bridgman.

³⁶ Wigner em uma de suas entrevistas diz que apesar de mesmo nesta época já ter lido muitos livros sobre Física, foi através “da análise química que eu me convenci da existência de leis da Natureza.”

afirma que o trabalho de Freud irá influenciar profundamente o pensamento de Wigner, referente ao seu fascínio pela consciência humana e seu papel na construção de nossas percepções³⁷.

- c) O Problema da Medição na Mecânica Quântica ganha corpo. Wigner se muda para os Estados Unidos

A partir de 1926, Wigner se torna assistente do professor Richard Becker, um físico teórico que trabalhava no *Technische Hochschule*, na área de cristalografia³⁸. Neste momento, então, devemos esclarecer um ponto que pode ter intrigado alguém que esteja acompanhando esta narrativa. Se ele terminou sua graduação e doutoramento em uma instituição para engenheiros e se especializou em química orgânica para trabalhar na fábrica de seu pai, então onde e como que Wigner aprendeu Física Teórica, pelo menos o bastante para conseguir a vaga de professor assistente e a ponto de escrever um livro de Física Matemática? Podemos afirmar que não foi em seus estudos de doutoramento na *Technische Hochschule*. Na verdade, ele não deixa seu interesse pela física em momento algum, por isso, suas leituras sobre o tema o acompanham mesmo durante o ano que trabalhou na fábrica de seu pai, até receber o convite para ir trabalhar em Berlin com o professor Becker. A revista que Wigner mais lia em sua época era o *Zeitschrift für Physik* – posteriormente, será através desta revista que ele terá contato pela primeira vez com um trabalho publicado por Heisenberg, em 1926. Ele também não perdia os colóquios sobre física realizados no *Technische Hochschule*, na Universidade de Berlin e em outras cidades alemãs onde esteve. Apesar de não haver muito intercâmbio entre as duas instituições e Wigner muitas vezes não conseguir compreender todas as discussões, ele se referia a estes eventos como

³⁷ Na nota de rodapé 7, no artigo “Two Kinds of Reality” (de 1964) Wigner reafirma sua crença na existência do subconsciente e cita o livro “Cartas de Sigmund Freud” (1960), particularmente a carta 123 de Freud à A. Schnitzler. No entanto, não nos arriscaremos a afirmar que tal interesse esteja direta ou indiretamente conectado com sua proposta para solucionar o problema da medição na Mecânica Quântica.

³⁸ São seus primeiros trabalhos em cristalografia que chamam atenção de Wigner ao papel chave e fundamental da simetria como princípio organizador do mundo natural. “Ao chegar em Berlin para trabalhar como professor assistente, Richard Becker dá um conselho a Wigner: ‘Faça algum trabalho com o Dr. Weissenberg (um *Dozent* ou *lecturer*)’. E Weissenberg diz: ‘Você sabe, é curioso como os átomos em um cristal são arranjados ao longo de um eixo ou plano de simetria. Por que será?’ Então, Wigner pensou sobre isso, não durante muito tempo, talvez durante um dia. ‘Eu notei que se você tiver um eixo de simetria, o potencial é um extremo (podendo ser um máximo ou mínimo), mas a probabilidade deste ser um máximo é muito maior, e uma semelhante consideração se aplica ao plano de simetria, e eu disse isto a ele. E Weissenberg me respondeu: ‘Talvez você esteja certo, mas é importante dar uma demonstração mais elegante.’” Esta demonstração mais elegante Wigner encontrará sob a orientação do amigo von Neumann (e mais tarde por Dirac), (Mehra, J. 2001, p.917).

inspiradores. Foi desta forma que Wigner foi se formando dentro da comunidade de físicos. No ano de 1927 ele publicou com Von Neumann seus primeiros artigos propriamente sobre Mecânica Quântica, numa série de três artigos, aplicando a Teoria de Grupos.

Em meados do mês de dezembro de 1929, Wigner recebeu um telegrama da Universidade de Princeton, nos EUA, convidando-o para passar um semestre em seu *campus* dando aulas de Física Teórica.³⁹ Quando o semestre de aulas, em Princeton, estava próximo a terminar - e após algumas negociações - Wigner foi contratado como professor de física matemática por 5 anos⁴⁰.

Em Princeton, von Neumann sistematiza uma obra – com o auxílio de Wigner⁴¹ - que se tornará um marco no estabelecimento da estrutura formal da Teoria Quântica, *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*⁴². Nela Von Neumann discutirá um tema que passará a ser recorrente nos escritos de Wigner, principalmente na década de 1960. Este se refere ao processo de medição na Mecânica Quântica. No capítulo VI (“The Measuring Process”), Von Neumann, auxiliado por Wigner, faz uma breve discussão do problema da medição na Física do ponto de vista da dicotomia entre objetividade *versus* subjetividade. Sobre este último, ele parte de uma imagem dicotômica da relação mente e cérebro como duas realidades independentes, mas paralelamente existentes, em que os processos de uma podem ser traduzidos à outra (o chamado “paralelismo psico-físico”). Como se pode notar, quando este livro é lançado em 1932, Wigner já está trabalhando como professor de física matemática em Princeton. Von Neumann o lança um ano depois

³⁹ Wigner conhecia muito pouco do inglês e menos ainda da cultura americana. Porém, o valor em dólares da oferta lhe causou grande surpresa. Ele chegou a pensar que havia um zero a mais no valor proposto pelo telegrama. O salário que Wigner recebia semanalmente no Technische Hochschule era miserável (não passava de \$140 por mês), mal dava para se sustentar sem a ajuda da família. Quando ele percebeu que Von Neumann havia recebido a mesma proposta com o mesmo valor, então concluiu que não havia erro algum.

⁴⁰ Posteriormente foi recontratado depois de passar um curto período ensinando em outra universidade americana.

⁴¹ Hoje sabemos através de Abner Shimony (1997) que Wigner trouxe grandes contribuições ao livro de von Neumann:

The earliest of Wigner’s important contributions to the quantum mechanical treatment of measurement occurs in a work that does not bear his name, von Neumann’s ‘Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik’. Wigner once remarked privately that he had learned much more from von Neumann than the latter had learned from him, but that von Neumann’s analysis of the measurement process in the last two chapters of his book owed very much to Wigner’s suggestions. A specific acknowledgement is given in footnote 203, ch. 5, which concerns the macroscopic observer. (*Shimony, 1997, p.401*)

⁴² Publicado em alemão e traduzido para o inglês em 1955.

de Wigner ter lançado seu primeiro livro sobre Mecânica Quântica, *Group Theory and Its Applications to Quantum Mechanics of Atomic Spectra*⁴³.

Como foi mostrado neste capítulo, Wigner foi um físico com formação híbrida. Esta característica foi crucial para levar ao sucesso o projeto de construção do primeiro reator nuclear, durante a Segunda Guerra. Nos anos em que Wigner trabalhou em Princeton a sua estadia foi interrompida diversas vezes. Uma destas principais interrupções foi quando este teve que se transferir para Nova Iorque com o fim de trabalhar - juntamente com Enrico Fermi, a Companhia Dupont e outros colaboradores - no desenvolvimento do reator nuclear de Hanford, que seria de grande utilidade ao laboratório de Los Alamos. É através de sua inserção neste grande projeto que Wigner começa a viver e compreender mais proximamente o contexto e o significado da *Big Science*⁴⁴. Ele, então, é colocado como engenheiro chefe e consegue, com grande esforço, ter sucesso em alcançar o objetivo final do projeto. As reflexões que serão apresentadas no segundo tópico do capítulo 3 ocorreram após Wigner ter tido esta marcante experiência. Esta não é a única causa destas reflexões, porém deve ter sido, pelo menos, uma catalisadora de suas inquietações. Neste momento saltaremos alguns fatos irrelevantes para nossa narrativa.

Posteriormente, no início da década de 1960, provavelmente reanimado pelas leituras da obra dos físicos Fritz W. London e Edmond Bauer⁴⁵, de 1939, Wigner retomou estas questões apresentadas no parágrafo anterior e passou a propor uma certa abordagem ao problema da medição na Mecânica Quântica.⁴⁶ Este livro deu grande impulso para que Wigner delineasse cada vez mais claramente um cenário epistemológico para a Teoria Quântica. Wigner se refere a este livro de London e Bauer como “...a mais agradável exposição das implicações epistemológicas da Mecânica Quântica...” (Wigner, 1964, pp. 187, nota 2). Este serviu como referência importante nas discussões feitas por Wigner em seus artigos sobre o problema da medição. Esta obra demonstra ter duas características cruciais, uma delas formal, sendo um desdobramento do estilo axiomático⁴⁷ contido no

⁴³ Sua primeira versão é escrita e posteriormente publicada na Alemanha, pela editora Friedrich Vieweg & Sohn em Braunschweig. A versão em inglês é publicada em 1959 pela Academic Press, em Nova York.

⁴⁴ Termo que ele utilizará pela primeira vez no artigo de 1964.

⁴⁵ Um texto escrito pelo historiador e filósofo Steven French (2002) ensaia uma exegese deste livro.

⁴⁶ A sofisticação desta solução será apresentada no segundo capítulo.

⁴⁷ Rédei (2005).

livro de Von Neumann (1932), e a outra é sua carga filosófica contida no escopo de sua interpretação conceitual.

d) Wigner apresenta suas críticas referentes à interpretação ortodoxa

Tanto o livro de von Neumann quanto o de London & Bauer aparecem em vários momentos em dois artigos importantes escritos por Wigner e direcionados principalmente a filósofos: “Two Kinds of Reality”⁴⁸, de 1964; e “Remarks on the Mind-Body Question”, de 1961. Este momento é de fato interessante, pois Wigner apresenta, primeiramente à platéia de não físicos, os fundamentos epistêmicos de sua interpretação para o problema da medição na Mecânica Quântica. Analisaremos detalhadamente, mais adiante, estes dois artigos, porém a única coisa que queremos destacar por enquanto é que estes nos fornecem um dos eixos importantes do pensamento de Wigner: uma visão semelhante à idealista quanto à construção da realidade a partir de nossas percepções, principalmente no que se refere ao mundo quântico e seu processo de medição, assumindo tal visão como consequência natural da Teoria Ortodoxa. No artigo de 1964, Wigner chama atenção ao papel que a consciência passou a exercer nas discussões sobre fundamentos da Mecânica Quântica, principalmente no que se refere ao problema da medição. A problematização da relação sujeito-objeto passa cada dia mais a estar no centro de suas preocupações. É neste contexto que Wigner irá se referir no decorrer destes artigos a Werner Heisenberg⁴⁹, Von Neumann (1932), London & Bauer⁵⁰, Percy W. Bridgman (1936) e Henry Margenau (1950).

Durante seus anos em Princeton, Wigner publicou continuamente diversos artigos em Física Teórica e em 1963 ele recebe o prêmio Nobel de Física. Porém, em janeiro do mesmo ano ele publica, na *American Journal of Physics*, um artigo direcionado à

⁴⁸ Que foi uma transcrição de uma conferência apresentada por Wigner na *Marquette University*, no verão de 1961.

⁴⁹ Como já foi mencionado nesta dissertação, Wigner já era leitor de Heisenberg desde 1926, porém a visão filosófica deste que é deixada explícita por Wigner é através de um texto de 1950. Ver capítulo 2.

⁵⁰ É curioso como Wigner se aproximou de físicos com afinidade filosófica afeiçoada à fenomenologia de linha husserliana. Apesar do livro de London & Bauer, de 1939, não fazer nenhuma referência direta ao Husserl, o artigo de French supracitado, apresenta uma descrição histórica da aplicação do sistema filosófico husserliano não só ao problema da medição na Mecânica Quântica, mas à Física como um todo, conforme foi defendido em trabalhos filosóficos anteriores de Fritz London, publicados apenas em alemão. Este sim, um fenomenólogo alemão que chegou a participar do grupo de Munique. Além do mais o próprio Polanyi teve um forte diálogo com o pensamento de Merleau-Ponty, principalmente em seu livro *Personal knowledge*, de 1958. Wigner faz sua primeira referência a esta obra de Polanyi em 1960 (Wigner, 1960, p. 225).

comunidade de físicos. “The Problem of Measurement” se torna um dos seus artigos mais citados. Neste, ele analisa a interpretação ortodoxa e defende a sua própria solução para o problema da medição. Porém, quando ele entra neste debate de frente, ele não está sozinho. Todos estes textos destacados acima, juntamente com seus autores, se aproximam de alguma forma a sua abordagem referente ao processo da medição e/ou a sua visão daquilo que este entende por “concepção ortodoxa”. Wigner os usou como ponto de partida e/ou como argumento para ratificar suas idéias. Quando Wigner começou a publicar tais textos sobre fundamentos no início da década de 1960, podemos afirmar então, que ali já havia uma polifonia de vozes que o dava ainda maior sustentação formal e epistêmica. Portanto, o caminhar de Wigner não é solitário nem na fase anterior à publicação daqueles artigos e nem no momento posterior quando será acompanhado por outros pares da Física.

Porém, não podemos deixar de lado o contexto histórico que Wigner vivia na década de 1960, que foi atípico em relação às décadas anteriores quanto à discussão dos Fundamentos da Teoria Quântica. Conforme já foi dito na introdução desta dissertação, o ambiente de contestação à doutrina de Copenhague já havia se iniciado, principalmente, com Einstein e Schrödinger, passando por filósofos e físicos soviéticos até chegar à interpretação alternativa proposta por David Bohm, chamada de Teoria de Variáveis Escondidas ou Ocultas, e à interpretação dita dos “estados relativos”, formulada por Hugh Everett III. É difícil afirmarmos quão determinante foi este ambiente para estimulá-lo a apresentar sua contribuição à controvérsia, mas o fato é que não foi difícil Wigner encontrar oponentes já preparados para um enfrentamento de idéias. Posteriormente, muitos outros personagens irão entrar em cena, tais como, B. d’Espagnat, Abner Shimony, J. M. Jauch, M. M. Yanase, G. M. Prosperi, Léon Rosenfeld, entre outros. Alguns deram apoio à interpretação de Wigner, outros o tomaram apenas como importante interlocutor, porém o seu principal crítico não era nenhum outro que o próprio Rosenfeld. No entanto, neste caso, este não podia classificá-lo de diletante como fizera com David Bohm⁵¹.

Apresentamos aqui um breve esboço biográfico focando importantes pontos da formação intelectual de Wigner e as suas principais realizações em diversos campos da Física Teórica e Aplicada. Este texto foi, também, uma tentativa de complementar o recorte

⁵¹ A continuação deste recorte histórico e seus desdobramentos até o início da década de 1980 pode ser encontrado com mais riqueza de detalhes nos textos de Freire, 2004 e 2007.

histórico analisado por Freire (2004 e 2007). Este autor tem nos mostrado que a partir da segunda metade da década de 1960 e, principalmente, durante os anos de 1970, o campo de investigações dos fundamentos da Mecânica Quântica começou a adquirir dimensões históricas, sociais e filosóficas muito maiores, e Wigner tem um papel de grande peso nesta virada.

Capítulo 2 - A Evolução do Pensamento de Wigner Referente ao Problema da Medição na Mecânica Quântica

O processo de medição segundo von Neumann e London & Bauer. *O paradoxo do amigo de Wigner*. Uma proposta mentalista à solução do problema. O afastamento de Wigner de sua proposta, para a solução do problema da medição. Sua aproximação com a proposta de Zeh. As principais críticas à proposta de Wigner.

A abordagem wigneriana para o problema da medição na Mecânica Quântica pode nos parecer como um movimento completamente exterior às Ciências Naturais. Apesar desta ter estado na ordem do dia dos debates em Fundamentos da Mecânica Quântica durante a década de 1960, atualmente pode causar estranheza⁵² a muitos físicos (ver Freire, 2004b e 2007) e filósofos da física⁵³. Longe, porém, de ter sido um delírio criativo de um grande físico do século passado, considerado místico por alguns (Marin, 2009 e Baptista, 2002, pp.63-74, *apud* Freire, 2007, nota 1), tal abordagem partiu de três pontos de fuga filosóficos que, no passado, construíram um certo estilo de se fazer epistemologia.

Apresentaremos três eixos a partir dos quais se pode construir um esquema geral da visão de Wigner sobre os fundamentos da Física. Estes eixos são constituídos por sua (1) exigência de se construir uma imagem geral e coerente do mundo natural através de (2) um formalismo atrelado a um uso conveniente dos conceitos físicos, dentro de (3) uma tendência semelhante à idealista (que ele chamou de “dualista”⁵⁴ em *Two Kinds of Reality*) em relação à realidade do mundo natural. Estes três eixos estão atrelados ao método com que Wigner constrói sua epistemologia. Para ele, independente de nossas crenças filosóficas pessoais, nossa maneira de refletir sobre a Natureza deve começar pela imagem de mundo construída a partir da teoria física mais aceita em um determinado período. Constitui seu primeiro movimento a fim de se construir uma determinada Filosofia da Física, começar com as seguintes questões: Quais são as condições de possibilidade que dão significado às leis de uma determinada teoria (tais como: causalidade e princípios de invariância)? Quais são os conceitos primitivos desta Teoria? Que tipo de descrição da realidade esta nos fornece? Como se constrói sua relação com o mundo empírico? Assim,

⁵² Szanton, A & Wigner, E. P. 1992, p. 221.

⁵³ Esta estranheza pode ser percebida no livro de M. Redhead (1996) quando se refere à interpretação de Wigner: “It is really amazing that such a solution has been seriously proposed by physicists of the calibre of Eugene Wigner...”(Redhead, 1996, p. 38). M. Paty considerou as interpretações de Wigner, London & Bauer e Von Weizsäcker como “espiritualistas” (Paty, 1995, p. 199).

⁵⁴ Não confundir com o dualismo das substâncias defendido por Descartes em relação a sua filosofia da mente.

responderemos à seguinte questão: que atitude filosófica levou Wigner a se interessar pelo problema da medição se ele parece defender uma postura tão instrumentalista⁵⁵ (como veremos no decorrer desta dissertação) em relação ao papel descritivo das leis físicas? Para propor uma resposta apresentaremos o segundo movimento dado por Wigner. Ao tornar explícita a imagem de fundo dada pela Teoria padrão ou ortodoxa, ele desdobrou a estrutura sintática da Teoria Quântica da Medição até as suas últimas conseqüências, de modo que ele constrói um *modelo lógico*⁵⁶ que leva a estranhas conclusões. Dessa forma, ele mesmo desenvolve um ambiente propício para *propor* seu próprio *modelo heurístico*⁵⁷ como candidato a solucionar esta estranheza extraída do modelo padrão. De fato, nosso objetivo central, neste capítulo, está na busca de se alcançar maior compreensão das idéias epistêmicas de Wigner conectadas ao problema da medição na Mecânica Quântica, que têm causado certas incompreensões em nossos dias.⁵⁸ Veremos que o ponto central era apontar para um exemplo de caso limite na Física Moderna e estimular os cientistas naturais a construírem uma imagem de mundo (*Weltbild*) mais coerente.

Portanto, estes dois movimentos feitos por Wigner levam a três limitações intrínsecas, à interpretação ortodoxa, apontadas por Wigner - e destacadas por Emch (1993). A primeira limitação se dá devido ao seu campo de ação (não abarcando os fenômenos mentais e da vida). A segunda limitação ocorre em sua interpretação (que se a levarmos até as suas últimas conseqüências poderíamos cair em situações paradoxais). A terceira e última seria devido ao seu formalismo (onde o princípio de sobreposição não é incondicionalmente válido no domínio quântico devido a certas restrições impostas

⁵⁵ Esta postura filosófica defende que “a ciência não almeja fornecer descrições verdadeiras a respeito das causas ocultas dos fenômenos, mas apenas ‘salvar os fenômenos’. A ciência é um instrumento para se fazerem previsões precisas” (Pessoa, 2009, p. 58 a 59).

⁵⁶ Aqui não se trata do uso do termo lógico em um sentido filosófico rigoroso. Tomamos estes termos (modelo lógico e modelo heurístico) no mesmo sentido como é utilizado por Gérard Emch (2002 e 2007). Os modelos lógicos ou modelos-L são o fruto do processo de modelação desenvolvido pelo físico teórico ou matemático que “objetiva *explorar* as conexões a serem estabelecidas entre o núcleo – especialmente os postulados físicos – e sua relevância semântica na Física: em particular a possibilidade de observação de seus conceitos e sua adequação para descrever o mundo como apreendido pelos experimentos em laboratório” (Emch, 2007, p. 567). cremos que estes termos criados por Emch (a partir de leituras de Quine, Lakatos e da abordagem semântica de Suppes) a fim de poder descrever a dinâmica interna da evolução de uma teoria física, nos serão úteis para sistematizar o segundo passo das reflexões de Wigner apresentadas neste capítulo.

⁵⁷ Os modelos heurísticos ou modelos-H são o resultado do trabalho de modelação feito pelos físicos teóricos ou matemáticos quando a modelagem “é destinada a testar a regularidade e economia da sintaxe, a consistência lógica e a independência dos seus axiomas, e o valor formal das suas afirmações e teoremas” (Emch, 2007, p. 567). Segundo Emch, “a sintaxe constitui o *núcleo formal* da teoria: seu vocabulário e as suas regras de formação, os seus *axiomas* básicos e os seus *teoremas*” (Emch, 2002, p. 59-1).

⁵⁸ Algumas destas incompreensões são apontadas por Freire (2007), nota 1.

“externamente”, ou seja, postuladas através de *regras de sobreseleção*⁵⁹). Nesta dissertação iremos nos focar nas duas primeiras limitações.

2.1 – O Operacionalismo no Contexto da Física Teórica Americana⁶⁰

Antes de começarmos a tratar das questões mais relevantes deste capítulo gostaríamos de apresentar rapidamente o contexto filosófico de fundo nas discussões que os físicos teóricos americanos tinham sobre a natureza das teorias físicas e de seus conceitos. Um contexto que se constrói nas primeiras décadas do séc. XX e que vai além dos anos da Segunda Guerra. É justamente o período em que Wigner estabelece nos EUA seu lar permanente, se insere na comunidade de físicos teóricos deste país e produz trabalhos em cooperação com muitos dos seus membros.

A influência do físico teórico e experimental Percy W. Bridgman (1882-1961) nos EUA ia além dos muros de Harvard. Schweber (1986, p. 62) diz que os textos filosóficos de Bridgman e Dewey eram largamente lidos, e o primeiro “tocou profundamente” a vida da geração de físicos americanos formada entre 1915 e 1925. O tipo de pragmatismo propagado por Bridgman, que ficou conhecido por operacionalismo⁶¹, influenciou destacadamente o estilo de pensamento da comunidade de físicos teóricos americanos. Sobre esta escola filosófica o importante físico americano John H. van Vleck (1899-1980) comenta:

A essência desta filosofia, que é basicamente pragmática, é que a investigação empreendida pelo físico não deve ser confundida com o reino da metafísica ou da política, e deve se concentrar em explicar os fatos observáveis experimentais.⁶² Ele

⁵⁹ “Há (...) situações, na mecânica quântica, em que a causalidade, no sentido clássico é preservada. Ela é então relativa a grandezas que possuem a propriedade de “sobreseleção” (ou “superseleção”), isto é, que podem ser preditas com certeza, e não segundo uma certa distribuição de probabilidades. Trata-se de grandezas conservadas que correspondem às invariâncias dinâmicas, e que caracterizam intrinsecamente um sistema físico, por exemplo, partículas em interação. As invariâncias dinâmicas são as que não estão ligadas a transformações de espaço e tempo, e que são englobadas, em primeiro lugar, pelas tentativas atuais de teorias fundamentais dos campos de interação. Elas exprimem implicações do formalismo quântico que não se ligam às representações clássicas, e sobre as quais o princípio de correspondência, por conseguinte, nada nos pode dizer.” (Paty, 1995, p. 161). Estas regras apareceram, inicialmente, em um trabalho publicado por Wigner, Wightman & Wick, em 1952.

⁶⁰ Este tópico está baseado no estudo histórico escrito por Schweber (1986).

⁶¹ Para uma exposição mais extensa sobre esta escola filosófica ver Chang (2009) e Martins (1982).

⁶² A principal razão que levou Bridgman a assumir tal postura radical foi apresentada por Martins (1982, p. 76): “É evidente que, se adotarmos este ponto de vista em relação aos conceitos, ou seja, que a definição própria de um conceito não é dada em termos de suas propriedades mas em termos de operações reais, não precisamos correr o perigo de ter que rever nossa atitude em relação à natureza. Pois se a experiência for

[Bridgman] sentiu que a teoria só faz sentido neste contexto (J. H. Van Vleck Papers/8, *apud* Schweber, 1986, p. 63).

A primeira geração de físicos teóricos provenientes da Europa teve que lidar de alguma forma com este contexto.⁶³ Porém, diferente de Schweber, não cairemos aqui numa classificação direta (sem criticar a sua autoproclamação que veremos mais a diante) do positivismo de Wigner com esta escola filosófica na Física. Como foi dito na nota 34, do primeiro capítulo, não sabemos o quanto que o tipo de positivismo⁶⁴ nutrido por Wigner teve que se acomodar, rejeitando ou assimilando, a este estilo de pensamento, porém, no decorrer deste capítulo perceberemos possíveis ecos de diálogos⁶⁵ com o operacionalismo. O que enfraquece a crença numa identificação direta de Wigner com as versões iniciais do operacionalismo é a sua inclusão da consciência no domínio da física, o que dificilmente encontraria apoio dos defensores desta escola filosófica. Wigner teria que relacionar certos observáveis, do fenômeno proposto, de forma unívoca com seus processos de medição. No entanto, o pensamento de Bridgman passou por grandes mudanças com o passar dos anos, de modo a ter períodos de maior e menor abertura às especulações na ciência e matizando o processo de significação dos conceitos.⁶⁶

A declaração de afiliação filosófica mais direta que temos é nos momentos em que Wigner se identifica diversas vezes com o positivismo (Wigner, 1970b, p. 123; 1983b, p.1370) em seus textos⁶⁷. Porém, não sabemos que tipo de positivismo seria este no qual ele se refere. Acreditamos que este capítulo lança as primeiras pistas para delinear o tipo particular de positivismo que o acompanhava.

sempre descrita em termos da experiência, deve existir uma correspondência entre a experiência e nossa descrição dela, e nunca precisaremos ficar embaraçados, como quando tentamos encontrar na natureza o protótipo do tempo absoluto de Newton” (Bridgman, 1927, p. 6 a 7).

⁶³ Wigner diz em sua autobiografia (1992) que, diferentemente de seus colegas húngaros, ele não gostava de ser chamado de “marciano” pelos seus pares: “Eu acho que fui o único cientista húngaro que quis ser um americano normal” (Szanton & Wigner, 1992, 221).

⁶⁴ Discutiremos um pouco mais sobre a relação de Wigner com o positivismo no início do capítulo seguinte.

⁶⁵ O texto com identificação mais direta que encontramos está em Wigner, [1995, pp. 57 a 58], 1973a, pp. 371 a 372. Nele Wigner trata da dificuldade de *tradução operacional* para um determinado observável que é medido sucessivamente, porém por observadores/experimentalistas que estão em diferentes referenciais inerciais.

⁶⁶ Uma breve exposição desta evolução no pensamento de Bridgman é apresentada no artigo de Martins (1982).

⁶⁷ Gérard Emch (1993) e Michael Esfeld (1993) também enquadram Wigner nesta escola de pensamento. Os dois defendem em seus respectivos textos que as exigências epistemológicas de Wigner partem de sua afiliação a esta escola filosófica.

2.2 – O Status Epistemológico da Teoria da Medição na Mecânica Quântica

a) Construtos

No verão de 1961, Wigner apresentou uma conferência na Universidade de Marquette que foi a primeira apresentação, em inglês⁶⁸, de suas idéias mais fundamentais sobre percepção e o papel descritivo das teorias físicas. “Two Kinds of Reality” foi escrito pouco antes de iniciar seu acalorado debate com diversos físicos proeminentes sobre o problema da medição na Mecânica Quântica. Seu artigo, “Remarks on the Mind-Body Question” (1961), aponta para a mesma postura, que ele mesmo diz ser *similar* a do idealista^{69,70}, presente na conferência de Marquette. Apesar de Wigner estender sua visão sobre a “realidade física” para toda e qualquer teoria, ele dirá que “a presente discussão emerge do desejo de explicar, para uma audiência de não-físicos, a epistemologia no qual alguém é *forçado* a chegar ao levar a teoria quântica da observação até as suas últimas conseqüências”⁷¹ (Wigner, 1964a, p.185). A palavra “forçado” foi destacada porque ao tomar esta atitude frente à teoria quântica padrão, não significa que Wigner tenha aceitado completamente todas as suas conseqüências: “Eu desejo admitir, por outro lado, que eu não penso ou falo sempre nos termos desta imagem apresentada” (Wigner, [1995, p. 40], 1964a, p. 192). Ele evoca alguns autores que, segundo ele, lhe darão suporte para discorrer sobre seus temas. Alguns destes e suas idéias são: von Neumann (capítulo VI, 1955) e London & Bauer (1935) – o fim de uma clara separação na relação sujeito-objeto no processo de medição na Mecânica Quântica; Margenau e suas idéias sobre construtos teóricos nos capítulos 4 e 5 do seu livro de 1950, e o idealismo de Heisenberg (*Daedalus*, 87, 99, 1958).

⁶⁸ Muitos anos depois Wigner (1982) escreverá um texto sobre este tema em alemão.

⁶⁹ Na página 192 do artigo de 1964a, Wigner diz que um idealismo absoluto – em que “não há um mundo material independente da mente. Só existe aquilo que é percebido ou concebido por uma mente” (Pessoa, 2009, p. 57) - seria inconsistente com suas idéias.

⁷⁰ Mais uma vez mostramos, através deste fragmento do texto de Schweber (1986, p 67), como as idéias de Wigner não estavam tão distantes de outros importantes físicos de sua época, tal como Edwin Crawford Kemble (1889 – 1984), que foi orientado por Bridgman durante o doutorado e posteriormente ensinou em Harvard: “In doing his job, the theoretician will ‘of necessity adopt the method of operational reasoning recently advocated by Bridgman and closely related to the positivism of Mach and the pragmatism of the American philosopher and scientist, Charles S. Peirce.’ For Kemble... the province of the physicist is not the study of an external world, but ‘the study of a portion of the inner world of experience’ And for Kemble, the constructs introduced in the study did not have to correspond to objective realities. Indeed, quantum mechanics indicated that no such correspondence ‘does in fact exist’”.

⁷¹ Fragmento original: “the present discussion arose from the desire to explain, to an audience of non-physicists, the epistemology to which one is forced if one pursues the quantum mechanical theory of observation to its ultimate consequences”.

Não só neste texto, mas aparentemente até o fim de sua vida⁷², Wigner se referia às entidades reais ou existentes, da Física, como construtos. Porém, curiosamente, ele não usa o sentido comum dos termos “real” e “existente”. Estes construtos seriam entidades teóricas historicamente elaboradas com relativo grau de abstração, mas que se originaram de conceitos mais próximos dos dados imediatos da percepção, e que exercem uma função necessária e vital a uma determinada teoria, ou mesmo, para a sobrevivência do próprio ser humano⁷³. Estes são criações abstratas de nossa mente ou são elaborações de uma comunidade de cientistas. No entanto, tais conceitos não são criados do nada e ao acaso, eles estão lá para servirem utilitariamente às nossas reflexões e interações com o mundo natural e para nossa comunicação. Alguns exemplos destes construtos seriam os planetas, as placas tectônicas, o campo elétrico e magnético, átomos, quarks, quasares, consciência, etc. Com efeito, podemos graduar o nível de abstração destes construtos que partem daqueles que são construídos através de elaborações mais próximas dos dados de minhas sensações diretas até aqueles que são mediados por diversos aparatos teórico-matemáticos e de medição. Wigner expõe sua filiação com Margenau em relação a estas idéias⁷⁴:

O que estou dizendo é que, com exceção de sensações imediatas e, em geral, o conteúdo da minha consciência, tudo é um construto, no sentido em que, por exemplo, Margenau (1950, cap. 4 e 5) usa este termo, mas alguns construtos estão um pouco mais próximos das sensações diretas (Wigner, 1964a, p.189).

Assim como Margenau, Wigner acredita que pode se conferir exterioridade aos dados de sensações/observações diretas. Devemos, no entanto, destacar a complexidade de nossas percepções, de modo que, quando entram nos processos cognitivos superiores da

⁷² Wigner discute e defende sua postura com Shimony continuamente, através de cartas, até o início da década de oitenta.

⁷³ O papel vital e necessário destes construtos pode ser ilustrado através da seguinte declaração: “One may not be interested in the way in which light from the stars reaches the Earth, or assume that light does not produce magnetic fields along its path. There are other phenomena, connected with Northern Lights and cosmic radiations, which one would have to forget about temporarily. Even less if one denies the existence of a wave function describing the external world, and there are, of course, concepts of much smaller significance. This shows that there is a continuous spectrum of the reality of existence from absolute necessity for life to insignificance... On the other hand, there are many useful concepts, such as mathematical ones, which one would not call “real”.” (1964a, p.191-192)

⁷⁴ Fragmento original: “What I am saying is that, excepting immediate sensations and, more generally, the content of my consciousness, everything is a construct, in the sense in which, for instance, Margenau (1950, cap. 4 e 5) uses this term, but some constructs are closer, some farther, from the direct sensations.” (1964a, p.189)

nossa consciência, estas já foram sofisticadamente traduzidas de nossas sensações primárias. O *status* de realidade que ele confere a estes construtos é o seguinte⁷⁵:

A realidade do campo magnético no vácuo consiste na utilidade do conceito de campo magnético em toda parte, a realidade é, neste caso sinônimo da utilidade do conceito, tanto para o nosso próprio pensamento quanto para nossa comunicação com outras pessoas (Bridgman, 1960)⁷⁶ (Wigner, 1964a, p.188).

Em outro artigo, Wigner expõe um certo estilo operacionalista quando se refere à natureza estes conceitos. Em suas palavras:

A afirmação que isto “existe” significa somente que: (a) isto pode ser medido, por isso pode ser **univocamente definido**, e (b) que seu conhecimento é útil para o entendimento de fenômenos passados e nos ajuda a prever eventos futuros. Isto pode ser colocado como constituinte de uma *Weltbild*. (Wigner, 1961a, p.173, negrito nosso)⁷⁷.

Finalmente, a necessidade do uso destes construtos, tanto na práxis de um físico quanto na eventual apropriação destes conceitos pelo cidadão comum, fornece o papel intersubjetivo destes. Assim, “...quase [...] surpreendente é o grau de realidade dos conceitos científicos, de maneira que, se uma rádio que estamos escutando pára de funcionar, nós imediatamente procuramos pela perda de contato e não suspeitamos em momento algum da teoria eletromagnética.” (Wigner, 1964a, p.198 – tradução livre do autor)⁷⁸ O físico, análogo ao exemplo dado acima, irá preparar seu instrumento para produzir uma determinada onda eletromagnética numa frequência Φ e as leis que este conhece o ajudarão a calcular o valor mais próximo possível do desejado. Comparemos o este exemplo com o seguinte para ilustrar com dois exemplos o grau de realidade externa ao sujeito que um conceito pode ter, normalmente se direcionando a graus mais elevados de abstração à medida que se afasta daquilo que é dado pela sensação imediata. Wigner

⁷⁵ Fragmento original: “The reality of the magnetic field in vacuum consists of the usefulness of the magnetic field concept everywhere; reality is in this case synonymous with the usefulness of the concept, both for our own thinking, and communicating with others (Bridgman, 1960).”

⁷⁶ Esta referencia se encontra no texto original.

⁷⁷ Original: “The statement that it “exists” means only that: (a) it can be measured, hence uniquely defined, and (b) that its knowledge is useful for understanding past phenomena and in helping to foresee further events. It can be made part of the *Weltbild*.” (Wigner, 1961a, p.173).

⁷⁸ Exemplo criado a partir do seguinte fragmento: “...[a]lmost [...] surprising is the degree of reality of scientific concepts, facts such as that, if a radio which we put together fails to work, we look for a loose contact and do not suspect the theory.” (Wigner, 1964a, p.198)

reconhece que enquadrar o conceito de “vetor de estado” dentro de uma visão operacionalista não é uma tarefa simples:

Há duas atitudes epistemológicas que levam na direção do papel do vetor de estado. A primeira o considera como representando a realidade, a segunda relaciona-o como sendo uma ferramenta matemática a ser usada para calcular probabilidades para os mais variados resultados de observações. Não é fácil conceder uma *significado operacional* para a diferença de opiniões em que está envolvida porque, fundamentalmente as realidades dos objetos são mal definidos (Wigner, 1971a, p. 5-6, grifos nossos).⁷⁹

Discutiremos com maior clareza o que seria este conceito de vetor de estado dentro da Teoria Quântica; por enquanto, podemos adiantar que este conceito não possui um significado físico direto na Teoria Quântica, não podemos dizer que este conceito represente um observável ou um conjunto de observáveis. O mesmo não ocorre quando nos referimos na física clássica, por exemplo, a um estado termodinâmico, que pode ser representado diretamente pelos observáveis: temperatura, volume e pressão.

b) Dois tipos de realidade

Ainda seguindo o conteúdo das declarações expressadas por Wigner (1961 e 1964a), encontramos a afirmação de que a realidade ou a existência da consciência é inquestionável. Porém, a imagem de mundo (*Weltbild*) que criamos para falar sobre nossas representações e relações com os objetos, ou seja, o conteúdo do mundo que criamos em nossa mente é provisório e relativo. Por isso, ele chamará seu realismo de “dualista”. Ele utiliza este conceito de maneira bem particular, de modo que se for compreendido pelo significado mais comum, utilizado na Filosofia da Ciência, poderá trazer muitas confusões de interpretação.

De acordo com o que foi exposto acima, falar de um construto “real” para Wigner é falar de um objeto que se evocou dentro do contexto de uma teoria a fim de dar sentido ao

⁷⁹ Fragmento original: “There are two epistemological attitudes towards the role of the state vector. The first attitude considers it to represent reality, the second attitude regards it to be a mathematical tool to be used to calculate the probabilities for the various possible outcomes of observations. It is not easy to give an operational meaning to the difference of opinion which is involved because, fundamentally, the realities of objects and concepts are ill defined.”

mundo, e com o fim de se poder fazer previsões de novos fenômenos. A despeito de algum *status real em si*, afirmamos que alguns construtos podem estar mais próximos de nossas sensações diretas do que outros. Desse modo, um livro se diferencia de um campo magnético no espaço interestelar porque a utilidade do primeiro é muito mais direta, tanto para guiar nossas experiências quanto na comunicação com outras pessoas. Por isso, só há um conceito de realidade que não é somente conveniente, mas absoluto, isto é, o conteúdo das suas sensações.⁸⁰ Os construtos (principalmente os conceitos abstratos da Física), os objetos materiais e a consciência das outras pessoas são colocadas como parte da segunda realidade. A conexão entre o mundo empírico e o mundo da consciência pode ser melhor esclarecida pela emergência de uma realidade cada vez mais convergente e universal trazida pelas explicações científicas através das teorias. Quanto mais a Física ou as Ciências Naturais trazem luz à compreensão do mundo como um todo⁸¹ de forma coerente, mais apreenderemos a sua unidade.

É neste contexto que Wigner faz uma provocação aos materialistas que crêem que a consciência seria apenas um epifenômeno do cérebro:

...nosso conhecimento do mundo externo é o conteúdo da nossa consciência, e por isso, não pode ser negada. Ao contrário, logicamente, o mundo externo poderia ser negado - apesar de não ser muito prático fazê-lo. Nas palavras de Niels Bohr, 'A palavra consciência' aplica-se tão bem a nós como aos outros, é indispensável fazê-lo quando lidamos com situações humanas (Wigner, 1961, p. 177).⁸²

Nesta citação Wigner aproveita para utilizar uma frase isolada e bem geral escrita por Bohr, de maneira que pode ser interpretada de diversas formas assim como foi apresentada. No próximo capítulo discutiremos mais cuidadosamente o que Wigner,

⁸⁰ Ele afirma: "The only difference between the existence of the book and the magnetic field in interstellar space is that the usefulness of the concept of the book is much more direct, both for guiding my own actions, and for communicating with other people. It appears that there exists only one concept the reality of which is not only a convenience but absolute: the content of my consciousness, including my sensations" (1964a, p.189).

⁸¹ Incluindo, também, e principalmente, o homem e a estrutura da consciência.

⁸² Citação original: "...our knowledge of external world is the content of our consciousness, therefore, cannot be denied. On the contrary, logically, the external world could be denied – though it is not very practical to do so. In the words of Niels Bohr, 'The word consciousness, applied to ourselves as well as to others, is indispensable when dealing with the human situation.'"

provavelmente, queria dizer quando se referia ao termo “materialismo”, e apresentaremos outras objeções que ele faz contra esta visão filosófica.

2.2.1 – O problema da medição na Mecânica Quântica 1: Uma primeira proposta

a) A construção da objetividade no processo de medição física

No livro de 1932 (cap. VI), Von Neumann, auxiliado por Wigner, faz uma breve discussão sobre a construção da objetividade, no processo de medição. Esta discussão ganha mais sentido quando refletimos sobre esta construção a partir da segunda realidade descrita no tópico anterior, e que ocorre da seguinte forma: “...deve ser possível, então, descrever os processos não-físicos da percepção subjetiva *como se* estivessem, na realidade, no mundo físico” (destaque nosso, p.419)⁸³. Os autores nos fornecem um exemplo “clássico” ao falar do processo de uma simples medição da temperatura. Muitas vezes se diz que “a temperatura é medida pelo termômetro”. Em realidade, o processo de medição se inicia na interação do termômetro com o sistema que se quer medir, porém em que momento nós podemos considerar este processo completo? Podemos falar de todo o processo termodinâmico e estatístico que leva o mercúrio a se expandir dentro do termômetro devido à absorção de calor, provocando assim a obtenção de determinado valor dentro de um sistema de unidade térmica. Também podemos ainda descrever o caminho que os quanta de luz tomam ao refletirem-se no mercúrio e dirigirem-se à retina do observador, momento em que a luz interage com as células nervosas que ativam circuitos cerebrais. Indo além nesta descrição, podemos tratar das reações químicas nas células nervosas. Finalmente, sempre é possível alguém afirmar que a medição só se deu realmente quando tomamos consciência da informação transmitida pela luz ao nosso sistema nervoso. Sendo assim, tudo isso foi evocado, entretanto, apenas no intuito de exemplificar como podemos traçar a fronteira entre o observador e o sistema a ser medido de forma arbitrária. Em um dado momento de nossa descrição tomamos arbitrariamente a medição completada pelo termômetro. No entanto, o peso desta arbitrariedade pode ser

⁸³ Original: “...it must be possible so to describe the extra-physical process of the subjective perception as if it were in reality in the physical world – i.e., to assign to its parts equivalent physical process in the objective environment, in ordinary space.” (p.419).

minimizado pelo fato de que o observador não tem qualquer interferência no fenômeno medido, portanto não é tão relevante em que ponto esta fronteira entre o observador e o objeto será colocado, a objetividade deste processo será mantida. No caso da Mecânica Quântica, von Neumann e Wigner defendem que este processo de construção da objetividade será violado, pois não há como separarmos de maneira objetiva o ponto de vista do observador, pois freqüentemente haverá a interferência deste no fenômeno observado. Por isso Wigner se sente desconfortável quando reconhece o ato de observação como um conceito primitivo da Física:

...parece perigoso considerarmos o ato de observação como um ato humano, básico para a teoria dos objetos inanimados. É, no entanto, em minha opinião, uma conclusão inevitável. Se isto for aceito, temos que considerar o ato de observação como um ato mental, um conceito primitivo da física, nos termos do qual as regularidades e as correlações da Mecânica Quântica são formuladas (Wigner, 1971a, p. 4).⁸⁴

A seguir discutiremos as razões que levaram Wigner e von Neumann a considerar o “ato de observação como um conceito primitivo da Física”.

b) As visões de Wigner para o problema da medição

A Teoria Quântica pode ser descrita dividindo-a em duas partes, ou seja, seu formalismo nos fornece duas formas de evolução do sistema micro-físico: as equações de movimento e a Teoria da Medição. Começamos pela primeira parte: Na Mecânica Quântica a descrição da evolução de um sistema físico é dada por uma equação diferencial linear, chamada de equação de Schrödinger (que tem papel similar à segunda lei de Newton na Mecânica Clássica). Este sistema físico pode ser representado por uma função de estado, que na escrita matemática atrelamos a esta o símbolo *psi* (Ψ), que é a solução geral para a equação de Schroedinger. Devido a uma das propriedades compartilhadas pelas equações diferenciais lineares, esta função global é representada pela soma ponderada de todas as soluções características possíveis à eq. de Schrödinger, que também são funções da mesma natureza de Ψ . No caso de um determinado estado quântico – que não representa nenhuma

⁸⁴ Fragmento original: “...its seems dangerous to consider the act of observation, a human act, as the basic one for a theory of inanimate objects. It is, nevertheless, at least in my opinion, an unavoidable conclusion. If it is accepted, we have considered the act of observation, a mental act, as the primitive concept of physics, in terms of which the regularities and correlations of quantum mechanics are formulated.”

grandeza física direta - a equação de Schrödinger nos dá a evolução temporal deste estado. O estado do arranjo experimental do sistema quântico é previamente preparado pelo experimentalista, de acordo com suas pretensões, e este pode deixá-lo em um estado puro ou em uma mistura de estados⁸⁵. O primeiro se refere a um estado anteriormente preparado pelo experimentalista que abrange somente um sistema de uma partícula ou várias partículas (*assembly*) que compartilham um mesmo microestado. Porém, quando o aparelho de medição se acopla a este sistema puro ou misto, estes evoluem para um único estado emaranhado, ou seja, uma função de estado⁸⁶ global que abrangeria dois ou mais estados não fatoráveis e sobrepostos depois de interagirem. Neste caso tais sistemas generalizados podem também ser o experimentalista e o aparelho com o sistema a ser medido.

Porém, o fato que mais nos interessa se dá no momento em que o experimentalista prepara seu aparato para medir resultados extraídos de um fenômeno em que se manifestam propriedades ondulatórias no resultado de sua observação. Ou seja, feita a preparação do sistema de tal maneira que nenhum aparelho interfira no estado da entidade quântica que esteja apresentando comportamento ondulatório, uma certa figura de interferência típica deste comportamento irá aparecer. No entanto, se no meio deste processo o experimentalista pode inserir um aparelho de medição a fim de tentar observar a trajetória definida desta tal entidade quântica, então as figuras de interferência param de aparecer e resultados típicos de um sistema corpuscular emergem. Todas as sobreposições de n funções de estado necessárias para descrever aquela figura de interferência se reduzem para apenas uma destas – sendo impossível de se prever qual destes valores possíveis será encontrado. Assim temos a segunda forma de evolução do sistema quântico, desta vez ocorrendo de forma abrupta, sem podermos acompanhar sua transformação temporal, como ocorre na primeira parte. No entanto, sendo a série de dados, extraídos da medição, tratados estatisticamente, podemos encontrar uma distribuição probabilística para cada um dos valores que aparecem no medidor. A probabilidade de se encontrar cada um destes valores pode nesta série pode ser previsto pela Teoria da Medição Quântica.

⁸⁵ Às vezes Wigner também usou o termo “mistura de estados” para situações de estados emaranhados (Emch 2002, p. 59-3).

⁸⁶ Evito utilizar a nomenclatura “função de onda” devido à carga interpretativa realista implícita a este conceito.

Apresentaremos agora como se dá o processo de medição dos observáveis físicos na Teoria Quântica: No momento em que formos preparar o sistema a ser medido e o aparato para medição, nós devemos utilizar o operador matemático (entidade matemática que pode estar associada a grandeza física, posição ou momento, por exemplo, mas devido ao Princípio de Incerteza, estes não devem ser medidos de maneira simultânea) e o aparato que estará associado ao tipo de observável que iremos medir. Então, aplicamos o operador de uma grandeza física ao estado Ψ . Lembrando que esta função Ψ nos fornecerá uma família de n autofunções de estados possíveis e que tanto uma destas autofunções quanto suas sobreposições servem como soluções para resolver a equação de Schrödinger.⁸⁷ Curiosamente, só conseguimos dar conta de descrever formalmente (sem empreender qualquer medição sobre o sistema) as figuras ópticas de interferência, ou seja, os fenômenos ondulatórios, se levarmos em conta um modelo descritivo a partir de uma física ondulatória, juntamente com o princípio da sobreposição para equações diferenciais lineares de segunda ordem. Porém, quais as previsões que podemos extrair do estado, ou sistema preparado, a ser medido? A resposta vem ao quadrarmos separadamente o módulo do coeficiente de cada possível solução do sistema. Esta operação, postulada por M. Born, nos fornece a probabilidade relativa de se encontrar um determinado resultado atrelado a uma destas n soluções ou auto-estados possíveis⁸⁸, ou seja, a probabilidade de se encontrar um determinado valor no medidor do aparato.⁸⁹ Tanto o caráter da função quanto a escolha do operador será determinado pelo arranjo experimental utilizado, ou seja, pela maneira que montamos o aparato decidimos o que iremos medir. Esta previsão probabilística é precisa de tal maneira, que se a teoria prediz um resultado, por menor que seja a probabilidade dele aparecer, este então aparecerá em uma série de dados, justamente de acordo com a

⁸⁷ Tal sobreposição pode incluir apenas um auto-estado do operador. (Agradeço esta observação feita por Fábio H. de Alencar Freitas).

⁸⁸ Se estivermos medindo o spin, os autovalores possíveis serão $S_z = \pm \frac{1}{2}\hbar$, ou seja, podemos obter apenas dois estados possíveis ao vetor spin, sentido para cima ou para baixo. Podemos preparar o sistema de tal maneira que obtemos a distribuição de probabilidade de 50% para cada um dos valores a serem medidos, ao se extrair uma série de dados.

⁸⁹ Dentro da nomenclatura do formalismo de von Neumann, que é construído dentro de um espaço vetorial hilbertiano, os possíveis resultados da medição passam a se chamar autovalores q_n . Esta família de autovalores (que pertencem ao conjunto dos números reais) é fornecida pela aplicação de um determinado operador auto-adjunto linear e hermitiano \hat{O} - muitas vezes associado a um observável físico - sobre o vetor global. De maneira que o resultado de um determinado operador aplicado estará associado à certa família de n autovalores ($n = 1,2,3,\dots$). Esta operação é representada na notação de Dirac pela equação de autovalores da seguinte forma $\hat{O}|\Psi\rangle = \sum(q_n)|\Psi_n\rangle$.

distribuição prevista pela teoria. Nenhuma teoria de base estatística nos fornece um grau de previsão tão precisa quanto à teoria quântica o faz.

O ponto crucial que mais nos interessa aparece agora, pois a equação de Schrödinger não descreve (de forma causal) o momento em que os outros valores possíveis desaparecem e o físico mede apenas um deles, ou seja, a equação de onda de Schrödinger não nos dá a informação de como se dá o “colapso da função” da onda sobreposta. Diferentemente das equações da Mecânica Clássica, que também englobavam tal processo, como exemplificamos no final do tópico anterior. Para resolver esta inconsistência: “uma equação de movimento determinística, e os resultados da observação serem sujeitos a leis estocásticas” (Wigner, 1973a, p. 375), o formalismo de von Neumann estabelece o conceito de observável como conceito primitivo da teoria como ponto de partida. Assim, ele postula um operador de projeção que é associado à “redução” deste espectro de soluções (ou valores) possíveis. Dessa maneira, este operador seria responsável pela evolução unitária do vetor de estado após a medição.

Antes de apresentar a proposta de Wigner, e sua tentativa de construir um modelo heurístico consistente, é importante destacar que ele colocava a sua própria proposta como *uma das* alternativas disponíveis aos seus leitores. Assim foi feito em diversos artigos (1969b, 1973a, 1983a e 1983c) e esta atitude foi de grande valia para algumas interpretações que se tornaram mais populares, depois que entraram para a galeria de interpretações reunidas por Wigner. Iremos tratar de uma destas interpretações (a de H. D. Zeh) beneficiadas mais adiante.

No início da década de 1960, provavelmente reanimado pelas leituras do texto de London & Bauer de 1939, Wigner retoma estas questões e passa a questionar ainda mais fortemente a objetividade no processo de medição, dentro do escopo formal da teoria quântica. Para ele, sua proposta interpretativa do formalismo da teoria ortodoxa nos ajudaria a entender melhor o porquê de não observamos a ocorrência de sistemas sobrepostos, além de afastar resultados bizarros tirados do “paradoxo do amigo de Wigner”, que será apresentado logo adiante. Wigner elaborou um modelo lógico na forma de um experimento de pensamento para destacar como ele acreditava que a interferência da consciência era necessária para explicar o processo de medida na Mecânica Quântica. Tal

processo de modelação parte dos enunciados construídos no livro de von Neumann, mais especificamente, da estrutura formal de sua Teoria da Medição, que dá a possibilidade ao experimentalista de poder preparar um estado emaranhado de um sistema acoplado com outro, podendo ser o sistema+aparelho+experimentalista, cada um deles com seus estados possíveis sobrepostos. - Neste tipo de situação estamos generalizando o tratamento formal da Mecânica Quântica para sistemas macroscópicos,⁹⁰ semelhante ao que foi feito por Schrödinger com seu experimento de pensamento.⁹¹ Se em tal situação perguntarmos ao experimentalista (amigo de Wigner) o resultado da medição ele nos dará uma resposta, e ao tomarmos consciência dela, esta desconstruirá o estado emaranhado e reduzirá a sobreposição. Mas note que o amigo de Wigner já havia feito a medição antes do momento em que fizemos a pergunta. Então, fica a questão, em que momento se deu a redução da sobreposição?

O “colapso das famílias (ou pacotes) de funções de estado” e o afastamento da possibilidade de qualquer cadeia *ad infinitum* no processo de medição (n sistemas + n aparelhos + n experimentalistas) ocorreriam no momento em que o observador tomasse consciência dos resultados da medição. Assim, uma reflexão sobre as limitações da Teoria Quântica da medição nos levaria a crer que a não propagação de estados sobrepostos no mundo macroscópico se explicaria pela destruição destas sobreposições ao interagirem com a mente do observador/experimentalista. Wigner afirma: “A presente proposta é motivada

⁹⁰ Aqui nos deparamos com um ponto crucial de nossa descrição do formalismo de von Neumann e London & Bauer, pois é justamente neste momento que a interpretação de N. Bohr se distancia completamente desta abordagem. De acordo com a visão de Bohr o instrumento de medição deve ser descrito classicamente, pois é um sistema macroscópico (Wigner, [1969b], 1995, p. 49).

⁹¹ O “gato de Schrödinger”, de 1935. Segue uma tradução feita do texto original: “Qualquer um pode mesmo montar casos bem ridículos. Um gato é preso em uma câmara de aço, enquanto com o dispositivo seguinte (o qual deve estar seguro contra interferência direta do gato): em um contador Geiger tem uma pequena quantidade de substância radioativa, tão pequena, que talvez durante o período de uma hora, um dos átomos decaia, mas também, com a mesma probabilidade, talvez nenhum; se isso acontecer, o tubo do contador descarrega e através de um relé pelo qual libera um martelo que quebra um pequeno frasco de cianeto hídrico. Se alguém deixar este sistema global evoluindo por si mesmo durante uma hora, este poderá concluir que o gato permanece vivo enquanto o átomo não tiver decaído. A *função-psi* global do sistema poderia ser expressa, tendo dentro da caixa, o gato morto-vivo (com o perdão da palavra) misturada ou dividido em partes iguais.

É típico desses casos que uma indeterminação originalmente restrita ao domínio atômico tenha sido transformada em uma indeterminação macroscópica, o qual pode então ser resolvido por observação direta. Isso nos previne de aceitar tão inocentemente como válido um “modelo borrado” para representar a realidade. Em si mesmo não haveria nada de impreciso ou contraditório. Existe uma diferença entre uma fotografia tremida ou desfocada e uma foto de nuvens e neblina.” Schrödinger, E. The Present Situation in Quantum Mechanics. A translation of Schrödinger's "Cat paradox paper" by John D. Trimmer. Disponível no endereço: <http://www.tu-harburg.de/rzt/rzt/it/QM/cat.html#sect5> [visitado em set/2009]

pelo desejo de uma teoria menos solipsista, que não se relacione somente com as observações de um único observador, mas, também, atribua realidade ao conteúdo das mentes de outros observadores” (Wigner, [1995, p. 68], 1969b, p. 382)⁹². O processo natural que leva a tal destruição poderia ser explicado pelo maior desenvolvimento do estudo da cognição e da consciência, e o incentivo a tais estudos e pesquisas seria uma obsessão que faria parte dos escritos e preocupações de Wigner por toda a vida⁹³. Esta posição é semelhante a que foi apresentada por London & Bauer (1939)⁹⁴, porém Wigner traz algumas particularidades, e a principal delas parte da constatação de que a equação de Schrödinger é uma equação linear em função de tempo. Portanto, ele conjectura que para termos uma equação que abarque o fenômeno da interação mental com a radiação teremos que acrescentar um termo não-linear nesta equação, pois este crê que a mente seja um sistema complexo não redutível à Mecânica Quântica usual⁹⁵. Segundo ele:

...o ser consciente tem que ter um papel diferente na Mecânica Quântica se comparado com o aparato de medição inanimado: [um] átomo considerado [por exemplo]. Em particular, as equações de movimento da Mecânica Quântica não podem ser lineares [i.e. têm que ser mais complexas]... de fato elas são flagrantemente não-lineares se o ser consciente entra no quadro geral... (Wigner, [1972a] 1995, p.263).⁹⁶

⁹² Fragmento original: “The present proposal is motivated by the desire for a less solipsistic theory which does not deal solely with the observations of a single observer but attributes reality also to the contents of the minds of others observers”.

⁹³ Ao tratar da interpretação e epistemologia da Mecânica Quântica de Wigner, Mehra (2001, p.940) destaca algo muito presente na argumentação deste:

It is quite surprising how sharply Wigner refuted the epistemology of materialism in concluding that the principal argument against materialism ‘is that thought processes and consciousness are primary concepts, that our knowledge of external world is the content of our consciousness and that consciousness therefore, cannot be denied.’

⁹⁴ “Remarquons le rôle essentiel que joue le conscience de l’observateur dans cette transition du mélange au cas pur... Ce n’est donc pas interaction mystérieuse entre l’appareil et l’objet qui produit pendant la mesure un nouveau Ψ du système. C’est seulement la conscience d’un <<Moi>> qui peut se séparer de la fonction $\Psi(x, y, z)$ ancienne et constituer en vertu de son observation une nouvelle objectivité en attribuant derénavant à l’objet une nouvelle fonction $\Psi(x) = u_k(x)$.” (London & Bauer, 1939, p.41-42). No entanto, French (2002) distancia a interpretação de London & Bauer da desenvolvida por Wigner ao afirmar que esta dupla, inspirada na fenomenologia de Husserl, constrói sua proposta fornecendo uma solução fenomenológica à questão sujeito e objeto no processo de medição quântica. Esta seria uma proposta, segundo French, que não estaria no campo da Física e muito menos no do “místico”.

⁹⁵ Ver a discussão no capítulo 3 sobre a visão de Wigner sobre a mente e sua crítica ao materialismo.

⁹⁶ Fragmento original: “...the being with a consciousness must have a different role in quantum mechanics than the inanimate measuring device: [an] atom considered [for example]. In particular, the quantum mechanical equations of motion cannot be linear [i.e. must be more complicated]... in fact they are grossly nonlinear if conscious beings enter the picture...”

No entanto, depois de tímidas tentativas sem muito avanço, Wigner logo abandonou tal proposta de correção não-linear, como veremos mais adiante.

O fato de a Teoria Quântica não abarcar o papel da mente no processo da medição o leva a concluir que para a interpretação ortodoxa da Teoria Quântica seja considerada completa é necessário trazer à tona uma importante abordagem interpretativa ao processo da medição, ou seja, a participação da consciência.

A entrada da consciência neste processo tem sido uma exigência necessária e “natural” que garantiria maior coerência interna dentro do *corpus* teórico de uma física que deseje abarcar todos os fenômenos naturais. O que se exemplifica pela seguinte citação:

...[D]ar razão para o crescente interesse dos físicos contemporâneos em problemas de epistemologia e ontologia poderia ser útil, apesar de não ser algo estritamente relevante. A razão é, em poucas palavras, que *os físicos têm achado impossível dar uma satisfatória descrição dos fenômenos atômicos sem referência à consciência*. Isto tem pouco a ver com o freqüentemente requeitado problema da dualidade onda e partícula e se refere, certamente, *ao processo chamado ‘redução do pacote de onda’*. Este ocorre sempre que o resultado de uma observação entra na consciência do observador – ou, para ser ainda mais exageradamente preciso, minha própria consciência, já que eu sou o único observador, todas as outras pessoas sendo somente objetos das minhas observações. Alternativamente, alguém poderia dizer que a Mecânica Quântica provê somente conexões de probabilidade entre o resultado de minhas observações como eu as percebo.⁹⁷ Seja qual for a formulação que se adote, *a consciência tem evidentemente um papel indispensável*. (Wigner, 1964a, p. 186, destaques nossos)⁹⁸

Esta citação foi extraída da introdução do artigo *Two Kinds of Reality*, o mesmo onde Wigner apresenta suas idéias sobre os construtos físicos, realidade e sua tendência idealista (como ele mesmo se refere, um “fraco idealismo”). Ou seja, o conceito de mente e consciência tem se tornado um construto cada vez mais *conveniente e necessário*, não só

⁹⁷ Aqui Wigner em uma nota de rodapé faz alusão a von Neumann (1932) e a Heisenberg [*Daedalus*, 87, 99 (1958)].

⁹⁸ Original: “Even though it is not relevant, ... to give the reason for the increased interest of the contemporary physicist in problems of epistemology and ontology. The reason is, in a nutshell, that physicists have found it impossible to give a satisfactory description of atomic phenomena without reference to the consciousness. This had little to do with the oft rehashed problem of wave and particle duality and refers, rather, to the process called the ‘reduction of the wave packet.’ This take place whenever the result of an observation enters the consciousness of the observer – or, to be even more painfully precise, my own consciousness, since I am the only observer, all other people being only subjects of my observations, Alternatively, one could say that quantum mechanics provides only probability connections between the results of my observations as I perceive them. Whichever formulation one adopts, the consciousness evidently plays an indispensable role.” (Wigner, 1964, p. 186)

para obtermos uma imagem de mundo ainda mais completa, mas também para conseguirmos dar conta de certos fenômenos psíquicos e físicos (dentro de fenômenos quânticos).⁹⁹ Em outra declaração Wigner é ainda mais sintético:

Chegamos, então, à questão de completeza da teoria física. O evento básico da Mecânica Quântica é a observação e não é descrito por suas equações. Isto envolve um ser vivo e se a Mecânica Quântica for válida, ao menos para objetos inanimados, não é completa enquanto seus resultados não entrarem na consciência ([1977], 1995, p.591)¹⁰⁰

Esta citação abaixo reforça certa declaração feita por Wigner (1964a, p.185) quando este afirma que o tipo de resposta que ele dá ao problema da medição é uma conclusão que alguém é *forçado* a chegar ao se levar a interpretação ortodoxa da Mecânica Quântica até as suas últimas conseqüências:

A formulação de suas leis nos termos das nossas sucessivas percepções, entre as quais lhes dá conexões de probabilidade, é uma necessidade... a *necessidade* da formulação em termos de percepções e, por isso, a referência à consciência, é característica apenas da Mecânica Quântica. De fato, a principal objeção para a qual o orador presente está inclinado a levantar contra a epistemologia da Mecânica Quântica é que esta utiliza um retrato da consciência que é estéril e irrealisticamente esquematizado. Mesmo assim, há uma tendência na física, que nós consideramos a mais básica ciência que lida com objetos inanimados, e nas ciências da vida, de se expandirem uma em direção à outra (1970a, p.123).¹⁰¹

⁹⁹ Os destaques feitos dentro da citação acima são sintetizados no artigo de Pessoa (2001), tornando esta afirmação ainda mais clara:

“[...] os físicos concluíram ser impossível fornecer uma descrição satisfatória de fenômenos atômicos sem fazer referência a consciência. Isto [tem a ver com] o processo chamado “redução do pacote de onda” [...] A consciência evidentemente desempenha um papel indispensável.” (1964a, p. 186 – tradução feita por Pessoa, 2001) Wigner se refere a Heisenberg como um destes físicos. Ele utilizou repetidamente uma citação deste para reforçar sua postura idealista:

“The laws of nature which we formulate mathematically in quantum theory deal no longer with the particles themselves but with our knowledge of the elementary particle.' And later: 'The conception of objective reality... evaporated into the... mathematics that represents no longer the behavior of elementary particles but rather our knowledge of this behavior'. The 'our' in this sentence refers to the observer who plays a singular role in the epistemology of quantum mechanics. He will be referred to in the first person and statements made in the first person will always refer to the observer." *Daedalus*, 87, 99 (1958)". ('Remarks on the Mind-Body Question', [1961, p. 172] 1995, p. 248, footnote 3)

¹⁰⁰ Fragmento original: “Let us now come to the question of the completeness of physical theory. The basic event of quantum mechanics is the observation and this is not described by the equations thereof. It involves a living being and, if quantum mechanics is valid at least for inanimate objects, it is not completed until its result enters a consciousness.”

¹⁰¹ Fragmento original: “The formulation of its laws in terms of our successive perceptions, between which it gives probability connections, is a necessity... the necessity of the formulation in terms of perceptions, and hence the reference to consciousness, is characteristic only of quantum mechanics. In fact, the principal objection which your present speaker is inclined to raise against the epistemology of quantum mechanics is

Este tipo de resposta que Wigner fornece ao problema da medição é uma forma de se evitar conclusões bizarras (como aquelas tiradas pelo experimento de pensamento chamado “o amigo de Wigner”), partindo da interpretação ortodoxa disponível em sua época. Interpretação explorada por ele de tal forma que expunha seu *caso limite*, quando o papel da mente começar a se mostrar necessário. Aprofundaremos este ponto mais adiante. Isto significa dizer que apesar de sua proposta ser bem especulativa, Wigner está muito mais preocupado em dialogar com o conhecimento empírico e teórico-matemático disponível em seu tempo do que necessariamente construir uma nova interpretação descritiva da realidade. A razão para esta afirmação está no fato de que quando Wigner era questionado a falar mais precisamente de sua visão sobre o qual seria o grau de comprometimento realista que este teria em relação a sua interpretação, ele reafirmava sua postura cética quanto à necessidade do uso do conceito de função de estado ou “pacote de onda”. Portanto, para sermos mais precisos, de fato, para Wigner o conceito de “pacote de onda”, ou função de onda, é um construto desnecessário, porém mais do que isso, qualquer comprometimento realista com esta parte do formalismo quântico deve ser comedido. Para corroborar ainda mais esta leitura utilizamos um fragmento de um debate que Wigner participou com diversos outros físicos numa Conferência sobre Fundamentos da Mecânica Quântica realizado na Universidade Xavier em 1962, neste fragmento seu debate se dá principalmente com o físico israelense Yakir Aharonov (1932-):¹⁰²

Merzbacher: (exclama da platéia) Como a sugestão do professor Wigner, de que o ato de cognição colapsa o pacote de ondas, de fato, resolve este [problema] de maneira ainda mais satisfatória?

Aharonov: Ah, mas então como é que você transforma o colapso? Se você realmente olhar para o sistema como um sistema quântico, então você pode fazer uma medição apenas de um tipo ou outro. Portanto, você realmente precisa olhar para esse colapso como algo que você fez no sistema e o transformou completamente.

Wigner: Não, não, eu não penso assim. Este colapso do pacote de onda, em minha opinião, é apenas uma expressão. Bem, mas para que serve o pacote de onda, é a questão que cada um se coloca. *Em minha opinião, a função de onda tem apenas uma finalidade, ou seja, calcular as probabilidades de eventos futuros.* E essa é a

that it uses a picture of consciousness which is unrealistically schematized and barren. Nevertheless, there is a tendency in both physics, which we consider as the most basic science dealing with inanimate objects, and in the life sciences, to expand toward each other.”

¹⁰² Conferência sobre Fundamentos da Mecânica Quântica, na Universidade Xavier, 1962, [The Panel Discussion, p. 26-27] p.150-151.

única finalidade desta função. Agora, se eu olhar para a função de onda como uma ferramenta de cálculo, então é claro que, se eu aprender algo e alguma informação entrar em minha mente, a partir de então usarei uma função de onda diferente. E isto nem se refere à teoria quântica. Se eu tirar do meu bolso, talvez eu deva fazer isso, uma nota de dinheiro e olhar para uma face e disser que sei como o outro lado se parece, a partir de então a minha descrição desta nota será diferente. A finalidade da função de onda não é nada mais do que isso. Ela não tem uma realidade misteriosa. *É apenas uma ferramenta para calcular probabilidades para o resultado de [uma série de] eventos.*

Aharonov: Mas agora, como vamos traduzir isto para uma imagem, olhar para o problema de uma forma pictórica? Ou seja, eu prefiro pensar no elétron, não como um objeto matemático, algo para calcular probabilidades, mas pensar nele como uma espécie de sistema. Como devemos olhar para ele, imaginá-lo? Esse é o ponto.

Wigner: Eu diria que nós não deveríamos ter uma imagem dele. Mas não devemos elevar tal imagem para um princípio que limite nosso pensamento. E nós não devemos elevar uma determinada imagem a tal ponto que nos impeça de pensar nos termos da física quântica.

Aharonov: Entendo.

Wigner: Eu acho que uma imagem é algo maravilhoso para certos propósitos, mas para outros ela não funcionará muito bem.¹⁰³

A postura instrumentalista defendida nas frases em que destacamos concorda com uma declaração direta feita por Wigner à Shimony: “Eu acredito que a Mecânica Quântica

¹⁰³ Fragmento original: “Merzbacher: (exclaims from the audience) Does how Professor Wigner’s suggestion that the act of cognition collapses the wave packet, actually resolve it in a much more satisfactory way?

Aharonov: Ah, but then how would you transform the collapse? If you really look at the system as a quantum mechanical system, then you can do just one measurement, or another measurement. Then you really have to look at this collapse as something that you have done to the system and have just transformed it far away.

Wigner: No, no, I don’t think so. This collapse of the wave packet, in my opinion, is only an expression. Well, what is the wave packet good for, is the question which one asks. In my opinion, the wave function has only the one purpose, namely, to calculate the probabilities of future events. And that is the only purpose of the wave function. Now if I look at the wave function as a tool for calculating things, then clearly, if I learn something and some information enters my cognition, from then on I will use a different wave function. This is not even quantum theory. If I pull out, perhaps I should do that, a bill out of my pocket and look at one side and I say I know how the other side looks, from there on my description of this bill will be different. The purpose of the wave function is nothing else. It does not have a mysterious reality. It is only a tool for calculating probabilities for the outcome of events.

Aharonov: ...But now, how do we translate it into a picture, to look on the problem in a pictorial way? Namely, I want to think of the electron, not as something mathematical, something to calculate probabilities, but to think of it as some kind of a system. How should we look at it, picture it? That’s the point.

Wigner: I wouldn’t say we shouldn’t have a picture of it. But we shouldn’t elevate the picture to a principle which stops us from thinking. And we should not elevate a particular picture to such a degree which stops us from thinking in terms of quantum physics.

Aharonov: I see.

Wigner: I think that a picture is a wonderful thing for some purposes, but for other purposes it will not work so well.”

forneça somente conexões de probabilidade entre observações subseqüentes, mas esta é uma fraqueza da mecânica quântica”.¹⁰⁴ Ele acha que a teoria é fraca porque não nos oferece uma imagem de mundo unificada e confortável, sem estranhezas. Com efeito, acreditamos que o objetivo dele ter desenvolvido o seu modelo lógico, e proposto a construção de um modelo heurístico, foi mais para tornar explícito este caso limite do que para “solucionar” um problema descritivo na teoria padrão da Mecânica Quântica. A segunda conclusão curiosa que chegamos com estas declarações instrumentalistas acima é que, de fato, a proposta wigneriana para solucionar o problema da medição não reflete uma crença pessoal. Lembramos, mais uma vez, que esta faz parte da “conclusão que alguém é forçado a chegar ao se levar a interpretação ortodoxa da Mecânica Quântica até as suas últimas conseqüências”. Ele também diz que não pensa ou fala sempre nos termos da imagem apresentada pelo artigo “Two Kinds of Reality (Wigner, [1995, p. 40], 1964a, p. 192). Podemos encontrar em vários outros textos de Wigner esta cautela quanto a qualquer posição realista dentro da interpretação da Mecânica Quântica. Assim que ele apresenta uma síntese de sua interpretação no artigo “Two Kinds of Reality”, ele inicia um novo parágrafo (como se estivesse abrindo um parêntesis em seu texto) para fazer um comentário sobre sua opinião¹⁰⁵:

Isto seria, em minha opinião, não apenas prematuro, mas mesmo ingênuo projetar conclusões ontológicas da nossa maneira presente de expressão das leis da natureza inanimada – nos termos da medição que é descrita acima – tão ingenuamente, no entanto, menos absurda, daquela que foi a tentativa de considerar a filosofia materialista como sendo estabelecida na base de um conjunto anterior de leis físicas. **Nós sabemos muito, mas muito pouco daquelas que são as propriedades e o funcionamento da consciência para propor uma filosofia assenta em bases científicas.** Em particular, a ‘redução do pacote de onda’ entra na teoria da Mecânica Quântica como um *deus ex machina*, sem qualquer relação com outras leis da teoria. No entanto, o fato que as leis da natureza inanimada, **ao menos em um estágio de desenvolvimento**, não podem ser formuladas sem a referência à consciência permanecer significativa... (1964a, p. 187-188, negritos nossos).¹⁰⁶

¹⁰⁴ Carta de Wigner para Shimony, escrita no dia 17 de outubro de 1977, WP, Coll. CO742, box. 83/7.

¹⁰⁵ Em um outro artigo de 1964 ele afirma a mesma coisa: "This possibility of superposing states is by no means natural physically. In particular, even if we know how to bring a system into the states Ψ_1 and Ψ_2 , we cannot give a prescription how to bring it into a superposition of these states... Hence, the superposition principle is strictly an existence postulate – but very effective and useful." ('Events, Laws of Nature, and Invariance Principles', [1964d] 1995, p. 48 – *destaque nosso*)

¹⁰⁶ Fragmento original: "It would be, in my opinion, not only premature but even foolhardy to draw far-reaching ontological conclusions from our present way of expressing the laws of inanimate nature – in terms

A primeira frase em destaque nos mostra como Wigner costumava articular o campo da Filosofia com o da Ciência. Não obstante, este capítulo nos dará mais elementos para discutirmos esta questão no capítulo seguinte. Retomaremos esta questão no próximo capítulo. Estes fragmentos nos mostram mais do que a postura instrumentalista por parte de Wigner. Lembramos que ele possui um conceito bem próprio de “existência” ou realidade. Porém, este não é o caso quando ele se refere ao “vetor de estado”. Este não teria o mesmo estatuto de “existência” como é o caso de um campo magnético ou um átomo, este seria uma ferramenta matemática que poderia ser dispensável no processo de previsão dos resultados experimentais.

Curiosamente, outra conclusão que tiramos desta série de declarações, é que elas aproximam Wigner muito mais do pensamento do Bohr do que de qualquer um dos dissidentes da escola de Copenhague¹⁰⁷ ¹⁰⁸.

Durante muitos anos Wigner sabia que o formalismo de von Neumann não era robusto o bastante, parecia introduzir conceitos *ad hoc* (“...a ‘redução do pacote de onda’ entra na Teoria Quântica como um *deus ex machina*, sem qualquer relação com as outras leis da teoria.”), um exemplo disso são as *regras de sobreseleção*¹⁰⁹ introduzidas por

of measurements as described above – just as foolhardy, though less absurd, than was the attempt to consider the materialistic philosophy to be established on the basis of an earlier set of physical laws. We know far, far too little of the properties and the working of the consciousness to propose a philosophy on a scientific basis. In particular, the ‘reduction of the wave packet’ enters quantum mechanics theory as a *deus ex machina*, without any relation to the other laws of theory. Nevertheless, the fact that the laws of inanimate nature, at least at one stage of the development, could not be formulated without reference to the consciousness remains significant...”

¹⁰⁷ Ver nota 2 da apresentação desta dissertação.

¹⁰⁸ Esta afirmação ganha força ao levarmos em conta esta declaração feita por Wigner na Escola Internacional “Enrico Fermi”, de 1970, sobre Fundamentos da Mecânica Quântica, ele diz: “...the statements and conclusions of science are, and have to be, expressed in common language, that science cannot be independent from everyday experience, the concepts and information we acquired in babyhood. The *homo scientificus* who bases his actions and knowledge on science alone does not, and cannot, exist. In fact, we feel that the more primitive the notions are uses to express the regularities observed, the more fundamental can the theory be. This does not mean that science accepts or needs all notions which we acquired as children, or that it accepts them uncritically – relativity theory showed that this is not the case – but that it cannot exist without the notions and has to use some of them as a fundament...” (Wigner, 1971a, p.3) No entanto, Wigner nutria um desejo explícito na direção de se construir uma nova teoria que nos trouxesse uma nova “imagem de mundo”. Ele diz: “The implications of our understanding of quantum phenomena cannot be characterized equally [comparing with Newtonian mechanics] concisely because the corresponding terminology has not been developed. The new picture, though well known technically to most physicists, has not been translated into a language familiar to those interested in the creation of a new “Weltbild”. (“Are We Machines?”, 1969a, p.96)

¹⁰⁹ Optei utilizar a palavra “sobreseleção” ao invés de “superseleção” como é utilizado comumente na literatura técnica. A razão que me levou a fazê-lo se dá devido à tradução da palavra *superselection* do inglês

Wigner *et al.*, em 1952, que restringem o espectro das possíveis soluções, mas tais regras não são demonstradas a partir do *corpus* formal da Teoria Quântica construída por von Neumann (Emch, 1993, p.6). Outro exemplo se refere à adequação da Teoria Quântica à Teoria da Relatividade (Wigner, 1981 e 1986b).

Baseado nesta apresentação acima, podemos compreender melhor a postura instrumentalista nutrida por Wigner frente ao vetor de estado:

Em minha opinião, a restrição da Teoria da Mecânica Quântica, para a determinação das relações estatísticas entre as observações subseqüentes, reproduz de forma natural o espírito desta teoria. (Wigner, 1973a, p. 377)¹¹⁰.

Alguém pode assumir, como o fez von Neumann, que a observação é um processo o qual não se pode descrever pelas equações de movimento da Mecânica Quântica, isto envolve uma interação com o indivíduo, e tal interação está fora do domínio de validação da Mecânica Quântica... É possível evitar o dualismo de von Neumann, pelo processo de eliminação do conceito de vetor de estado da teoria, ou equivalentemente por considerá-lo como sendo apenas uma ferramenta matemática e formulando leis que comecem como conexões de probabilidade entre observações subseqüentes ([1972c] 1995, p.582).¹¹¹

O vetor de estado poderia ser facilmente descartado com o desenvolvimento de novas abordagens teórico-matemáticas. Wigner quer desconstruir esta imagem de mundo dualista deixada por von Neumann. E para dar ainda mais sustentação a sua visão, Wigner se referiu algumas vezes a um artigo publicado por ele em 1970, onde analisa o comportamento probabilístico de um estado de duas partículas emaranhadas (estado singlete) sem precisar usar o termo “função de estado”.¹¹²

ser mais precisa utilizando a palavra “sobreseleção” do que “superseleção”. O mesmo vale quando utilizo, mais adiante, o termo “sobreposição” ao invés de “superposição”.

¹¹⁰ Citação original: “In my opinion, the restriction of quantum mechanical theory to the determination of the statistical correlations between subsequent observations reproduces most naturally the spirit of that theory; the alternative just discussed, renouncing the definition of reality, is the most natural epistemology of quantum mechanics. It considers the state vector to be only a mathematical tool, useful for carrying out certain calculations, but only a tool [that] the use... can be avoided” (Wigner, 1973a, 377)

¹¹¹ Citação original: “One can assume, as did von Neumann, that the observation is a process which cannot be described by the equations of motion of quantum mechanics, that it involves an interaction with an individual, and such interaction is outside the domination of validity of the quantum mechanics... It is possible to avoid von Neumann's dualism by eliminating the concept of the state vector from the theory, or equivalently by considering it to be only a mathematical tool, and formulating the laws to begin with as probability connections between subsequent observations.”

¹¹² Wigner acompanhou Shimony no seu interesse pelo teorema de Bell através de seu artigo de 1970. Ele construiu sua versão simplificada das desigualdades de Bell partindo de uma abordagem probabilística clássica para estabelecer os espaços (grupos) e subespaços (subgrupos) criados pelas possíveis combinações

2.2.2 - O problema da medição na Mecânica Quântica (parte 2): Uma digressão

a) Casos limites

Existe um conceito identificado por Wigner que é implícito a toda teoria física, um conceito geral que não se refere às leis de invariância, porém está relacionado diretamente com sua revisão dos Fundamentos da Física. Estes são os “casos limites” na Física. Conceito que aparece em seus textos, principalmente, durante os anos de 1970. O curioso foi que ele o utilizou tanto para se referir à necessidade de se levar em consideração o papel da consciência na Física Moderna, quanto para argumentar a favor da abordagem desenvolvida inicialmente por Heinz-Dieter Zeh (1932 -)¹¹³, em relação ao problema da medição. Este conceito aparece nas teorias físicas no momento em que seus limites são testados. Quando um fenômeno físico é estudado, o objeto observado (um ou mais planetas, elétrons, luz, imã, etc) sofre algum tipo de interação, através de um campo ou uma partícula, ou é a fonte de um destes. Este fenômeno sempre sofre a interferência de outras interações que estão fora do recorte feito pelo físico. Estudamos os corpos celestes, que giram em torno do Sol, com uma massa tal, que os efeitos provenientes da pressão exercida por um feixe de luz solar são desprezíveis. O peso dos corpos em queda livre é de tal modo escolhido, que os efeitos provenientes da resistência do ar, também, são desprezíveis. Este foi o caso dos estudos feitos por Galileu em relação à queda dos corpos e também foi o caso do estudo da gravitação feito por Isaac Newton. As conclusões da Mecânica Quântica são melhor testadas através de corpos microscópicos, tais como átomos, pois os efeitos quânticos se manifestam nestes de forma mais clara (Wigner, 1979, p. 283). Estes estudos não levam em consideração certas condições do sistema, pois de fato, em muitos casos, isto não é necessário. Faz parte do trabalho do físico experimental produzir e simplificar os

entre determinados componentes vetoriais de *spin*, imaginando um sistema com variáveis escondidas locais. Ele reduz os grupos de possíveis valores em subgrupos utilizando as propriedades do estado singleto e, em seguida, escolhe alguns desses tendo como critério investigar a localidade num sistema de duas partículas que se afastam, mas que partem de um estado emaranhado. Ele calcula a probabilidade de se encontrar determinadas combinações entre estas componentes e compara estes resultados com a probabilidade de encontrá-los segundo o formalismo da mecânica quântica.

¹¹³ Heinz-Dieter Zeh (normalmente referido por Wigner como D. Zeh) (nascido em 8 de maio de 1932 em Brunswick), é professor emérito da Universidade de Heidelberg e um físico teórico. Seu trabalho tem sido fundamental para o estabelecimento e desenvolvimento da teoria da decoerência.

fenômenos em laboratório de maneira que somente certas regularidades sejam relevantes e percebidas. No entanto, para certos casos limites, quando buscamos maior precisão no nosso conhecimento, o desprezo de certas interações fica impraticável. Um caso exemplar é o papel que o estudo das propriedades da luz passou a ter através da Teoria Geral da Relatividade, em comparação à Mecânica Newtoniana. Wigner diz que a mesma história se repete agora na Mecânica Quântica, porém, ao invés da luz, temos neste caso, o papel da consciência como desprezado por esta teoria, através de seus sistemas isolados e ideais.

b) O papel do ambiente.

Como vimos nestes dois últimos capítulos, a Física atual, segundo Wigner, está chegando na fronteira de mais um caso limite, a interferência da consciência no processo de observação dos fenômenos físicos não pode ser mais negligenciado, a não ser que o observador possa ser realmente desconsiderado.

Porém, Wigner começa a perceber um outro caso limite dentro da Física Moderna que estava se tornando cada vez mais explícito pelo desenvolvimento teórico dos seus dias, os sistemas termodinamicamente não-isolados. A Física geralmente considera seus sistemas estudados como aproximadamente isolados, sem interferência do meio ambiente, dando a estes uma das garantias de seu comportamento reversível. Porém, tal situação é difícil de se sustentar nos sistemas estudados pela Física Quântica e por boa parte da Química¹¹⁴. Mesmo obtendo sistemas com dimensões espaciais tão pequenas, é um grande desafio alguém poder tratá-los de maneira isolada (como a Teoria Quântica padrão tenta abordar) termodinamicamente, mesmo no espaço interestelar. Se transpormos nossa abordagem para sistemas macroscópicos, então a tarefa se torna impossível. Segundo Wigner:

...quando calculei a quantidade de quanta de luz em um centímetro cúbico, resultou que existem cerca de quinhentos. Isto significa que o centímetro cúbico é atingido, por segundo, por cerca de 10^{13} quanta de luz. Nem todos esses quanta de luz influenciam seu estado porque existem as mais variadas regras e os mais variados tipos de interações. Mas se calcularmos quanto tempo o seu estado microscópico, ou sejam as suas vibrações internas, permanece não influenciado pelo quanta de luz que atingem o cubo, acaba sendo cerca um milésimo de segundo. Isto significa que microscopicamente no sentido da Mecânica Quântica, a equação dependente do

¹¹⁴ Ilya Prigogine (1917 – 2003) receberá o prêmio Nobel de Química em 1977 justamente por ter sido um dos pioneiros no estudo dos sistemas químicos semi-abertos, irreversíveis e longe do equilíbrio termodinâmico.

tempo que fornece o seu futuro estado microscópico é válida por apenas um milésimo de segundo (Wigner, 1983b, p.1367).¹¹⁵

Esta “equação dependente do tempo” é a equação de Schrödinger. Esta parte do pressuposto de que o sistema ao qual ela será aplicada terá a variação de sua energia total igual a zero, ou que tal variação ocorra segundo um campo clássico (cujo comportamento não é afetado pelo estado do sistema quântico). Construir um sistema isolado de tal maneira que o estado de sua energia interna não seja perturbado durante um tempo razoável é um grande desafio para o físico experimental e instrumental. Haveria um acoplamento do sistema com o ambiente, que permanece tanto antes quanto depois da medição. Este foi o ponto de partida da interpretação proposta por Zeh no final da década de 1960 e apoiada por Wigner em seus textos sobre interpretações da Teoria Quântica. Inicialmente, Wigner tomará a proposta de Zeh apenas como uma sugestão possível^{116,117}, porém depois de alguns anos este a defenderá como um dos seus adeptos. Inicialmente, Wigner criticava esta interpretação porque a achava insuficiente para explicar a razão que nós observamos um determinado resultado no aparato de medição, sabendo que este aparato está emaranhado com um objeto, que também pode estar correlacionado com muitos outros objetos, mesmo após a medição. No entanto, Wigner não deixa claro quais conseqüências tal interpretação teria para solucionar os resultados extraídos do seu modelo lógico. Acreditamos que restaria ainda crer que a Mecânica Quântica nos forneceria basicamente “conexões de

¹¹⁵ Fragmento original: “...when I calculated how many light quanta there are in a cubic centimeter, it turned out that there are about five hundred. This means that the cubic centimeter is struck per second by about 10^{13} light quanta. Not all of these light quanta influence its state because there are all sorts of rules and all sorts of types of interactions. But if one calculates how long will its microscopic state, that is its internal vibrations, remain uninfluenced by the light quanta which strike the cube, it turns out that it is about a thousandth of a second. This means that microscopically, in the sense of quantum mechanics, the time dependent equation which gives its future microscopic state is valid only for a thousandth of a second.”

¹¹⁶ Mais do que isso, Wigner será o principal responsável por sua divulgação na comunidade de físicos de sua época. Algumas cartas trocadas entre Wigner e Margenau e entre Shimony e Wigner, mostram isto claramente: Carta de Wigner para Margenau, no dia 12 de fevereiro de 1969 (*Wigner Papers Co742, Box/folder 72/1, page 2*), onde Wigner - apesar de não defender, naquela época, a solução que Zeh dá ao problema da medição - acha que é uma solução que não poderia ser desprezada, e propõe que um dos artigos do Zeh fosse publicado na Revista em que Margenau estava criando, a *Foundations of Physics*. Já nas cartas trocadas entre Shimony e Wigner (entre julho de 1977 e 27 de junho de 1984 - todas estas cartas podem ser encontradas no *Wigner Papers Co742, Box/folder 83/7*) em que discutiam a escrita em conjunto de um livro sobre fundamentos da MQ, que se chamaria “The Quantum World”, os dois concordam em acrescentar um tópico tratando exclusivamente da solução de Zeh ao problema da medição.

¹¹⁷ Wigner cita o artigo de Zeh (1970) - ‘On the Interpretation of Measurement in Quantum Theory’, *Foundations of Physics 1*, 69-76 - muitas vezes (pelo menos nos artigos de 1971a, 1973a, 1980, 1983b e 1983c - as duas últimas já como adepto desta interpretação) sendo a primeira na Escola Internacional de Física “Enrico Fermi”, em 1970, e a última em um capítulo de um livro editado por D. M. Kerr et al., “*Science, Computers, and the Information Onslaught. Academic Press, New York 1984, pp. 63-82*”.

probabilidade entre observações subseqüentes”. É neste texto de 1980 que ele faz sua primeira defesa como adepto desta interpretação e abandona definitivamente a sua proposta anterior:

Talvez eu deva mencionar que isto me sugeriu uma modificação das equações da Mecânica Quântica aplicada a corpos macroscópicos. Tal atitude foi estimulada pelo artigo de D. Zeh (1970), de acordo com o qual um corpo macroscópico não pode ser isolado de sua interação com o ambiente – nem mesmo no espaço intergaláctico. Isto significa que as equações determinísticas da Mecânica Quântica atual não se aplicam estritamente a ele... Esta interação traduz o estado microscópico (i.e. a função de onda) de corpos macroscópicos sujeitos a leis de probabilidade e levados em conta também para o resultado probabilístico do processo de medição, assumindo que este aparato de medição é macroscópico. Apesar desta equação proposta não ser, certamente, a equação final, é ao mesmo tempo, seguramente, verdadeiro que as presentes equações determinísticas da Mecânica Quântica não são estritamente válidas para corpos macroscópicos (Wigner, [1980] 1995, p.338).¹¹⁸

De modo que alguns anos depois ele diz:

A crença anterior, deste autor, de que o papel do aparato físico pode sempre ser descrito pela mecânica quântica... sendo implícito que o “colapso da função de onda” ocorre somente quando a observação é feita por um ser vivo – um ser claramente fora do âmbito da nossa mecânica quântica. O argumento que me convenceu de que a validade da mecânica quântica tem limites mais estreitos, que esta não é aplicável para a descrição detalhada do comportamento dos corpos macroscópicos, é devido a D. Zeh (Wigner, 1983c, p. 78).¹¹⁹

Em texto publicado pouco depois, Wigner diz explicitamente que o papel que ele julgava pertencer à mente humana poderia ser substituído pela interferência de um aparato

¹¹⁸ Fragmento original: “Perhaps I should mention that this suggested to me a modification of the quantum mechanics equations as applied to macroscopic bodies. This was stimulated by the article of D. Zeh (1970) according to which a macroscopic body cannot be isolated from interaction of the environment – not even in intergalactic space. This means that the present deterministic equations of quantum mechanics do not strictly apply to it and I suggested (in 1979) the addition of a term to these equations which should take care of the interaction with environment. This interaction renders the microscopic state (i.e. the wave function) of macroscopic bodies to be subject to probability laws and would account also for the probabilistic outcome of the measurement process assuming that the measuring apparatus is macroscopic. Although the proposed equation is surely not the final one, it is surely true that the present deterministic equations of quantum mechanics are not strictly valid for macroscopic bodies.”

¹¹⁹ Fragmento original: “This writer’s earlier belief that the role of the physical apparatus can always be described by quantum mechanics... implied that the “collapse of the wave function” takes place only when the observation is made by a living being – a being clearly outside of the scope of our quantum mechanics. The argument which convinced me that quantum mechanics’ validity has narrower limitations, that it is not applicable to the description of the detailed behavior of macroscopic bodies, is due to D. Zeh”.

macroscópico (um sistema semi-aberto)¹²⁰: "Bem, isto mostra que o fenômeno probabilístico entra, não somente, quando um ser vivo observa – como eu acreditava algum tempo atrás, mas, tão logo, se um sistema macroscópico qualquer tiver algum papel" ([1983b, p.1368] 1995, p. 136).¹²¹

Wigner sugeriu no artigo "Remarks on the Mind Body Question" (1961, p.183) que se levarmos em conta a redução da superposição devido a uma interação com a mente, então teríamos que levar em conta também uma reformulação das equações de movimento da MQ de forma não-linear. Sendo assim, ao Wigner deixar de dar importância para esta abordagem de interação mente-mundo como uma solução para o problema da medição, por consequência, parece que ele, também, não deu mais muita atenção em buscar uma reformulação do caráter linear da equação de Schrödinger.¹²² Esta interpretação pode parecer muito especulativa, porém encontra alguma sustentação ao se analisar as cartas trocadas entre Wigner e Shimony em 1977.¹²³ Neste ano Shimony envia a Wigner inúmeras cartas, mas no dia 13 de setembro, em uma destas, ele faz um breve *review* do seu ponto de vista filosófico em contraste com o de Wigner. E uma das afirmações que ele faz se referindo a sua visão ele diz:

Presumivelmente a equação não-linear concordaria bem com a MQ usual sempre que lidando com sistemas com um pequeno número de graus de liberdade (e mesmo alguns como cristais com amplo número de graus de liberdade), porque sabemos quão acuradas são as previsões das equações dependentes do tempo de Schroedinger cumpridas em experimentos de ressonância. O desvio da MQ tradicional seria apenas importante quando está lidando com determinados sistemas macroscópicos.¹²⁴

¹²⁰ Curiosamente, Brandt (2002) percebe "a óbvia correspondência entre a matriz densidade de Wigner (Wigner, 1961, pp. 183 a 184) e a matriz densidade reduzida, ao descrever a interação de um *qubit* com seu ambiente" (Brandt, 2002, p. 288).

¹²¹ Curiosamente, Wigner pareceu não acompanhar os desenvolvimentos futuros (na década de 1980) referentes a esta linha de pesquisa iniciada por H. D. Zeh e continuada por Wojciech H. Zurek (1991). Mais tarde esta passou a ser conhecida como o programa da decoerência quântica, que tem tido grandes desenvolvimentos na área de informação quântica nas últimas décadas. Um estudo histórico futuro poderá esclarecer melhor as razões que levaram Wigner a não ter dado atenção a este programa.

¹²² Isto não significa dizer que ele tenha deixado de apoiar completamente tal empreendimento. As citações que temos apresentado neste subtópico demonstram apenas que ele deixou de considerar esta mudança como essencial. Esta proposta pode se manter de pé se trocarmos o papel que Wigner creditava à mente pelo papel que o ambiente passou a ter com a interpretação desenvolvida por Zeh.

¹²³ Brandt (2002) escreve um artigo que cita uma carta recebida de Wigner em 1978 (Brandt não nos diz o mês e dia) em que este diz que: "I am more inclined to modify my earlier ideas on non-linearity and will propose a linear equation for the density matrix. However, this leads to a non-deterministic theory" (ibidem, p. 288).

¹²⁴ Carta de Shimony para Wigner, 13.09.1977; *Eugene P. Wigner Papers - Co742 – box 83-f.7 – page 14* [p.4 na paginação da carta]

Wigner tenta responder a essa série de cartas enviadas a ele por Shimony em apenas uma. E a maior parte dela é escrita como resposta à última carta, enviada no dia 13 de setembro. Wigner olha com ceticismo para o programa teórico de pesquisa que tenta transpor a equação de Schrödinger para uma forma não-linear. Ele diz:

Existe apenas um ponto da “visão de Abner” com a qual eu não concordo. É a implicação de que tudo o que é necessário é apenas a realização de equações de movimento não-linear. Eu acredito que muitas outras mudanças fundamentais serão necessárias – como foram quando uma descrição do eletromagnetismo foi introduzida ou quando a física microscópica, isto é, quando a Mecânica Quântica, foi criada.

(...) É possível que a Mecânica Quântica seja válida apenas para objetos microscópicos que já represente um caso limite neste sentido. Zeh destacou que um objeto macroscópico não pode ser isolado, seu vetor de estado é influenciado a centenas de jardas de distância. Ainda assim, a física atual lida com o comportamento de objetos isolados. Se isto tiver que ser mudado, a mudança terá que ser ainda maior do que, eu acredito, as mudanças anteriores o foram.¹²⁵

Não encontramos nas cartas trocadas por Wigner e nem nos textos de sua autoria qualquer indício que nos levasse à razão que o motivou a abandonar sua antiga proposta por completo. A razão (ou as razões) que fez com que ele levasse tanto tempo (pelo menos uns dez anos) para mudar de posição é uma questão para ser respondida por um trabalho histórico minucioso que foge ao escopo desta dissertação.

2.3 - Conclusões Parciais

Podemos perceber através desta dissertação que uma avaliação mais refinada da visão epistêmica de Wigner é possível e nos fornece uma imagem bem menos bizarra do que parece. As estranhezas ou incoerências em relação a sua abordagem ao problema da medição se dispersa no ar. A proposta de Wigner, quando mal compreendida, pode parecer deslocada do campo das ciências naturais. Suas ousadas especulações podem tê-lo distanciado de uma visão operacionalista das teorias físicas, mas não o afasta do positivismo na medida em que ele *propõe* que o papel da consciência na Mecânica Quântica deve ser esquadrihado a partir de uma perspectiva teórica e experimental. Vimos neste capítulo que, no fundo, Wigner assumiu uma postura instrumentalista em relação ao

¹²⁵ Carta Ibidem, p.1-2 na paginação da carta.

vetor de estado. No entanto, ele alimentou sua proposta a fim de empurrar os limites das Ciências Naturais.

Este capítulo nos forneceu elementos para melhor compreendermos a razão que levou Wigner a entrar, juntamente com H. Margenau, em um debate direto com Hilary Putnam, no início da década de 1960.¹²⁶ Na época, Wigner e Putnam ensinavam na mesma universidade. Wigner acreditava que Putnam tinha uma visão, sobre a mecânica quântica, equivocada em alguns pontos, pois, na revista *Philosophy of Science* (1961), Putnam afirma que esta não poderia incorporar estas duas condições conjuntamente: (1) que uma medição exige uma interação com um sistema ‘externo’, e (2) que todo o universo pode ser tratado como um sistema quântico – ele possui uma função de estado (Putnam, 1961). Se anularmos (1) ou (2), nós obtemos como válidas as seguintes proposições: (3) O Universo nunca é submetido a uma medição, e que (4) todo o universo é um sistema cuja evolução temporal obedece a equação Schroedinger em *todo instante* (ou seja, não há redução "do pacote de ondas"). Porém, estas duas proposições acima se mostram falsas empiricamente, portanto, para Putnam, o formalismo da Mecânica Quântica padrão, construído por von Neumann, não é rigoroso do ponto de vista descritivo e lógico. Wigner e Margenau (1962) respondem a Putnam publicando um artigo no volume seguinte da mesma revista, em que eles afirmam que a primeira condição é garantida pela estrutura formal da mecânica quântica e que a segunda condição só não pode ser completamente atendida devido à propriedade particular da consciência (que escapa ao tratamento formal da teoria quântica) em reduzir a função de onda do sistema. Wigner argumenta que deveríamos abandonar a proposição número (2), mas não entende a razão que leva a Putnam inferir as proposições (3) e (4). Para Wigner, estas duas últimas conclusões estão erradas. Em seu artigo posterior (1964), Putnam se mostra não satisfeito com a proposta mentalista de Wigner e pergunta quais leis naturais regeriam a interação da mente com o pacote de ondas. Porém, Wigner e Margenau (1964) respondem:

...o observador interage com o aparelho de medição e de alguma forma [no artigo de 1962, ele complementa que isto pode ocorrer através de vários passos], e obtém conhecimento de seu estado. A impossibilidade de descrever esta parte do processo de medição por meio das equações da mecânica quântica foi claramente reconhecida

¹²⁶ Por enquanto, optamos por uma apresentação bem resumida deste debate. Uma análise mais minuciosa das argumentações utilizadas será feita em estudos posteriores.

já por von Neumann e, também, por London & Bauer (Margenau & Wigner, 1964, p. 7-8).¹²⁷

Veremos mais detalhadamente no capítulo seguinte que Wigner desafia os cientistas de sua época a se lançarem no estudo da mente e da consciência. Dessa forma poderíamos começar a construir uma teoria naturalista (que unificaria a física, a psicologia e, provavelmente, a biologia) sobre o funcionamento da mente e, posteriormente, investigar como ocorre de fato esta interação da mente consciente com o aparelho de medição. Um desafio que ele sabia que não era, e ainda não é, simples de se abordar. Tal proposta foi levada a cabo, por diferentes formas, por alguns cientistas, alguns exemplos no campo experimental são: Hall *et al* (1977), Mould (1998), Thaheld (2001), Bierman (2003), etc. O principal físico teórico que ainda se considera um entusiasta da proposta propagada por Wigner é o americano Henry P. Stapp. Porém, desde os anos de 1980, Stapp tem desenvolvido seu próprio ponto de vista sobre o pano de fundo estabelecido por von Neumann e Wigner (Atmanspacher, 2008).

Os processos de modelação L e H empreendidos por Wigner apresentaram quase todos os seus pressupostos e exigências de coerência às teorias físicas. A única exigência deixada de fora foi referente às leis de invariância, tema que será tratado no próximo capítulo. De fato, os três eixos centrais no trabalho de Wigner se fazem presentes no problema da medição. Ele não as aplicou somente à Teoria Quântica e mesmo sua proposta para a solução do problema da medição foi temporária. De modo que em momento algum Wigner demonstrou ter abandonado seu interesse por temas epistemológicos, mesmo quando se distanciou de sua interpretação para o problema da medição no início da década de 1980^{128,129}. Tal afirmação está em acordo com um comentário feito por Jagdish Mehra em seu livro *The Golden Age of Theoretical Physics*:

¹²⁷ Fragmento original: "...the observer interacts with the measurement apparatus and somehow obtains cognizance of its state. The impossibility of describing this part of the measurement process by means of the equations of quantum mechanics was clearly recognized already by von Neumann as well as London and Bauer."

¹²⁸ Wigner, 1983, p.136.

¹²⁹ Wigner ajudou a propagar, também, várias interpretações diferentes para o problema da medição na MQ, apesar de algumas terem chamado mais a sua atenção do que outras. Esta foi uma das grandes contribuições, dadas por ele, para o amadurecimento do campo de Fundamentos da Física como disciplina nas décadas de 1960 e 1970 (Freire, 2007). (Todos os artigos, em que ele apresenta estas interpretações alternativas, podem ser encontrados na parte I e II do livro *Philosophical Reflections and Syntheses*.)

A preocupação de Wigner com questões de interpretação, epistemologia e filosofia da teoria física permaneceu contínua e profunda, e uma prova clara de que sua preocupação sobre estas questões esteve significativamente presente em seu pensamento, é que elas ocuparam toda a sua obra. (Mehra, 2001, p.940)¹³⁰

O físico e filósofo americano Abner Shimony também retoma as mesmas questões filosóficas discutidas nos artigos *Two Kinds of Reality* e *Remarks on the Mind-Body Question* através de cartas trocadas com Wigner, ainda no final da década de 1970¹³¹. Assim como Wigner, Shimony buscou uma reformulação não-linear da equação de Schroedinger, porém, tal propriedade deveria se manifestar na interação com o aparelho de medição e não com a consciência. Quanto à relação que Wigner faz entre consciência e o conteúdo das sensações, Shimony o critica dizendo que a “consciência possui uma estrutura muito peculiar que impede uma nítida separação das realidades dentro da consciência e as realidades além dela”. Ele afirma ainda, citando Hume, que não há uma percepção direta do eu (*self*) que seja da mesma natureza das sensações ordinárias.¹³² Infelizmente, nós ainda não tivemos acesso a carta em que Wigner responde a tais observações.

Paul K. Feyerabend (1981), também, faz um rápido comentário crítico sobre a proposta mentalista de Wigner, afirmando que o papel da mente para reduzir o pacote de onda seria limitado quando se tratasse da medição da posição de um elétron interagindo com uma rede cristalina. No entanto, ele concorda com Wigner quando este afirma que para se aplicar a teoria quântica nos níveis macroscópicos (incluindo as sensações da mente) faz-se necessário hipóteses adicionais, porém ele não defende qualquer uma especificamente.¹³³

O recorte dos textos filosóficos de Wigner, apresentados aqui, explicitam os valores epistêmicos nutridos por Wigner. Mais especificamente, o tipo de positivismo que o acompanhava e sua atitude instrumentalista frente ao papel descritivo do vetor de estado. Os modelos construídos por ele apontam na direção da superação de casos limites. Estes valores começaram a se tornar mais explícitos no início dos anos de 1950, e na década

¹³⁰ Original: “Wigner’s concern with questions of interpretation, epistemology, and philosophy of physical theory remained continuous and profound, and clear evidence of this concern place his thinking on these questions occupies in his *œuvre*.”

¹³¹ Cartas de Shimony para Wigner em 13 de setembro de 1977 e de Wigner para Shimony em 17 de outubro de 1977 (WP, co742, box 83-folder 7). Eles freqüentemente discutiam sobre realismo e interpretações na física quântica e sobre algumas abordagens filosóficas sobre a consciência.

¹³² Cartas de Shimony para Wigner em 31 de maio de 1961 (WP, Coll.742, box 94/1).

¹³³ Feyerabend, 1981, p. 256.

seguinte, se ampliaram. Suas argumentações alimentavam suas críticas ao materialismo dialético¹³⁴ (que para ele era forjado nos moldes do determinismo laplaciano), e sua propaganda para o investimento intelectual em pesquisas voltadas ao estudo da mente e da consciência. O significado de sua filosofia se enriquece quando entendida no contexto de sua época¹³⁵ e dentro de sua imagem de mundo (*Weltbild*). Este capítulo buscou trazer maior luz à compreensão deste último tema na obra de Eugene P. Wigner.

¹³⁴ As razões que levaram Wigner a ter aversão ao materialismo dialético serão melhor discutidas no capítulo seguinte. Uma destas razões encontra-se na longa experiência que a Hungria passou a ter com governos totalitários, começando com a ditadura do proletariado aliada à U.R.S.S., em 1919.

¹³⁵ Como Freire (2007) mostra ricamente em seu texto “Orthodoxy and Heterodoxy in the Research on the Foundations of Quantum Physics: E.P. Wigner's Case”.

Capítulo 3 - O Pensamento de Eugene P. Wigner: Um Olhar Mais Amplo

A visão de ciência defendida por Wigner. O papel das teorias científicas, de sua formalização e suas limitações. O papel da Simetria no estudo da Natureza. Sua visão sobre a mente.

Neste capítulo apresentaremos o escopo mais geral do pensamento de Wigner. Sua visão das leis naturais e das invariâncias nos fenômenos físicos terá um lugar de destaque neste capítulo que mostra o conteúdo mais recorrente nas reflexões filosóficas de Wigner. As preocupações com o desenvolvimento da comunidade científica e da própria Ciência no contexto da “Big-Science” também serão expostas. Tal conteúdo tem sido pouco explorado pelos textos que citam as obras e contribuições de Wigner.

Antes de entrar nos temas propostos acima, gostaria de ressaltar os argumentos utilizados por Wigner para podermos diferenciar, segundo ele, o lugar da investigação filosófica do lugar da investigação científica. No artigo “Are We Machines?” (1969a) ele começa afirmando que tem total consciência do campo onde deve localizar a pergunta do título, *nós somos máquinas?*: no campo filosófico. Porém, apesar das diferenças fundamentais entre Física e Filosofia, Wigner traça um objetivo bem geral em que as duas disciplinas se encontram: “prover uma maior coerência e, ao mesmo tempo, profunda e mais elevada imagem do mundo.” (Wigner, 1969a, p.95). O capítulo anterior nos serviu como um bom exemplo desta busca em comum, quando Wigner propõe uma solução a fim de construir uma imagem de mundo mais completa e coerente. Ao mesmo tempo esta sentença exprime sua visão de uma descrição hierárquica das estruturas da Natureza, que parte de uma descrição macroscópica mais superficial, passando pelo Eletromagnetismo até chegar à Teoria Quântica Relativística. À medida que se aprofunda no nível de descrição, exige-se uma linguagem formal mais abstrata e abrangente, unificando novos campos do conhecimento. Quanto às diferenças entre fazer Ciência e Filosofia, a mais óbvia, segundo ele, é que no caso da Física, esta restringe sua atenção a fenômenos bem simples – bem mais simples do que o fenômeno da vida, por exemplo. Ao abarcar tais fenômenos, estes nos trazem algum grau de “entendimento”. Este “entendimento” nos permite projetar experimentos e novos processos de medição que nos levam a ter uma maior compreensão da Natureza de forma ainda mais profunda. Além de destacar o papel do experimento na Física e da limitação daquilo que ela consegue abarcar, Wigner irá chamar a nossa atenção

para duas particularidades nesta disciplina que são menos óbvias do que estas apresentadas acima.

A primeira se refere ao uso da linguagem, mais propriamente, ao uso das palavras e seus significados. Parte do trabalho do filósofo estaria em buscar o significado mais apropriado de determinada palavra utilizada. Wigner compara esta busca e preocupação com a de um “realista”. Ele irá fazer uma curiosa comparação ao tratar especificamente dos conceitos construídos pela Ciência.:

...filósofos têm muito mais fé nas palavras do que nós [físicos]. Eles parecem ter fé no processo que leva à formação da linguagem que cria palavras somente, ou pelo menos principalmente, na direção de conceitos válidos... Naturalmente, nós físicos nos comunicamos também por palavras, mas nós temos uma constante suspeita sobre elas e gostaríamos de construir nossas teorias sobre os mais primitivos conceitos, indicados por palavras bem simples. É dito que Dirac usou, em seus primeiros artigos, somente 200 palavras da língua inglesa. Esta é a razão porque muitos dentre nós, que naquele tempo não sabiam falar inglês, conseguiam ler seus artigos. (Wigner, loc. cit.).¹³⁶

Esta afirmação parece bem ingênua e generalista, e de fato ela é, porém podemos compreender melhor seu significado dentro do contexto do positivismo operacionalista que imperava na Física Teórica americana quando se estabeleceu nos EUA. Não devemos nos esquecer que dentro desta visão filosófica (com algumas variações encontradas no pensamento de Bridgman), nenhum conceito nas Ciências Naturais teria algum significado sem estar associado a algum processo de medição. Toda teoria deveria ser construída a partir dos observáveis experimentais que tivessem uma relação unívoca com seu processo de medição. Portanto, o físico teria um papel primordial no processo de significação das Ciências Naturais.¹³⁷

A segunda característica que diferenciaria a Física da Filosofia seria “a maior finalidade das declarações feitas por esta última” (Wigner, loc. cit.). A filosofia teria uma

¹³⁶ Fragmento original completo: “...philosophers have much more faith in words than we do. They seem to have faith that the process which led to the formation of languages created only, or at least mainly, words for valid concepts. Philosophers often search for the proper meaning of words (such as "reality") which they would not do if they were not convinced that there is such a meaning. Naturally, we physicists also communicate by means of words, but we have an ever-extending suspicion of words and we would like to build our theories on the most primitive concepts, designated by very simple words. It is said that Dirac used, in his early articles, only 200 words of the English language. That is why even those of us who did not speak English in those days could read his articles.”

¹³⁷ Ver Martins, 1982.

maior clareza quanto aos fins de suas questões. No caso da Física, na investigação para a solução de um determinado problema, dada qualquer resposta que se possa produzir, os físicos não estão, necessariamente, preocupados com os novos problemas, perguntas e desafios que virão. Wigner confirma tal afirmação feita por Feynman¹³⁸, mas acrescenta que este é “pelo menos um modo de se abordar a solução dos problemas e que, de fato, este é, freqüentemente, o mais significativo resultado da solução do problema original” (Wigner, loc. cit.). Quando a Física consegue abarcar novas áreas do conhecimento, então novos territórios, antes inexplorados por ela, ou por qualquer outra ciência, passam a fazer parte da atenção de sua comunidade. Conceitos estranhos a esta comunidade, conceitos que antes os físicos achavam insignificantes, passam a fazer parte da ordem do dia por trazer novos problemas *possíveis de serem abordados*. Desta forma, a respeitada finalidade de cada empreendimento, Wigner delinea uma fronteira entre suas preocupações científicas e filosóficas. Assim, ele apresenta as diferenças comentando, na verdade, as características que tornam o fazer ciência uma abordagem particular; esta foi a sua estratégia para poder ficar à vontade em tratar deste tema relativamente espinhoso.

Neste capítulo iremos continuar a sistematizar suas idéias e preocupações filosóficas. No tópico, “Em busca de uma ‘consciência naturalizada’ no contexto da *Big-Science*”, mostraremos como seu interesse no tema do estudo da mente está entrelaçado com sua visão positivista (dentro de um contexto fortemente influenciado pelo operacionalismo) e naturalista do mundo. Buscamos mal entendidos que têm ocorrido ao interpretar o interesse que Wigner tinha no estudo da mente, e sua proposta para a solução de alguns problemas na ciência através deste estudo, como tendo algum tom místico ou espiritualista¹³⁹. A partir de agora identificaremos tais posturas dentro de sua filosofia e intercalaremos com discussões e observações particulares que cremos serem relevantes.

Segundo Schweber (1986) o neopositivismo europeu encontrou forte apoio no contexto de uma filosofia pragmática¹⁴⁰ e operacionalista, que desde o século XIX estava bem viva na comunidade científica americana. Como vimos no início do capítulo anterior,

¹³⁸ Em um encontro da American Physical Society em Washington, em abril de 1966.

¹³⁹ Marin, 2009.

¹⁴⁰ Lembramos que no artigo em que analisa o estilo pragmatista reinante na comunidade de Física teórica, na América, até o início do período de pós-guerra, Schweber (1986) diz que Wigner acabou se enquadrando ao estilo pragmático da Física americana.

apesar de se considerar um positivista, acho que o enquadramento de Wigner no contexto da escola do neopositivista tem os seus limites¹⁴¹.

O conteúdo que se segue nesta dissertação irá mostrar o tipo de positivismo em que ele estava comprometido. A citação abaixo nos fornece uma pequena amostra disso¹⁴²:

...permita-me admitir também que minha idéia é válida somente se nós aceitamos um ponto de vista extremamente positivista. Mas, se nós olharmos para trás na história da Física, o ponto de vista positivista parece ter tido bastante sucesso e foi bem geralmente aceito... O que eu estou propondo é um passo a frente, e possivelmente um passo perigoso, na direção positivista de negar uma causalidade completa, especialmente para corpos [sistemas] macroscópicos, porque eles não podem ser isolados das influências externas... Isso significa que causalidade absoluta não tem significado e é razoável considerar uma descrição probabilística dos eventos ao nosso redor (Wigner, 1983b, pp. 1369 e 1370).¹⁴³

Neste artigo, o mesmo em que cita Mach, Wigner discutiu as limitações de uma descrição determinística no mundo (nos moldes da Mecânica Clássica) e o quanto a Mecânica Quântica desafia tal visão. Esta discussão será crucial neste capítulo quando formos tratar das críticas que ele estende ao Mecanicismo clássico através desta crítica ao determinismo atrelado a este.

Wigner não tem muitas reservas em ir além daquilo que pode ser diretamente medido ou observado (o conteúdo da consciência), porém seu interesse é que o conhecimento avance de tal maneira que suas especulações possam se tornar verificáveis. Ele nutre a esperança que, um dia, seu tema central, o interesse pelo estudo da consciência, migre do campo da Filosofia para as Ciências Naturais, mais especificamente, para a nova Física que abarcará o fenômeno da consciência. De fato, o tema “verificacionismo” recebeu

¹⁴¹ Ele não se refere a nenhum texto ou representante desta escola em seus textos histórico ou filosóficos, a não ser a um físico e filósofo austríaco influenciado fortemente pela filosofia positivista do século XIX, Ernst Mach. Porém, Wigner se refere a este somente como um exemplar dentre aqueles filósofos que defenderam o caráter estatístico das leis físicas.

¹⁴² Esta preocupação, expressa nesta citação, de Wigner com implicações da interferência externa do ambiente nos sistemas físicos está atrelada a mudança de olhar sobre o problema da medição. Os sistemas fechados só podem ser considerados de forma muito ideal na teoria, ou através de grandes aproximações.

¹⁴³ Texto original: “...let me admit also that my idea is valid only if we accept an extremely positivistic point of view. But if we look back at the history of physics, the positivistic point of view appears to have been very successful and very generally accepted... What I am proposing is a further step, and possibly a dangerous step, in the direction of positivism by denying full causality, particularly for macroscopic bodies, because they cannot be isolated from outside influences... This means that absolute causality is meaningless and it is reasonable to consider a probabilistic description of the events around us.”

pouca atenção por parte de Wigner. Quanto a sua atitude frente à *metafísica*, tal idéia é complexa dentro do seu pensamento, primeiramente porque este em momento algum se preocupa em fazer demarcações claras entre Física e Metafísica¹⁴⁴, como tanto se preocuparam os principais representantes do positivismo. Em nenhum de seus textos encontramos o uso deste termo. Sua distinção entre Física e Filosofia não nos ajuda a enquadrá-lo nesta escola, pois estaríamos igualando esta última com a Metafísica.

Assim, podemos começar a perceber as particularidades de suas crenças positivistas. Isto mostra que, a despeito de sua declaração acima, ele não estava tão comprometido assim com uma determinada escola filosófica como fizeram muitos físicos teóricos em sua época, tais como David Bohm, Léon Rosenfeld, Fritz London e muitos outros. Ele estava muito mais interessado em discutir e propagar temas que ele elegeu como relevantes, além de alguns pressupostos epistêmicos extraídos de certas teorias científicas. Era um físico bem aberto a novas especulações que julgava coerentes e interessantes. Um bom exemplo disso, é seu grande comprometimento em divulgar e discutir interpretações alternativas à interpretação ortodoxa, além da sua própria.

3.1 – O significado da Matemática e das Leis Naturais

a) A Simetria e as Leis Naturais

Apresentarei agora o princípio mais geral da ciência na visão de Wigner. Como vimos no primeiro capítulo, parte de sua fama na Física foi devido aos seus trabalhos que colocaram a simetria e os princípios de invariância ainda em maior evidência. O verbete “Symmetry and Symmetry Breaking” disponível na *Stanford Encyclopedia of Philosophy* também reforça esta afirmação.¹⁴⁵

¹⁴⁴ Em momento algum, ele utiliza este termo em alguma parte de seus artigos ou textos.

¹⁴⁵ O texto deste verbete possui dezenas de referências aos trabalhos de Wigner, tanto os textos que se encontram reflexões filosóficas quanto seus textos de Física Teórica. Segue abaixo alguns fragmentos do texto: “Wigner and Weyl were among the first to recognize the great relevance of symmetry groups to quantum physics and the first to reflect on the meaning of this. As Wigner emphasized on many occasions, one essential reason for the “increased effectiveness of invariance principles in quantum theory” (Wigner, 1967, p. 47) is the linear nature of the state space of a quantum physical system, corresponding to the possibility of superposing quantum states... As Wigner (1967, pp. 28ff) describes the hierarchy, symmetries are seen as properties of the laws. Symmetries may be used to explain (i) the form of the laws, and (ii) the occurrence (or non-occurrence) of certain events (this latter in a manner analogous to the way in which the laws explain why certain events occur and not others).” (Brading *et al.*, 2008)

O que significam tais conceitos no vocabulário de Wigner? Ele mesmo responde:

A simetria e os princípios de invariância são regularidades, não entre eventos, mas entre as Leis da Natureza; isto, se eu conhecer alguma lei da Natureza, por exemplo, se hoje eu posso prever a futura posição da Lua a partir de duas posições recentes, então eu posso fazer inferências similares amanhã ou depois. Similarmente, as inferências quanto às posições das quedas dos corpos em um local são as mesmas referentes a outros locais. Os dois princípios invariantes em questão são aqueles referentes ao deslocamento no tempo e ao deslocamento no espaço. (Wigner, [1973c, p. 232], 1995, p.383).¹⁴⁶

De modo geral quando este princípio é utilizado na Física ele é aplicado como uma estratégia metodológica com o fim de se conhecer as leis de conservação de um (ou mais) determinado observável (energia, momentum, carga, etc) em um certo conjunto de fenômenos.

Além da apropriação utilitarista dos conceitos da matemática nas teorias físicas, como será apresentada no tópico posterior, Wigner toma o princípio de invariância como uma linha de prumo para as leis físicas. Este princípio está no topo da hierarquização formal das teorias físicas: “...a progressão de eventos para leis naturais, e de leis naturais para simetrias ou princípios de invariância, é o que, para mim, significa a hierarquia do nosso conhecimento do mundo que nos rodeia.” ([1964], 1995, p. 30) Então, Wigner extrai de exemplos históricos a idéia de que tal princípio foi usado tacitamente ou conscientemente como uma das formas de se testar a consistência de uma determinada lei física¹⁴⁷. Dois marcos históricos ilustrativos da Física são recorrentes em diversos textos de Wigner. São relatados momentos em que as investigações físicas seguiram uma abordagem inspirada num determinado princípio de invariância. Estes marcos são o surgimento da teoria cinética dos corpos de Galileu e a da Relatividade Restrita de Einstein. Porém, como bem observa Brading *et al.* (2008), Wigner destaca que Einstein é o primeiro a ter consciência da importância do seu uso na Física teórica.

¹⁴⁶ Fragmento original: “These are regularities among the events. What are then the symmetry of invariance principles? The symmetry and invariance principles are regularities not among events but among the laws of nature; that if I know some law of nature, for instance if I can today predict a later position of the moon from two of its earlier positions, then I can make similar inferences tomorrow or the day after. Similarly the inferences about the positions of falling bodies at one place are the same as at other places. The two invariance principles in question are the time displacement and space displacement invariances.”

¹⁴⁷ É implícita, a alguns textos filosóficos de Wigner, sua busca em justificar certos elementos do conhecimento tácito utilizado na práxis de pesquisa do físico.

A importância desta abordagem frente ao controle da contingência do mundo é dada da seguinte forma: "Ser a pedra de toque para as leis da natureza é provavelmente a função mais importante dos princípios de invariância" ([1964], 1995, p. 47). Em outro artigo posterior ele afirma que:

Digo mais uma vez, se alguém vier com outra lei da natureza e disser, "Sua lei natural está errada", talvez eu poderia, com maior propriedade, contradizê-lo ao lembrar-lhe, "Bem, sua lei natural não obedece um reconhecido princípio de simetria". ([1973c], 1995, p. 233).¹⁴⁸

Quando Wigner propõe tal abordagem às leis naturais, ele não está apoiado somente em sua própria experiência que o levou a ganhar o prêmio Nobel de 1963, mas utiliza um caso crucial na história da ciência anterior ao seu próprio: o sucesso que Einstein teve ao criticar o modo como estavam formuladas as leis do eletromagnetismo de Maxwell, apresentando uma quebra de simetria espacial. Sua análise crítica desembocou em um dos famosos artigos de Einstein ("Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento") de 1905, que lança as bases da Teoria da Relatividade Restrita. Nesta citação, Wigner não somente dá o devido crédito a Einstein¹⁴⁹ como também expõe sua visão empirista sobre a origem de tal abordagem:

O trabalho de Einstein estabeleceu os primeiros princípios de invariância de forma tão bem fundamentada que nós precisamos constantemente ser lembrados que eles são baseados somente na experiência. Parece-nos natural tentar derivar as leis da natureza e testar sua validade através das leis de invariância, ao invés de derivar as leis de invariância daquilo que nós acreditamos serem as leis naturais. (Wigner,[1949, p. 5] 1995, p. 285)¹⁵⁰

Wigner coloca os princípios de invariância como condições necessárias para encontrarmos novas leis naturais. Ele diz: "se as correlações entre eventos mudassem de dia em dia, e se fossem diferentes para cada ponto do espaço, então seria impossível descobri-las" (Wigner, 1967, p. 29 *apud* Brading *et al.*, 2008). Isto ocorreria de tal maneira que esta

¹⁴⁸ Fragmento original: "Again, if somebody came with another Law of nature and Said, 'Your law of nature is wrong,' perhaps I could more effectively contradict him if I pointed out to him, 'Well, your law of nature does not obey a recognized symmetry principle.'"

¹⁴⁹ Curiosamente, em nenhum dos textos em que Wigner trata do tema Simetria e leis de conservação no livro *Philosophical Reflections and Syntheses*, ele cita o teorema de Emmy Noether.

¹⁵⁰ Fragmento original: "Einstein's work established the older principles of invariance so firmly that we have to be reminded that they are based only on experience. It is now natural for us to try to derive the laws of nature and to test their validity by means of the laws of invariance, rather than to derive the laws of invariance from what we believe to be the laws of nature."

abordagem não teria nenhuma utilidade se tivéssemos acesso direto a todas as leis da Natureza.

A citação anterior (de 1949) também nos dá uma pista para compreender melhor o que Wigner quis dizer com a sentença: “Nossa ciência é, antes de qualquer coisa, uma exploração das regularidades que se obtêm através dos fenômenos, e uma incorporação destas regularidades - as leis da natureza - em princípios cada vez mais gerais (as teorias da física).” (Wigner, 1970a, p.122). Ou seja, percebemos aqui um movimento ascendente que parte dos fenômenos aos princípios gerais da Física. Dito de outra forma, ele nos leva a crer que dentro de seu quadro geral sobre a Física (ou as ciências formais), suas teorias ou princípios gerais se resumiriam às leis de invariância (manifestas na forma de leis de conservação).

Como será discutido no decorrer deste capítulo, diversos artigos explicitam esta abordagem apresentada. Esta faz parte de uma “imagem de Ciência”, ou seja, aquilo que fornece uma estrutura unificadora ao nosso conhecimento; esta imagem é construída pela simetria dos princípios da invariância que é subjacente a todo fenômeno natural. Este é o princípio básico unificador de todas as ciências da Natureza. Retomaremos alguns destes pontos na próxima seção.

Por fim, Wigner chama nossa atenção ao fato que só conseguimos trabalhar com esta abordagem sobre os fenômenos naturais porque a expansão do Universo é um processo que nos afeta muito pouco, de forma muito indireta e sutil. É isso que torna possível nossa observação através da aplicação de uma lei de simetria. Nossas observações experimentais, dos sistemas quânticos, são muito curtas comparadas com a escala temporal de evolução do Universo. Isso permite que utilizemos o princípio de invariância em relação ao observador com a precisão necessária (Wigner, 1973a, p. 373).

b) O papel da Matemática nas Ciências Naturais

O papel que a matemática tem exercido no mundo empírico tem sido fonte de inspiração para centenas de artigos em revistas especializadas no campo da Filosofia ao redor do mundo. Quase todos os principais filósofos da ciência no séc. XX se preocuparam com o tema. Por outro lado, não é comum que cientistas se interessem pelos fundamentos

de sua disciplina¹⁵¹, porém, este subtópico mostra como Wigner, apesar de não ter sido o único, está entre poucos que ousaram escrever sobre temas tão variados e fora de sua fronteira.

Porém, de dentro do debate de como se dá o papel da Matemática pura transposta ao campo da descrição empírica, muitas questões emergem. No entanto, neste subtópico, nos limitaremos apenas àquelas focadas por Wigner em dois de seus artigos (1960 e 1972a).

As questões que Wigner apresenta utilizando exemplos do cotidiano, e que apresentarei logo a seguir, no início de seu artigo de 1960, são: Por que o sucesso quanto ao papel que a Matemática exerce sobre a física nos deixa tão assombrados? Este subtópico foca sua atenção principal em torno desta questão. A outra que Wigner se coloca é a seguinte: Por que as teorias Físicas possuem um status tão particular entre as ciências? Com efeito, esta questão aparece com menos força no artigo. A atitude pessimista - quanto a dar uma resposta completa - com que ele ataca seu problema é retomada pelo físico húngaro Laszlo Tisza em 1997 e, brevemente, pelo filósofo Paolo Mancosu (2008), e por muitos outros que usam este artigo como uma de suas referências¹⁵², propondo outros *pontos de fuga* para abordar estas questões¹⁵³.

Neste artigo sobre o papel da matemática nas Ciências Naturais, Wigner demonstra uma postura bem cética quanto a uma possível compreensão da conexão entre dois campos, a Matemática e as Ciências Naturais. Ele defende que não há nada que justifique o sucesso desta conexão, por isso sustentá-la sem bases claras e bem sólidas não passaria de uma clara postura ideológica na melhor das hipóteses. A Matemática pertence a um campo autônomo em relação à Física (com seus domínios e objetos de estudo). Porém, tal autonomia não impede, no entanto, que uma não possa fornecer “insights” heurísticos à

¹⁵¹ Segundo Shapiro, 2000, p. 14, alguns matemáticos defendem que “A philosophical view has nothing to contribute to mathematics and is at worst a meaningless sophistry...”

¹⁵² Este artigo de Wigner está entre os seus artigos filosóficos mais citados. O Google Acadêmico, versão beta, apontou, no dia 18 de novembro de 2008, 403 citações.

¹⁵³ Mancosu (2008), por exemplo, defende que Wigner só conseguiria achar as devidas respostas às suas questões sobre o papel da matemática nas Ciências Naturais se nós “entendermos como a matemática auxilia nas explicações científicas”.

outra. Wigner abre seu artigo com uma citação de C. S. Peirce¹⁵⁴, e logo em seguida lança mão da seguinte anedota¹⁵⁵:

Certa vez um cientista estatístico e um estudante discutiam sobre um determinado artigo da área. Este artigo inicia com a apresentação da famosa curva gaussiana de distribuição e o cientista apresenta os símbolos que representam a atual população, sua média de crescimento e todos os outros. Então o estudante o questiona com certo ar de incredulidade: “Como você sabe disso? E o que é este símbolo aqui?” “Oh”, diz o estatístico, “este é π ”. “O que é isso?” “O perímetro da circunferência do círculo dividido pelo seu diâmetro.” “Bem, agora você está levando esta brincadeira longe de mais”, disse o aluno, “é claro que a população não tem nada a ver com a circunferência de um círculo.” Alguém poderia, talvez, objetar esta ilustração afirmando que neste caso se trata de um símbolo próprio da matemática que é útil para se fazer um cálculo estatístico e não uma entidade do mundo natural diretamente observável. No entanto, tal objeção não teria muito sentido se partirmos do princípio que todos os observáveis da Física são medidos estatisticamente e podem ser representados simbolicamente por entidades matemáticas, tais como, um ponto, uma reta, um plano, ou um vetor.

Wigner passa a maior parte do seu artigo problematizando mais do que respondendo as questões que propõe. Avançando no texto, seu segundo passo será diferenciar a natureza de duas disciplinas, a Matemática e a Física. Pode-se perceber seu forte teor pragmático ao apresentar sua visão da natureza do labor matemático: “... Eu diria que a matemática é a ciência das operações hábeis [*skillful*] com conceitos e regras inventadas justamente para este propósito.” (Wigner, 1950, p. 224). Quanto ao papel do físico ele irá dizer que, “O físico está interessado em descobrir as leis da natureza inanimada” (Wigner, loc. cit.). E então, discutirá brevemente o que entende por “lei da Natureza.” Segundo ele, as leis da Natureza ocupam-se em nos fornecer certas regularidades. E estas regularidades são surpreendentes por três razões:

- A primeira é a sua generalidade. Elas são válidas em qualquer ponto da Terra. Aqui Wigner destacará principalmente a propriedade física da invariância¹⁵⁶.

¹⁵⁴ “and it is probable that there is some secret here which remains to be discovered.” (The Order of Nature, part IV, *Popular Science Monthly*, June, 1878)

¹⁵⁵ Tradução livre e resumida.

- A segunda característica surpreendente é a possibilidade de se reduzir as variáveis que interferem no fenômeno estudado, “...se duas pedras caem, simultaneamente e de uma mesma altura, de duas diferentes pessoas...” [então, o princípio de invariância] “...é válido não importando se está chovendo ou não, se o experimento está armado em uma sala ou se [a pedra] será largada da Torre de Pisa, não importa se a pessoa que joga a pedra é um homem ou uma mulher.” (1960, p.226)

- E uma terceira característica que surpreende Wigner e muitos outros¹⁵⁷ é a própria existência das “leis da Natureza” e a possibilidade de descobri-las.

Estas declarações estão relacionadas diretamente aos princípios de invariância que foram discutidos na seção anterior, porém a penúltima razão está atrelada a uma propriedade que é externa a tais princípios - apesar de esta estar relacionada diretamente às leis naturais. Refiro-me às condições iniciais que devem ser estabelecidas antes da aplicação de qualquer modelo teórico ao mundo empírico.

Quando fala do papel da Física ou da Ciência¹⁵⁸ ele freqüentemente utiliza expressões tais como imagem de mundo (*Weltbild*), leis naturais, regularidades, conceitos ou construtos e observáveis. Suas reflexões e leituras sobre os fundamentos da Mecânica Quântica o inspiraram a construir um quadro geral da Física composto por tais elementos. Em seu vocabulário, uma *teoria do mundo natural* era sinônima de certos princípios gerais e abstratos¹⁵⁹.

Colocadas estas importantes observações, Wigner avançará definitivamente na questão central que propõe e que primeiramente problematizou. Mas, antes chama a nossa atenção para não desprezarmos o fato de que as leis que conhecemos hoje são referentes a uma parte muito pequena do mundo que nos circunda. E que os novos desenvolvimentos ocorridos na Física no século XX trouxeram novas significações ao conceito de “lei da Natureza” e determinismo.

¹⁵⁶ Wigner, 1949.

¹⁵⁷ Wigner irá evocar o famoso trabalho de E. Schrödinger, “What is Life?” (O que é Vida?), de 1945.

¹⁵⁸ O conceito de Ciência em seus textos vai além das ciências ditas naturais e inclui também a psicologia. Em nenhum momento Wigner mostrou qualquer interesse com o problema da demarcação entre as disciplinas científicas e não-científicas.

¹⁵⁹ Wigner, Two Kinds of Reality, 1964a, p.193. Ver também a nota de rodapé 7.

Wigner parece se opor a uma visão Naturalista da Matemática, como aquela defendida por Quine (Shapiro, 2000, pp.16-20) pelos seguintes motivos: (1) Ele afirma que uma pequena fração da matemática encontra aplicação na Física (2) que a matemática possui seu desenvolvimento em grande parte independentemente da Física. Ele ressalva, ainda, que o físico não está compromissado em utilizar conceitos mais simples possíveis da matemática para seu campo. Wigner defende que o físico busca na Matemática maleabilidade nas operações e aplicações em uma manipulação inteligente e esteticamente persuasiva (uma demonstração simples e geral) em suas conclusões.

Ele se surpreende como os físicos utilizam os conceitos da matemática em seu campo, principalmente certos conceitos como o dos números complexos. Este fato o surpreende e é uma das razões que o leva a considerar a utilização da Matemática nas Ciências Naturais como algo na fronteira do misterioso e sem uma explicação racional disponível. Enquanto que os conceitos da geometria elementar foram, claramente, inspirados pela relação do homem com seu espaço, ou seja, primeiramente, com a agricultura e com os primeiros modelos matemáticos que representassem a evolução espacial e temporal dos corpos celestes observáveis, o mesmo não parece ter acontecido com conceitos mais avançados e contemporâneos. E continua declarando como é surpreendente que a utilização de números complexos exerça um papel tão indispensável na formulação das leis da Mecânica Quântica.¹⁶⁰

No decorrer do artigo, Wigner chega a concluir o seguinte:

É difícil evitar a impressão que um milagre nos confronta aqui, bem comparável, em sua notável natureza, ao milagre da mente humana poder amarrar milhares de argumentos juntos sem entrar em contradição consigo mesmo, ou aos dois milagres

¹⁶⁰ Em um dos capítulos escritos por Wigner para o livro de C. Muses e A. M. Young (“Consciousness and Reality”, de 1972), ele desenvolve ainda mais esta questão: “...Certainly, nothing in our experience suggests the introducing of these [complex numbers] quantities... Let us forget that Hilbert space [i.e. including $i=\sqrt{-1}$], with a Hermitian scalar product. Surely to the unpreoccupied mind, complex numbers... cannot be suggested by physical observations. Furthermore, the use of complex numbers in this case is not a calculational trick of applied mathematics, but comes close to being a necessity in the formulation of the laws of quantum mechanics. Finally, it now begins to appear that not only complex numbers but analytic functions are destined to play a decisive role in the formulation of quantum theory. I am referring to the rapidly developing theory of dispersion relations. It is difficult to avoid the impression that a miracle confronts us here [i.e. in agreement between the properties of the hypernumber $\sqrt{-1}$ and those of the natural world]. (Wigner, [1972a] 1995, p. 266).

da existência, das leis da Natureza e da mente humana capaz de intuí-las. (Wigner, 1960, p. 229).¹⁶¹

O uso de adjetivos do tipo, “impressionante” (*striking*), “misterioso” (*erie*), “estranho” (*uncanny*), “desconcertante” (*baffling*), “irrazoável” (*unreasonable*), para se referir ao sucesso da matemática aplicada a Física, nos dá uma amostra de como Wigner encarava o desafio de entender tal fato. Porém, ele acreditava na possibilidade de avançarmos na compreensão deste “milagre”. Ele arrisca uma possível resposta respaldado em três exemplos históricos, dois deles quase contemporâneos a sua época, e acrescenta que poderia citar muitos outros¹⁶². Destes exemplos ele conclui que a nossa apropriação do formalismo matemático - escolhendo conceitos manipuláveis e arbitrários que podem ser transpostos ao mundo empírico na forma de “leis naturais” (tiradas da observação de certas regularidades) e observáveis - fornece à linguagem científica uma precisão incrível¹⁶³, mas sempre com suas limitações ao abarcar o mundo dos fenômenos naturais.¹⁶⁴

Podemos extrair da história da Física diversos exemplos que

...deverão ilustrar **a conveniência e precisão da formulação matemática das leis em termos de conceitos escolhidos para sua manipulação**, as “leis da natureza” são de precisão quase fantástica, mas de alcance bem limitado. *Partindo desta observação*, pretendo me remeter a estes exemplos como ilustrativos de uma *lei*

¹⁶¹ Fragmento original: “It is difficult to avoid the impression that a miracle confronts us here, quite comparable in its striking nature to the miracle that the human mind can string a thousand arguments together without getting itself into contradictions, or to the two miracles of the existence of laws of nature and of the human mind’s capacity to divine them.”

¹⁶² O primeiro exemplo histórico se refere ao desenvolvimento da lei do movimento planetário, o segundo se refere ao surgimento da mecânica matricial e o último se refere ao surgimento da Eletrodinâmica Quântica. De cada uma destas histórias Wigner destaca dois pontos em comum: a necessidade de se estabelecer as condições iniciais necessárias para se construir qualquer modelo idealizado, e a falta de embasamento empírico inicial quando uma nova lei escrita numa determinada linguagem matemática é apresentada. Por isso, o sucesso inicial destas leis utilizando um formalismo matemático totalmente novo para Física soou ainda como um milagre para ele. Mas, parte deste milagre Wigner credita ao grau de idealização e abstração destes modelos físico-matemáticos, que não por acaso, tiveram suas limitações ao serem aplicados ao mundo real.

¹⁶³ Como veremos na citação seguinte, Wigner chamará esta concepção como “*lei empírica da epistemologia*”. Este termo, que, soa, no mínimo, bizarro para muitos filósofos, não aparece mais em seus artigos posteriores.

¹⁶⁴ Como bem sintetiza Santos (1988, p. 50): “As condições iniciais são o reino da complicação, do acidente e onde é necessário selecionar as que estabelecem as condições relevantes dos fatos a observar; as leis da natureza são o reino da simplicidade e da regularidade onde é possível observar e medir com rigor. Esta distinção entre condições iniciais e leis da natureza nada tem de “natural”. Como bem observa Eugene Wigner, é mesmo completamente arbitrária. No entanto, é nela que assenta toda a ciência moderna.” Só trocaríamos o final da frase : “...as leis da natureza são o reino da simplicidade e da regularidade onde é possível observar e medir com rigor.” Onde tem “é possível observar e medir com rigor” trocaríamos por “é possível construir modelos representativos e descrições determinísticas com rigor”.

empírica da epistemologia. Junto com as leis de invariância das teorias físicas, este é um fundamento indispensável destas teorias. Sem as leis de invariância não se poderia dar fundamento de fato às teorias físicas; se a lei empírica da epistemologia não estivesse correta, nós não teríamos o encorajamento e a segurança que são emocionalmente necessários, sem os quais as “leis da natureza” não poderiam ser exploradas com sucesso. (*negrito nosso*, Wigner, 1960, p. 233)¹⁶⁵

Este termo “lei empírica da epistemologia”, por mais estranho que possa parecer, está de acordo com sua visão de que as reflexões epistemológicas devem partir do modo como as Ciências Naturais funcionam e do estado do mundo descrito por esta. Mais uma vez reforçamos que para Wigner não existem conceitos *apriorísticos* ou condições de possibilidade do conhecimento que não sejam construídos por meio da experiência. Ele não é claro se ele está projetando um caráter normativo à epistemologia, ou se esta é a sua maneira de abordar confortavelmente as questões epistêmicas do seu ponto de vista como cientista. Não obstante, nada impede que estas duas posturas se sobreponham.

Porém, o que mais destacaríamos destas afirmações acima é que tais descrições são uma tentativa de ampliar ainda mais o significado de uma declaração feita por Einstein, onde este teria dito que os conceitos da matemática - que são o resultado de muita perspicácia - possuem grande beleza (p.230). Porém, Wigner irá criticar Einstein quando ele afirma que faz parte do trabalho do físico encontrar leis universais da Natureza “*pelas quais o Cosmos poderia ser construído por pura dedução*” (p.196). Para Wigner, este é um empreendimento demasiadamente ambicioso e se choca com sua tendência indutivista. Nunca iremos muito longe se não tivermos em mãos as condições iniciais e de contorno exatas para manipular tais leis¹⁶⁶. Wigner critica Einstein por sonhar tão alto, pois as ações de um cientista são bem mais modestas.

¹⁶⁵ Texto original: “...should illustrate the appropriateness and accuracy of the mathematical formulation of the laws of nature in terms of concepts chosen for their manipulability, the ‘laws of nature’ being of almost fantastic accuracy but of strictly limited scope. I propose to refer to the observation which these examples illustrate as the empirical law of epistemology. Together with the laws of invariance of physical theories, it is an indispensable foundation of these theories. Without the laws of invariance the physical theories could have been given no foundation of fact; if the empirical law of epistemology were not correct, we would lack the encouragement and reassurance which are emotional necessities, without which the ‘laws of nature’ could not have been successfully explored.”

¹⁶⁶ Para Wigner, existe uma forte e artificial (“provavelmente uma das mais frutíferas”) distinção entre condições iniciais e leis da natureza, as primeiras pertencem à essencial contingência do mundo, a segunda pertence às regularidades extraídas de um conjunto de fenômenos (Wigner, 1949). “Altogether, one obtains the impression that, whereas the laws of nature codify beautifully simple regularities, the initial conditions exhibit, as far as they are not controlled, equally simple and beautiful irregularity.” (1964d, p.42)

O cientista encontra beleza ao observar as regularidades e simetrias na Natureza e a Matemática possui características internas que a tornam a melhor linguagem para dar conta destas invariâncias. Dentro do jogo de sedução entre o homem e a Natureza, o homem compreendeu que a Matemática o levou a conseguir algum grau de sucesso em sua ação comunicativa/interativa – mesmo com algumas precariedades. Podemos afirmar portanto que apesar de ser um naturalista nas ciências naturais Wigner não se enquadra completamente nesta classificação quando se trata de identificar sua escola na filosofia da matemática.

Apesar dele ter tentado abordar o problema central contido no título, ele parece estar consciente de que sua resposta pode não ter satisfeito a muitos de seus leitores, ele é bem cuidadoso ao fechar seu ensaio com a seguinte declaração:

O milagre da adequação da linguagem matemática para a formulação de leis da Física é um presente maravilhoso o qual nós nem sequer entendemos quanto mais merecemos. Nós deveríamos ser gratos por isto e esperarmos que ele venha a permanecer válido em pesquisas futuras e que se estenda, para melhor ou para pior, para o nosso prazer - apesar de poder talvez ser, também, para nosso engano - para a expansão dos campos da aprendizagem. (Wigner, 1960, p. 237).¹⁶⁷

A despeito de todas estas reflexões, a maioria extraídas deste artigo escrito em 1960, Wigner não pareceu ter se interessado em ler relevantes textos filosóficos sobre o tema¹⁶⁸ - apesar de já ter muita coisa importante escrita na época, muitas destas reflexões feitas por filósofos analíticos. Ele talvez não se sentisse seguro o bastante para entrar plenamente no debate. Este foi o único artigo no qual ele tratou diretamente o tema e, portanto, está dentre aqueles que discute com menor profundidade. Diferentemente, da maneira como ele tratou os problemas relacionados ao processo de medição na Teoria Quântica, no caso das questões levantadas aqui, ele não pareceu levar em conta uma série de ricos debates

¹⁶⁷ O fragmento original diz: “The miracle of the appropriateness of the language of mathematics for the formulation of the laws of physics is a wonderful gift which we neither understand nor deserve. We should be grateful for it and hope that it will remain valid in future research and that it will extend, for better or for worse, to our pleasure, even though perhaps also to our bafflement, to wide branches of learning.”

¹⁶⁸ Ele cita algumas reflexões que passam próximo do tema de seu artigo de 1960, mas nenhuma destas citações faz referência à questão central do artigo. Os principais autores citados são alguns dos fundadores da Mecânica Quântica (Schrödinger, principalmente o livro *O que é Vida?*(1945); M. Born (1925 e 1926); P. A. Dirac (1947); von Neumann (1932) e o próprio Wigner (1949 e 1950)) e alguns filósofos híbridos (cientistas/filósofos), tais como, M. Polanyi (1958, p.188), H. Margenau (1950, cap. 8) e Hilbert (1922 e 1935, p.188). O mais relevante filósofo citado por Wigner neste artigo foi indicado por Abner Shimony - C. S. Peirce é citado em dois momentos, mas em apenas um destes que ele aponta a referência, isto é: *Essays in the Philosophy of Science*, uma edição de 1957.

ocorridos na Filosofia da Matemática bem antes dele. De fato, outras discussões polêmicas, tais como aquelas atreladas aos Fundamentos da Mecânica Quântica, estavam mais próximas de seu campo de interesse e trabalho. No entanto, pequenos trechos do artigo de 1960 aparecerão em artigos posteriores (1972a e 1979). Apesar desta sua breve passagem na tentativa de fornecer respostas sobre o tema, Tisza escreve o seguinte comentário sobre esta tentativa de Wigner:

Com sua excepcional formação básica nos dois [Física e Matemática], Wigner tentou, mas suas conclusões são desencorajadoras. O título do seu ensaio: “A Irrazoável Eficácia da Matemática nas Ciências Naturais” se tornou uma máxima para desencorajar a busca por um “insight” mais satisfatório. Pessoalmente, eu duvido que esta tenha sido a intenção de Wigner... (Tisza, 1997, p.236)

Posteriormente, ele agradece a Wigner por tê-lo influenciado em sua visão da física e por ter lhe inspirado em boa parte de suas indagações epistêmicas¹⁶⁹.

3.2 – Em busca de uma “consciência naturalizada” no contexto da Big Science

Apesar de Wigner ter escrito algumas dezenas de artigos e textos tratando de temas caros à Filosofia (tais como: o papel da Matemática nas Ciências Naturais, a relação mente-corpo, pressupostos metafísicos da Física Moderna, etc), não se discute que sua formação principal o tenha levado a publicar bem mais sobre temas restritos ao campo da Física. Nesta dissertação já mencionei as contribuições que Wigner deu ao estudo pioneiro das propriedades da estrutura da matéria e suas partículas e de suas contribuições pioneiras para se estabelecer o campo de atuação do Engenheiro Nuclear. Porém, apresento uma faceta das idéias deste proeminente físico que talvez seja relativamente desconhecida tanto da comunidade de físicos quanto de filósofos.

a) Os Limites da Ciência do Pós-Guerra na Perspectiva de Eugene P. Wigner

¹⁶⁹ A motivação do professor do MIT László Tisza para com este tema em Filosofia da Matemática surgiu primeiramente quando ainda era um estudante. Seu primeiro artigo sobre filosofia da matemática que atacará diretamente este tema que o interessava desde a juventude, será *The Reasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Science*, publicado em 1997. Este artigo foi motivado pelo de Wigner de 1960 como já apontado anteriormente (Tisza, 1997 e 2003).

Na primeira parte deste subtópico faremos breves recortes de pontos chaves defendidos por Wigner nos artigos: “The Limits of Science”, de 1950; “The Growth of Science – Its Promise and Its Dangers”, de 1964; e “The Problems, Future and Limits of Science”, de 1977. O que mais nos interessa é que estes três artigos nos fornecem duas preocupações importantes nas reflexões de Wigner, os desafios epistemológicos que o crescimento e fragmentação da ciência impõem ao seu próprio desenvolvimento e sua proposta para que a Física estenda seus domínios ao campo do psíquico. Na verdade, o conteúdo dos artigos escritos em 1964, 1972a, 1974, 1977a, 1977b, 1981 e 1983 são¹⁷⁰ desdobramentos de parte da argumentação ou ratificações do artigo escrito em 1950, por isso, este último nos servirá como linha mestra.

“The Limits of Science” foi publicado nos *Proceedings of the American Philosophical Society*, e começa tratando do assombroso crescimento da comunidade científica a despeito de ser uma instituição tão nova. Mas, antes de tratar daquilo que ele crê ser uma ameaça interna ao desenvolvimento da ciência, ele irá identificar aquilo que hoje podemos chamar de “nossa ciência”. Sem delongas ele afirma: “[A Ciência] é nosso estoque de conhecimento dos fenômenos naturais”. Mas o que ele quer dizer com estoque? Certamente, diz ele, não é uma mera série de volumes de livros e artigos empilhados com informações e teorias sobre o mundo natural. Ciência - é muito mais que uma pilha de conhecimento estocado - é como um edifício que está em constante construção e reforma, além de seus móveis internos também estarem em constante transposição e mudança.¹⁷¹ E para chamá-la de “nossa ciência”, nós devemos ter pessoas capazes de aprender a se tornar especialistas, e a construir cada parte deste edifício utilizando sua respectiva área de conhecimento, acreditando que seu projeto não está em contradição com os outros de outras áreas. Porém, seguros que todos esses projetos fazem uso de um todo coerente. Esta confiança é necessária, pois ninguém é capaz de conhecer os projetos de todos os setores. Incoerências podem aparecer, mas o fato é que “[a] seção de elasticidade deve usar a mesma imagem da estrutura de aço sobre o qual a seção sobre magnetismo está baseada.” Esta estrutura é dada pelo *corpus* disciplinar de campo de conhecimento da Natureza (a

¹⁷⁰ Todos reunidos na parte VII (Broader Philosophical Essays) do livro *Philosophical Reflections and Syntheses*, de 1995.

¹⁷¹ Assim como Wigner, H. Poincaré afirma: “O sábio deve organizar; fazemos ciência com fatos assim como construímos uma casa com pedras, mas uma acumulação de fatos não é ciência assim como não é uma casa um monte de pedras (Poincaré, 1988, p.115).”

matéria e suas interações) tais como a Química, pela Física Moderna, pela Biologia, pela Psicologia, etc. O avanço do nosso conhecimento nos traz cada vez mais abordagens que se interceptam, como ocorreu entre a Química e a Física no início do século XX.

Wigner segue sua argumentação para falar, então, daquilo que ele chama dos limites da “nossa ciência”. O conhecimento acumulado sobre o mundo natural tem se aprofundado e se fragmentado de tal forma que a exigência de leitura e estudo aos iniciados em alguma área da física tem se tornado cada vez mais desafiador e exaustivo. E isto está tomando uma proporção de tal ordem que tem influenciado fortemente o interesse de muitos estudantes universitários que escolhem seu campo de especialização. Muitos tem se deslocado para algum campo que não demande tanto trabalho para poder estar a par dos temas e das pesquisas de ponta feitas nele. Conseqüentemente, argumenta Wigner, é muito incomum encontrar algum jovem estudante que se interesse em um projeto de pesquisa que busque estender as leis da Mecânica Quântica para fenômenos até então somente explicados pela Física Clássica, mesmo este estudante assumindo que as leis da Mecânica Clássica são meras aproximações daquelas do Mundo Quântico. Wigner denuncia o esvaziamento de certas áreas de pesquisa na Física de tal maneira que ele chama a atenção para uma possível mudança no quadro geral da ciência nas próximas décadas.

b) A dinâmica da Ciência

Para ele a ciência se desenvolve e progride em camadas cada vez mais abrangentes e profundas nos “segredos da natureza”. “E envolve uma série maior de conceitos baseados em conceitos prévios, os quais são reconhecidos como mera aproximação” (1950, pág. 215). Assim, a primeira Mecânica foi substituída pela Mecânica Quântica e posteriormente pela Teoria de Campos, que por sua vez foi superada por uma teoria ainda mais abrangente, a Teoria Quântica Relativística. A Física estende seus domínios para as interações em uma escala cada vez maior (cosmologia) e menor (subpartículas e suas interações com a radiação). Esta descarta antigas descrições desnecessárias ou inadequadas e as substitui por outras ainda mais profundas. E absorve fenômenos que antes eram tomados como desprezíveis para o sistema estudado. Por isso, Wigner diz que a física sempre procurou trabalhar com aquilo que ele chamou de *caso limite*, ou seja, fenômenos que pudéssemos trabalhar com apenas um tipo de interação. Por exemplo, no caso da interação

gravitacional, o físico buscará trabalhar sempre com massas grandes o bastante para que qualquer interação eletromagnética seja desprezível. No capítulo 2, discutimos um caso particular na Física Moderna em que Wigner desenvolveu ainda mais esta idéia. O fato que nos interessa agora é que os limites impostos pelo crescimento do conhecimento e seu alto grau de especialização trarão cada vez mais dificuldades para que as camadas mais profundas e unificadoras surjam, e para que ocorra o deslocamento da ciência para novos territórios. Tais dificuldades culminam, principalmente, nas barreiras de comunicação e compreensão entre os físicos dentro de sua própria comunidade. Wigner lembra que há algumas décadas atrás, antes da segunda guerra, ele conhecia os trabalhos dos principais físicos do seu tempo e a quantidade de colegas de sua área formava uma boa representatividade da quantidade de físicos que atuavam naquele tempo. A quantidade de físicos e trabalhos produzidos por estes cresceu tanto desde a segunda guerra que uma só pessoa mal consegue acompanhar o desenvolvimento do campo da Física em que trabalha. O fato de um físico como Wigner não compreender uma determinada conferência ou *paper* passa a ser algo cada vez mais comum. Ele acha que este alto grau de especialização e fragmentação do trabalho científico pode trazer problemas sérios à construção de uma imagem de ciência e de mundo comum, aos físicos e químicos, por exemplo. A Mecânica Quântica aproximou a Química e a Física colocando-as sobre uma mesma base, apesar das particularidades que cada disciplina continuou tendo, e este movimento em direção a Química aumentou as possibilidades de comunicação entre as duas comunidades. No entanto, a fragmentação da ciência tem trazidos novas dificuldades de comunicação entre as disciplinas das ciências naturais.

Algo que irá ocupar a mente de Wigner, durante o final da década de 1960 e boa parte dos anos de 1970, é o propósito do labor científico. Naquele momento ele estava interessado no forte debate ocorrido na sociedade americana quanto ao benefício social que grandes investimentos em Física de Altas Energias poderiam trazer ao país, principalmente a construção de grandes aceleradores. Foi um período na história americana em que os físicos e muitos centros de ciência & tecnologia eram visto com desconfiança devido as suas aproximações com a pesquisa militar. Os EUA estavam no ápice da guerra fria e muitos achavam que as Ciências Naturais estavam a serviço de um poder totalitário e que

os cientistas dessas áreas tinham poucas preocupações com suas responsabilidades éticas.¹⁷² Wigner participou ativamente desta época e apoiou fortemente o investimento, pelo governo americano, na indústria armamentista.¹⁷³

c) Propostas para expandir as fronteiras da Ciência

Uma possível solução - extraída do livro de Alvin Weinberg¹⁷⁴ e apoiada por Wigner - a estes desafios é um maior incentivo na publicação de bons e grandes *reviews* sobre Cosmologia, Física de Partículas, Física do Estado Sólido, etc, que podem ajudar a diminuir o fosso na comunicação (1972c, p. 579). Porém, uma das primeiras respostas que o próprio Wigner propõe - ainda no artigo de 1950 - é a pesquisa cooperativa nos moldes como foi colocada em prática na segunda guerra. Esta seria, segundo ele, uma estratégia possível e interessante para a solução destas dificuldades. Afinal de contas, não podemos dar conta cognitivamente de poder abarcar o conhecimento produzido e exigido por um grande projeto de pesquisa¹⁷⁵. Porém, a solução não é tão simples assim: “O problema da pesquisa em grupo é... [a limitação imposta à livre] inventividade do subconsciente do indivíduo, mas, ao mesmo tempo, disponibiliza a este todo o estoque de conhecimento do grupo.” (1950, p. 221) Afinal, em um projeto de pesquisa no contexto de *Big Science* o cientista se sente minimizado e limitado em seu trabalho, seu grau de liberdade na pesquisa e suas vontades são subjugados pelos interesses coletivos.

Além do mais, uma maior abertura da ciência para a especulação também pode ser interessante.¹⁷⁶ Wigner constantemente lança mão de tais especulações quando se refere ao estudo da vida e da mente. Ele crê que temas como estes podem trazer um maior grau de prazer e interesse na pesquisa científica de fronteira. Ele crê que os fenômenos da vida e da consciência esperam ser abarcados por uma nova ciência física. A Física Contemporânea – mais especificamente a Física Quântica – já tem apontado para a necessidade de tal empreendimento. Apesar de concordar com a postura de Descartes ao considerar a mente

¹⁷² Stevens, 2003.

¹⁷³ Mais uma vez Wigner se posiciona contrário tanto em relação ao regime comunista quanto ao materialismo dialético. Ver Freire (2007, p.206).

¹⁷⁴ *Reflections on Big Science* (1967).

¹⁷⁵ Ou ainda mais... “according to Darwin, we are animals and our ability to “understand”, that is to discover important and interesting correlations between events, may be limited...” (Wigner, 1979, p. 284).

¹⁷⁶ Porém, o próprio Wigner dirá, no artigo “Are We Machines?” (1969a, p.99), que suas próprias especulações não pertencem, pelo menos por enquanto, ao campo da Ciência, mas sim da Filosofia.

como uma realidade primária¹⁷⁷ (ver segundo tópico do terceiro capítulo), os textos de Wigner nos levam a crer que ele estava muito mais próximo daquilo que Robinson (2007, no subtópico 2.2) define na filosofia da mente como “dualismo de propriedades”, do que de um “dualismo de substâncias” (como Freire parece identificar¹⁷⁸). No entanto, ele também não defende que uma descrição mecanicista clássica dos fenômenos mentais – reduzidos às reações bioquímicas e interações elétricas no cérebro dentro de um quadro determinístico do tipo laplaciano¹⁷⁹ - alcance uma modelação satisfatória de nossa mente. Na verdade, Wigner achava que nossa compreensão dos fenômenos mentais era muito incipiente para podermos extrair uma filosofia da mente que fosse consistente (Wigner, 1964a, p. 188). Segundo ele a teoria da evolução trouxe uma certa visão mecanicista estendida ao homem, tornando-o um *automata* tanto quanto qualquer outro animal, porém Wigner acha que uma certa abordagem materialista não é a mais apropriada quando se trata de uma visão naturalista da mente humana. E uma das razões que o leva a afirmar isso é porque “causação não é um conceito muito bem definido dentro de uma imagem determinística do mundo...” (Wigner, [1995, p.566] 1970, p.121)¹⁸⁰. Ele diz¹⁸¹:

Eu não acredito que haja duas entidades: corpo e alma. Eu acredito que vida e consciência são fenômenos que têm um variado efeito sobre os eventos ao nosso redor... Provavelmente, o comportamento dos vírus e bactérias possa ser descrito com alta precisão pelas teorias presentes. Aqueles dos insetos podem fazê-lo com moderada aproximação, aqueles dos mamíferos e homens são decisivamente influenciadas por suas mentes. Para estes, a teoria física presente daria, eu acredito, uma imagem falsa mesmo quando seu comportamento físico é levado em conta. (Wigner, 1995 [1981], p.609)

¹⁷⁷ “There are several reasons for the return, on the part of most physical scientists, to the spirit of Descartes’ ‘*Cogito ergo sum*’, which recognizes the thought, that is, the mind, as primary.” (Wigner, 1964a, p.248)

¹⁷⁸ “...He kept a dualistic view about mind and matter and maintained the former was primary...” (Freire, 2007, p.218, nota 8).

¹⁷⁹ Wigner acredita que esta tem sido a tendência das pesquisas em bioquímica em seu tempo (Wigner, [1961, pp. 171 a 172], 1995, pp. 247 a 248).

¹⁸⁰ “Causation is not a well-defined concept in a deterministic picture of the world – it may not have an unambiguous meaning in any known picture.” Wigner escreveu um interessante e curto artigo discutindo os limites de uma visão determinista do mundo (Wigner, 1983b).

¹⁸¹ Esta citação foi extraída de um capítulo, escrito por Wigner, em um livro publicado originalmente em 1981. O fragmento original diz: “I do not believe there are two entities: body and soul. I believe the life and consciousness are phenomena which have a varying effect on the events around us... Probably, the behavior of viruses and bacteria could be described with present theories. Those of insects could be described with a moderate approximation, those of mammals and men are decisively influenced by their minds. For these, present physical theory would give, I believe, a false picture even as far as their physical behavior is concerned.”

As hipóteses em questão são: as equações da física, como concebidas atualmente, são adequadas para descrever a evolução que pode ocorrer no estado da matéria viva, e que o estado da matéria, que forma o corpo, determina as sensações do ser vivo. Se estes dois pressupostos não forem válidos, então a insuficiência da visão mecanicista seguiria *a fortiori*. (Wigner, 1969a, p.98)¹⁸²

Por isso, Wigner exprime sua esperança no surgimento de uma nova Física¹⁸³ que deveria sofrer transformações, em suas bases fundamentais, semelhante ao que ocorreu com a Física no início do século XX. Como destaca A. Pais em seu *review*, sobre o livro de Wigner *Symmetries and Reflections*, publicado na revista *Science*: Wigner possuía uma firme convicção "na existência de leis biotônicas que decorrem do indispensável fenômeno da consciência" (Pais, 1967, p. 911). O domínio da mente passaria a ser descrito por leis que não se limitariam a descrever os fenômenos da Física atual, mas encontraríamos leis que abarcariam o domínio do ser vivo e da consciência. Assim, avançaríamos em um nível de descrição mais profundo e mais geral, conforme a evolução das Ciências Naturais tem nos mostrado historicamente. Ele afirma:

Seria tolice tirar conclusões de grande envergadura da emergência de duas ciências [a Psicologia e a Física], com ambas afirmando serem completas; quando entre os seus conceitos e proposições não se pode ver qualquer semelhança real. *As duas poderiam ainda ser unificadas em uma disciplina comum mais profunda sem sobrecarregar nossa capacidade mental de abstração.* (1950, pp. 218 e 219, *destaque nosso*)¹⁸⁴

Neste texto Wigner apresenta duas razões porque crê ser de grande importância um maior estudo da mente por parte das Ciências Naturais.

Este seria um interessante empreendimento que ajudaria a ampliar ainda mais as fronteiras da ciência, levando-a a um nível explicativo mais profundo.

¹⁸² Original: "The assumptions in question are: the equations of physics, as now conceived, are adequate for the description of the changes that can take place in the state of living matter, and that the state of matter determines the sensations of the being whose body they form. If these two assumptions should not be valid, the inadequacy of the mechanistic view would follow *a fortiori*."

¹⁸³ "...our present physics is far from final, that it will undergo fundamental modifications, perhaps also by philosophers..." (Wigner, 1986b, p. 471). "Whether the so encompassing science will be called physics or will have another name, I do not know. Perhaps it will be called scisif." (Wigner, 1979, p. 279).

¹⁸⁴ O fragmento original diz: "It would be foolish to draw far reaching conclusions from the emergence of two sciences, both of which may claim to be all embracing and between the concepts and statements of which one cannot, at present, see any real similarity. Both may yet be united into a deeper common discipline without overtaking our mind's capacity for abstraction."

- 1) Um empreendimento como esse ajudaria a responder uma série de *questões* que têm se acumulado ao longo de “sua breve carreira científica”. Questões “relativas a problemas intrinsecamente relevantes” não só para ele, mas também para muitos jovens que têm interesse em uma carreira científica.
- 2) Poder conhecer os processos mentais de aprendizagem e descoberta nos ajudaria a ter maior acesso às estratégias de justificação do conhecimento, ou seja, deixaria tais processos explícitos ao se traçarem todos os caminhos cognitivos pelas quais o sujeito passou até atingir seu resultado final.¹⁸⁵ Wigner acredita que isso seria de grande importância para o trabalho coletivo e para a adaptação do cérebro humano frente aos grandes desafios intelectuais impostos pelo estado atual da ciência. “Se um grupo de pesquisa é completamente eficaz, isto também dependerá de uma profundidade bem maior na compreensão das funções da mente humana da que nós temos agora.” (1950, p.221)

Os textos de 1950, 1964, 1972a, 1977a, 1977b, 1981 e 1983 (mas, principalmente, o de 1974 e aqueles referentes à parte III – Consciousness – do livro *Philosophical Reflections and Syntheses*) mostram de que forma o estudo da mente foi algo que Wigner defendeu como essencial para pesquisas futuras. E que seu interesse fixo na consciência e percepção dentro de uma abordagem naturalista da mente foi algo quase contínuo em sua vida.

Na época em que Wigner escreveu a maior parte de seus textos filosóficos, ele acreditava que estávamos muito longe de construir um projeto unificador de investigação da consciência. Por isso, ele afirmou: “Nós sabemos pouco, mas muito pouco mesmo, das propriedades e funcionamento da consciência a fim de podermos propor uma filosofia com base científica” (Wigner, 1964a, p.188). Esta constatação é desanimadora para Wigner, mas a mesma também seria para Quine que defendeu em alguns de seus textos o caráter empírico da epistemologia (e da psicologia) (Quine, 1969, p. 82-83 [*apud* Feldman, 2008], e 1975, pp.162-175).

¹⁸⁵ Para Wigner este processo de justificação seria de grande valia para entendermos melhor o papel da mente no colapso da função de onda. Ele diz: “...a theory of our consciousness would provide the description of our observation process and the now mysterious ‘collapse of the state vector’, i.e., it would tell us about the ‘measurement process’ which permits us to verify the probabilistic statements of quantum mechanics on the outcomes of observations or statements of quantum mechanics on the outcomes of observations or measurements” (Wigner, 1979, p. 283).

Não obstante, Wigner parecia bem satisfeito com o grau de compreensão fenomênica que a teoria freudiana tinha trazido à humanidade em relação à *psique* e, diferentemente de Quine, ele não defendia que a epistemologia seria apenas “um capítulo da psicologia”. Porém, ele sente falta do domínio do tipo empírico, semelhante àquele que a Física tem referente aos fenômenos da luz e suas interações com a matéria. Ou seja, sente falta de uma compreensão das relações invariantes entre os fenômenos naturais. Em outro artigo¹⁸⁶ ele chega a defender que, em sua época, existiriam apenas dois caminhos para se poder estudar a natureza da mente empiricamente. Uma era através da observação do comportamento e do desenvolvimento de crianças desde o seu nascimento, e o outro caminho seria pela “descoberta de fenômenos... no qual a consciência modificasse as leis comuns da Física.” Wigner irá se ocupar mais de perto deste segundo caminho e é neste espírito que ele propõe sua interpretação mentalista para o problema da medição na Mecânica Quântica. Uma interpretação que explica a quebra da sobreposição quântica de um estado emaranhado (sistema a ser medido + aparato experimental) no processo da medição através da interação da mente do observador com o aparelho de medida.¹⁸⁷

Por fim, queremos ressaltar que a grande diferença entre o texto de 1950 e os posteriores, que Wigner escreveu sobre os limites da ciência do pós-guerra, foi sua maior ênfase no desafio de se equacionar duas preocupações que estão atreladas ao prazer e ao processo criativo necessários ao labor científico. Sua maior preocupação com a era da *Big Science* é que sua forma de trabalho coletivo possa suprimir a criatividade do indivíduo. Tal criatividade é vital para a ampliação ou avanço do “edifício” científico. Para Wigner, só um exemplo basta, o peso de um personagem como Planck e seu trabalho que lançou as sementes para a primeira virada da Física no século XX. Para ele, apesar de não descartar a possibilidade de haver mudanças substanciais através de ações coletivas, grandes mudanças conceituais vêm, em muitas ocasiões, através do trabalho de um ou de poucos indivíduos. Isto o leva a concluir que os limites impostos pelo espírito científico no contexto da *Big Science* são aqueles que se impõem ao indivíduo cientista. Os projetos de investigação de interesse particular devem ser submetidos aos grandes projetos feitos por um grande grupo de cientistas. Ainda em seu *review*, talvez Pais não tenha compreendido muito bem a razão que levou Wigner a afirmar que “é verdade que muitos jovens são atraídos pelas grandes

¹⁸⁶ *The Place of Consciousness in Modern Physics*, 1995 [1972], p.265.

¹⁸⁷ Tese de London & Bauer presente nos artigos de Wigner (1961 e 1963).

máquinas da *Big Science* e que é difícil resistir à promessa de sucesso fácil oferecido por estas máquinas” (Wigner, 1967, *apud* Pais, 1967, p. 912). No entanto, acreditamos que o melhor contexto para se compreender corretamente este termo “sucesso fácil” está relacionado à satisfação e prazer assinalado anteriormente nesta seção, e não, necessariamente, ao grau de dificuldade do trabalho em si, como Pais parece interpretar a declaração de Wigner.

Uma segunda virada já está a caminho, e para ele, esta ocorrerá quando a Física derrubar as barreiras que a impeçam – uma destas barreiras seria o materialismo dialético – de se voltar para o interior do ser vivo e começar a lançar as bases de uma nova física que possa abarcar os fenômenos mentais e da consciência. Tal empreitada científica poderá trazer um renovado interesse dos jovens pela pesquisa e aumentar o prazer no labor científico, mesmo para aquele pesquisador que está no pleno anonimato dos grandes laboratórios, engolido por uma grande coletividade.

Antes de finalizar gostaríamos de fazer mais um comentário adicional quanto à relação que Wigner tinha com o materialismo quando se refere aos fenômenos mentais. Em seu artigo de 1961 ele expressa aquilo que quer dizer quando utiliza esta palavra: “...pode-se perguntar como o materialismo, a doutrina que ‘a vida pode ser explicado por uma combinação sofisticada de leis físicas e químicas,’ poderia ser, por tanto tempo, aceita pela maioria dos cientistas” (Wigner, [1961, p.177], 1995, p.253). Dessa forma a consciência seria apenas um epifenômeno do cérebro, ou seja, ela seria parte de fenômenos mentais que seriam causados apenas por eventos físicos, mas não teriam qualquer tipo de influência sobre o físico (Robinson, 2009). Wigner nutre uma visão bem estreita sobre o que significa o termo materialismo, para ele, esta visão filosófica está muito comprometida com descrições pré-quânticas dos fenômenos naturais. Ele defendia que o materialismo não seria a epistemologia que deveríamos defender partindo do estado atual das ciências físicas e, muito menos ainda, de seus novos desenvolvimentos. Podemos citar mais um exemplo de como Wigner enxergava o materialismo, e neste caso ele especifica a qual tipo de materialismo se refere:

Parece-me, portanto, que a física atual, muito mais abrangente do que foram as primeiras teorias físicas, ainda é incompleta: esta ainda descreve apenas uma situação limite em que a vida não desempenha nenhum papel. Esta conclusão é, sem

dúvida difícil de engolir para aqueles que foram ensinados, por algum cientista-filósofo familiar apenas com a pré-física quântica macroscópica, que as leis físicas que regem o Universo, que o comportamento de homens e animais pode ser completamente descrito caso o conhecimento dos objetos inanimados esteja disponível. A conclusão que eu mencionei [de que a Física atual descreve apenas uma situação limite] é contrária ao materialismo dialético e isto é motivo suficiente para que alguns não gostem dele (Wigner, [1977], 1995, p. 591).¹⁸⁸

Do ponto de vista ético, Wigner sabe que o domínio da mente pode trazer os mesmos riscos trazidos pelo domínio do DNA (ainda uma tímida promessa em sua época) e da energia atômica, porém nenhum destes riscos impediram de alcançarmos o grau de compreensão que hoje temos de tais fenômenos ou entidades.¹⁸⁹ Ele afirmará:

É natural perguntar se é desejável para nós cientistas discutirmos tais questões. Eu acredito que sim. Primeiro, se nós não as trouxermos à tona, outros o farão, e suas discussões, que talvez não sejam de forma tão dócil, não nos acharão tão despreparados. O mais importante, como foi dito acima, [é que] nós temos uma responsabilidade moral de tentar visualizar os efeitos de nossos empreendimentos (Wigner, 1967b, p. 271).¹⁹⁰

Finalmente, apesar de Wigner não oferecer uma solução para o grande desafio de se estimular a existência integrada do trabalho científico individual e do trabalho coletivo no contexto da *Big Science*, este crê que a extensão do domínio da Física em direção aos fenômenos mentais pode pelo menos ser um bom estímulo àqueles que querem se ocupar da Ciência das próximas décadas - seja dentro do domínio coletivo ou individual.

3.3 - Conclusão Geral

O objetivo deste capítulo foi complementar certos aspectos do pensamento de Wigner que não foram aprofundados no capítulo 2. Assim, pôde-se caracterizar ainda mais

¹⁸⁸ Texto original: “It seems to me, therefore, that present physics, vastly more encompassing as it is than earlier physical theories, is still incomplete: it still describes only a limiting situation in which life plays no role. This conclusion is surely difficult to swallow for those who were told, by some scientist-philosopher familiar only with macroscopic pre-quantum physics, that the physical laws rule the universe, that the behavior of men and animals can be fully described if a knowledge of inanimate objects is available. The conclusion I mentioned is contrary to dialectical materialism and this is enough reason for some dislike it”

¹⁸⁹ *The Problems, Future and Limits of Science*, 1977.

¹⁹⁰ Fragmento original: “It is natural to ask whether it is desirable for us scientists to discuss these questions. I believe so. First, if we do not bring them up, others will, and their discussion, which may not be always kind, should not find us unprepared. More importantly, as was said above, we have a moral duty to try to visualize the effects of our endeavor.”

o tipo de positivismo defendido por ele. Esboçemos, então, as linhas gerais que dão contorno à Filosofia da Ciência defendida por Wigner e que se encontra dissolvida em seus ensaios filosóficos:

- a) Uma busca constante por uma descrição do mundo (do tipo naturalista) que abarque domínios cada vez mais largos e profundos da Natureza, produzindo uma imagem de mundo (*Weltbild*) cada vez mais coerente e unificada.
- b) O fundamento de qualquer descrição naturalista está na observação de regularidades de um conjunto de fenômenos, e da obtenção de leis gerais de invariância a partir deste conjunto de regularidades.
- c) Uma grande ênfase nos conceitos observáveis da teoria, destacando-os como conceitos primitivos.
- d) Tendência a ter uma postura instrumentalista frente a modelos explicativos que não estão fundamentados diretamente sobre observáveis.
- e) As Ciências evoluem a partir de modelos teóricos que exploram todo o potencial explicativo e interpretativo da Teoria.
- f) Não existe mais espaço na Ciência Moderna para qualquer descrição dos fenômenos naturais de tipo determinístico laplaciano.

As afirmações abaixo se estabelecem em bases menos sólidas que as anteriores. Isso significa dizer que não achamos que os textos de Wigner foram muito claros em relação a estas posições (g), ou que não temos certeza se ele as assumiu plenamente (h).

- g) As Ciências Naturais se diferenciam da Filosofia, basicamente, devido aos seus pontos de partida (a ciência parte dos conceitos observáveis) e do modo de abordagem; os das Ciências Naturais se encontram em (b) e em (c).
- h) A realidade dos conceitos físicos pode ser matizada a partir de uma realidade absoluta (aqueles que partem de dados diretos dos sentidos ou de um processo de medição unívoco e bem definido) até a uma realidade relativa (onde sua existência está atrelada a sua utilidade no processo de cálculo teórico para produzir previsões dos resultados experimentais).

Acreditamos que estas idéias sistematizadas acima representam significativamente as posturas filosóficas e declarações deixadas por Wigner em seus escritos que partem de década de 1950 ao final da década de 1970.

Esta dissertação buscou mostrar também que Wigner estava mais interessado em salvar a objetividade na descrição dos fenômenos físicos transpondo a linha de separação entre o sujeito e o objeto até a sua última fronteira, localizada nos limites da consciência. Isto era mais importante do que se preocupar com descrições realistas de teorias ou de entidades físicas. Estas últimas apareceram de forma secundária em sua argumentação.

Costurar as idéias presentes em dezenas de artigos, escritos em um intervalo de tempo que chegou próximo de trinta anos, foi o nosso maior desafio. No decorrer de nossa análise, percebemos que a profundidade das reflexões filosóficas feitas por ele é variada, pois este não dialogou tanto com a história dos debates filosóficos, por isso sua análise às vezes se aproxima do superficial e do senso comum. No entanto, o mesmo não ocorreu quando Wigner enfrentou as limitações da Teoria da Medição Quântica e do papel dos princípios de invariância nas teorias físicas. Em relação a estes temas ele recorreu à história da Física e de seus fundamentos e buscou dialogar com as principais escolas filosóficas de sua época.

Com efeito, Wigner sempre incentivou o uso da especulação dentro dos muros da ciência e fora deles, porém ele sempre utilizou regras bem claras para guiar estas especulações, um exemplo disso foi sua relutância em aceitar colocar a interpretação de Everett no conjunto das interpretações possíveis a serem aplicadas na Mecânica Quântica. Neste momento a intervenção de Shimony foi crucial a fim de convencê-lo¹⁹¹. E foi este espírito aberto para entrar e promover debates, para trabalhar em cooperação e para rever suas próprias idéias que o tornou tão extraordinário entre seus pares.

Por fim, apresentamos aqui um físico que ajudou a empurrar as fronteiras de sua disciplina e que, através de seus ensaios filosóficos, trouxe novos elementos de reflexão à Filosofia da Física (tais como: os princípios de invariância ou simetrias e o papel da consciência - ou, posteriormente, do ambiente - como um exemplo de *caso limite* na Física). Um físico que constantemente esteve preocupado em tornar acessível, a um público diversificado, os desafios enfrentados nas fronteiras da sua disciplina, não somente para desafiar seus pares, mas porque acreditava que contribuições significativas à Física poderiam vir, também, do campo da Filosofia (Wigner, 1969a, *passim*). No entanto, este e outros exemplos nos mostram que seu foco central era o desenvolvimento da Ciência e não

¹⁹¹ Carta enviada de Shimony para Wigner no dia 17 de maio de 1963, *WP*, coll. CO742, box. 85/2. Carta enviada de Wigner para Shimony no dia 24 de maio de 1963, *WP*, coll. W742, box. 94/1.

tanto a produção e aprofundamento filosófico. Isso parece óbvio, dada a sua formação e atuação profissional, mas, também, não nos impede a tomar o caso de Wigner como um bom exemplo de um influente físico que, mesmo em um período sem crise de paradigma, se voltou, também, à Filosofia.

Bibliografia

- Abrantes, P. C. *Imagens de Natureza, Imagens de Ciência*. Coleção Papirus Ciência. Papirus. Campinas, SP, 1998.
- Atmanspacher, H. "Quantum Approaches to Consciousness". *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2006 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/win2006/entries/qt-consciousness/> . Visitada em 03 de Junho de 2008.
- Bass, Ludvik. The Mind of Wigner's Friend. *Hermathena: A Dublin University Review*, nº 112, (1971) pp. 52-68.
- Bierman, Dick J. Does Consciousness Collapse the Wave-Packet? *Mind and Matter*, vol. 1(1), 2003.
- Bispo, W. F. O. *Sobre a cultura material dos primeiros testes experimentais do teorema de Bell: uma análise dos instrumentos (1972-1982)* - dissertação apresentada para a conclusão do mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências – UFBA/UEFS, 2009.
- Bochenski, J. M. A fenomenologia de Edmund Husserl. Tradução de Antônio Pinto de Carvalho, in *A Filosofia Contemporânea Ocidental*, Herder, 1968. [Disponível no site: <http://www.consciencia.org/husserlbochenski.shtml> (visitado no dia 03 de Abril de 2008).]
- Brading, Katherine, Castellani, Elena, "Symmetry and Symmetry Breaking", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2008 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/symmetry-breaking/>.
- Brandt, Howard E. 2002. "Deconstructing Wigner's Density Matrix Concerning the Mind-Body Question". *Foundations of Physics Letters* 15, nº 3: 287-292.
- Bridgman, P. W. (1936). The Nature of Physical "Knowledge". In Friedrich, L. W., *The Nature of Physical Knowledge*. Indiana Univ. Press, Bloomington, 1960.

- Brinkman, J. *Conference on the Foundations of Quantum Mechanics*. Xavier University: Physics Department. Cincinnati, October 1-5, 1962.
- Chang, Hasok, "Operationalism". *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2009 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/operationalism/>.
- Chibeni, S. S. *Aspectos da Descrição Física da Realidade*. Coleção CLE, Volume 21. Campinas: CLE-UNICAMP, 1997.
- d'Espagnat, Bernard. Consciousness and the Wigner's Friend Problem. *Foundations of Physics*, Vol. 35, No. 12, 2005.
- Emch, Gérard G. An annotation to *Philosophical Reflections and Syntheses*. Edited by Jagdish Mehra and Arthur S. Wightman. Reprint of the 1995 original [*The collected works of Eugene Paul Wigner. Part B. Historical, philosophical and socio-political papers. Vol. VI*, Springer, Berlin, 1995]. Springer-Verlag, Berlin, 1997, pp. 1-28.
- _____. Models and the dynamics of theory-building in physics. Part I—Modeling strategies. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 38 (2007), p. 558–585.
- _____. On Wigner's different usages of Models. *Proceedings of the Wigner Centennial Conference*, Hungary, Pécs, 2002, p. 59-1 a 59-4.
- _____. The philosophy of Eugene P. Wigner. *In Classical and Quantum Systems* (Goslar, 1991), World Sci. Publishing, River Edge, NJ, 1993, p. 2-8.
- _____. (ed). *Foundations of quantum mechanics - Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi"*. Academic Press, London 1971.
- Esfeld, Michael. Wigner's View of Physical Reality. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 30B: 145-154. 1999.
- Feldman, Richard, "Naturalized Epistemology", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2008 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/epistemology-naturalized/>.

- Feyerabend, P. *Realism, Rationalism, and Scientific Method: Philosophical Papers, Volume 1*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- Freire Jr, O. *David Bohm e a controvérsia dos quanta*. Coleção CLE, Volume 27. Campinas: CLE-UNICAMP, 1999.
- _____. “O debate sobre a imagem da ciência - a propósito das idéias e da ação de E.P. Wigner”. In: SANTOS, Boaventura de Sousa. (Org.). *Conhecimento Prudente para uma Vida Decente: Um discurso sobre as ciências Revisitado*. São Paulo: Edições Cortez, 2004b, pp. 481-506.
- _____. The Historical Roots of 'Foundations of Quantum Physics' As a Field of Research (1950-1970). *Foundations of Physics*, 34(11), pp. 1741-1760, 2004a.
- _____. Orthodoxy and Heterodoxy in the Research on the Foundations of Quantum Physics: E.P. Wigner's Case. In: SANTOS, Boaventura de Sousa. (Org.). *Cognitive Justice in a Global World: Prudent Knowledges for a Decent Life*, Lexington Books, Lanham, MD, pp. 203-224, 2007.
- _____. “Philosophy Enters the Optics Laboratory: Bell’s Theorem and its First Experimental Tests (1965-1982)”. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 37, 577-616, 2006.
- Freire Jr., O. & Freitas, F. H. de Alencar. Uma controvérsia Octogenária. *Scientific American Brasil*, Coleção Gênios da Ciência, Edição Quânticos: os homens que mudaram a Física, São Paulo: Duetto editorial, 2006.
- Freitas, F. H. de Alencar. *Os estados relativos de Hugh Everett III: uma análise histórica e conceitual*. Dissertação de Mestrado defendida no Programa de Pós-graduação de Ensino, História e Filosofia das Ciências (UFBA-UEFS). Salvador, Bahia. 2007.
- French, S. “A phenomenological solution to the measurement problem? Husserl and the foundations of quantum mechanics”. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 33(3), 467-491, 2002.

- Hacking, I. *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- Hall J., Kim C., McElroy B., and Shimony A. Wave-Packet Reduction as a Medium of Communication. Commented reprint of Hall et al. (1977) in A. Shimony, *Search for a Naturalistic World View, Vol. II*, Cambridge University Press, Cambridge (1993): 323–331.
- Hellman, H. *Grandes debates da ciência. Dez das maiores contendas de todos os tempos*. São Paulo, Editora UNESP, 1999.
- Heelan, Patrick. The Phenomenological Role of Consciousness in Measurement. *Mind and Matter*, 2004, 2 (1): 61-84.
- Hargittai, I. *The Martians of Science-Five Physicists Who Changed the Twentieth Century*. Oxford, Oxford University Press, 2008.
- Jammer, M. *The Philosophy of Quantum Mechanics – The Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*. John Wiley & Sons, New York, 1974, pp. 471-507.
- Kragh, H. *Quantum Generations: A History of Physics in the Twentieth Century*. Princeton University Press, p. xi-xiv, 2002.
- Kuttner, Fred. Response to Nauenberg's "Critique of Quantum Enigma, Physics Encounters. *Found. of Phys.* (2008) 38: 188–190.
- Kim Y. S. *Wigner's Sisters*. From the preface of the *Proceedings of the 4th International Wigner Symposium*, edited by N. M. Atakishiyev, T. H. Seligman, and K. B. Wolf. World Scientific, Singapore, 1996.
- London, F. and Bauer, E. *La théorie de l'observation en mécanique quantique*. Hermann et Cie, Paris, 1939.
- Mancosu, Paolo, "Explanation in Mathematics", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2008 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2008/entries/mathematics-explanation/>.

- Margenau, Henry. *The Nature of Physical Reality*, McGraw-Hill Book Co., New York, caps. 4 – 5, 1950.
- Marin, J. Miguel. ‘Mysticism’ in quantum mechanics: the forgotten controversy. *Eur. J. Phys.* 30 (2009) 807–822.
- Martins, Roberto de A. Visão operacional de conceitos e medidas físicas. *Revista de Ensino de Física*, 4: 57-84, 1982.
- Mehra, J. “Eugene Paul Wigner: Aspects of His Life, Work, and Personality.” *In: The Golden Age of Theoretical Physics*. Vol. 2, Singapore: World Scientific, 2001.
- Menskii, M. B. Concept of consciousness in the context of quantum mechanics. *Physics – Uspekhi (Russian Academy of Sciences)*, 2005, 48 (4) pp. 389 - 409.
- Mould, Richard A. Consciousness and Quantum Mechanics. *Foundations of Physics*, Vol . 28, No. 11, 1998.
- Nauenberg, M. Critique of “Quantum Enigma: Physics Encounters Consciousness”. *Found. Phys.* vol. 37: 1612–1627, 2007.
- Osnaghi, Stefano. A Dissolução Pragmático-Transcendental do “Problema da Medição” em Física Quântica. *Cadernos de história e Filosofia da Ciência*, Campinas, Série 3, v. 15, n.1, p.79-125, jan-jun 2005.
- Pais, A. Review: Physics, Life, and the Mind. *Science*, New Series, Vol. 157, No. 3791, (Aug. 25, 1967), pp. 911-912.
- Papineau, David, "Naturalism", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2007 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/spr2007/entries/naturalism/> . Visitada em 29 de março de 2008.
- Paty, Michel. *A matéria roubada*. São Paulo: Edusp, 1995.
- Pessoa Jr. O. A Classificação das Diferentes Posições em Filosofia da Ciência. *Cognitio-Estudos: Revista Eletrônica de Filosofia*, São Paulo, Vol. 6, nº 1, jan/jun, 2009.

- _____. *Conceitos de Física Quântica: volume 1*. Editora Livraria da Física. São Paulo, 2003.
- _____. *Conceitos de Física Quântica: volume 2*. Editora Livraria da Física. São Paulo, 2006.
- _____. O Sujeito na Física Quântica. In Oliveira, E. C. *Epistemologia, Lógica e Filosofia da Linguagem – Ensaio de Filosofia Contemporânea, vol. 1*. NUPES – UEFS, Feira de Santana, 2001.
- Poincaré, H. *A Ciência e a Hipótese*. 2ª ed., trad. M.A. Kneipp, Ed. Universidade de Brasília, 1988.
- Putnam, H. Comments on the Paper of David Sharp. *Philosophy of Science*, Vol. 28, No. 3, Jul., 1961.
- _____. Comments on Comments on Comments: A Reply to Margenau and Wigner. *Philosophy of Science*, Vol. 31, No. 1, (Jan., 1964), pp. 1-6.
- Quine, W. Epistemologia Naturalizada. In Ryle, Austin, Quine & Strawson. *Coleção Os Pensadores*, 1.ed. São Paulo: Abril Cultural, 1975.
- Rédei, Miklós. John Von Neumann on Mathematical and Axiomatic Physics. in *The Role of Mathematics in Physical Sciences: Interdisciplinary and Philosophical Aspects*. G. Boniolo, P. Budinich and M. Trobok (eds.) Springer, Dordrecht, 2005, pp. 43-54.
- Redhead, M. *From Physics to Metaphysics*. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
- Roman, P. Book Review: Eugene Paul Wigner. *The Collected Works of Eugene Paul Wigner*. Preface by Jagdish Mehra and Arthur S. Wightman. 8 volumes. Berlin/New York: Springer-Verlag. *Isis*, Vol. 91, No. 1, (Mar., 2000), pp. 190-192.
- Scientific American Brasil*. “Einstein, o olhar da relatividade”. Série Gênios da Ciência, São Paulo: Duetto Editorial, n.6, 2005.
- Robinson, Howard, "Dualism", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2007 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL =

<http://plato.stanford.edu/archives/win2007/entries/dualism/> . Visitada em 29 de março de 2008.

Santos, Boaventura de S. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. *Estud. Av.*, May/Aug. 1988, vol.2, no.2, p.46-71.

Schrödinger, E. *Mente e Matéria*. In Schrödinger, Erwin. *O que é Vida? O Aspecto Físico da Célula Viva*. São Paulo: UNESP, 1997.

Schweber, Silvan S. "The Empiricist Temper Regnant: Theoretical Physics in the United States, 1920-1950". *Historical Studies in the Physical Sciences*, 17 (1986), pp. 55-98.

_____. "Wigner's Vast Output: Four of the Eight Planned Volumes." *Physics Today*, October, (1996), pp. 65-66.

Shimony, Abner. Reflections on the Philosophy of Bohr, Heisenberg, and Schrödinger, [1983]. Part A: Measurement in Quantum Mechanics, in Shimony, A. op. cit. 1993, pp. 34-47.

_____. Role of the Observer in Quantum Theory, [1963]. Part E: The Mental and The Physical, in Shimony, A. *Search For a Naturalistic World View (Vol. I)*. Cambridge University Press, New York, 1993, pp. 03-33.

_____. Wigner on Foundations of Quantum Mechanics. In: *The Collected Works of Eugene Paul Wigner, Part A – Vol. III, Particles and Fields; Foundations of Quantum Mechanics*. Berlin: Springer, 1997.

Stapp, Henry P. Quantum Theory and the Role of Mind in Nature. *Foundation of Physics* 31, nº 10 (October 2001): 1465-1499.

Stevens, H. "Fundamental physics and its justifications, 1945--1993". *HSPS*, Vol. 34, No. 1: 151-197, 2003.

Stöltzner, M. (1999) "On Various Realisms in Quantum Theory", in M.C. Galavotti and A. Pagnini (eds.), *Experience Reality & Scientific Explanation. Essays in Honor of Merrilee and Wesley Salmon*, Dordrecht: Kluwer, 163-186.

- Szanton, A & Wigner, E. P. The Recollections of Eugene P. Wigner as Told to Andrew Szanton. New York: Plenum Press, 1992.
- Thaheld, Fred H. A Feasible Experiment Concerning the Schrödinger's Cat and Wigner's Friend Paradoxes. *Physics Essays*, vol. 14, nº2, 2001.
- Tisza, László. The Reasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences. In Cohen, R. S.; Horne, M.; Stachel, J.J. (orgs.), *Experimental Metaphysics: Quantum Mechanical Studies for Abner Shimony, Volume One*. Series: Boston Studies in the Philosophy of Science, Vol. 193. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 1997, pp. 213-238.
- _____. Remembering Eugene Wigner and pondering his legacy. *Europhysics News*, (2003) Vol. 34 No. 2.
- von Neumann, J. "Formulation of the Problem" – cap. VI. The Measuring Process, in *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1955. [primeiramente publicado em alemão no ano de 1932: *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*, Berlin: Springer.]
- Wigner, E. P. Invariance in Physical Theory, [1949], in Wigner, E. P. *Philosophical Reflections and Syntheses*, Springer, NY, 1995, pp. 283-293.
- _____. The Limits of Science, [1950], in Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 523-533;
- _____. The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences, [1960], in Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 534-549.
- _____. Remarks on the Mind-Body Question, [1961], in Wigner, E. P. 1995, pp. 171-184.
- _____. The Problem of Measurement, [1963], in Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 163-180.
- _____. Interview with Eugene Paul Wigner, 21 November 1963, conducted by T. S. Kuhn, Sources for the History of Quantum Physics, American Physical Society, Philadelphia, PA.

- _____. Two Kinds of Reality, [1964a], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 33-47.
- _____. The Growth of Science – Its Promise and Its Dangers”, [1967b], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 550-563.
- _____. Are We Machines? *Proceedings of the American Philosophical Society*. Vol. 113, n° 2, April, 1969.
- _____. Epistemology of Quantum Mechanics, [1969b], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 48-54.
- _____. “On Hidden Variables and Quantum Mechanical Probabilities”, *American Journal of Physics*, 38(8): 1005-1009. 1970.
- _____. The Subject of Our Discussions, [1971a], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 199-217.
- _____. The Philosophical Problem, [1971b], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 218-220.
- _____. Questions of Physical Theory, [1971c], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 221-222.
- _____. The Place of Consciousness in Modern Physics, [1972a], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 261-267;
- _____. On Some of Physics` Problems, [1972c], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 578-583.
- _____. Epistemological Perspective on Quantum Theory, [1973a], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 55-71.
- _____. Symmetry in Nature, [1973c], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 382-411.
- _____. Physics and the Explanation of Life, [1974], *in* Wigner, E. P. *op. cit.* 1995, pp. 33-47.

- _____. Physics and Its Relation to Human Knowledge, [1977], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 33-47.
- _____. New Dimensions of Consciousness, [1978a], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 268-273.
- _____. The Problems, Future and Limits of Science, [1978b], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 594-602.
- _____. Events, Laws of Nature, and Invariance Principles. Mimeographed notes, ca. [1980], *in* Wigner, E. P. *Philosophical Reflections and Syntheses*, Springer, NY, 1995, pp. 334-342.
- _____. The Extension of the Area of Science, [1981], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 33-47.
- _____. The Existence of Consciousness, [1982], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 274-280.
- _____. Interpretation of Quantum Mechanics, [1983a], *in* Wigner, E. P. op. cit., 1995, pp. 78-132.
- _____. The Limits of Determinism, [1983b], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 133-138.
- _____. Review of the Quantum-Mechanical Measurement Problem, [1983c], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 225-245.
- _____. The Glorious Days of Physics, [1983d], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 610-615.
- _____. Some Problems of Natural Science, [1986b], *in* Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 616-625.
- _____. *The Recollections of Eugene P. Wigner, as told to Andrew Szanton*, Plenum, New York, 1992.

Wigner, E. P. and Hodgkin, R. A. *Michael Polanyi. 12 March 1891 - 22 February 1976.*
Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society, Vol. 23, (Nov., 1977), pp.
413-448.

Wigner, E. P. and Margenau, H. Comments on Professor Putnam's Comments. [1962], *in*
Wigner, E. P. op. cit. 1995, pp. 31-32.

_____. Reply to Professor Putnam. *Philosophy of Science*, Vol.
31, No. 1, Jan., 1964.

Wigner, E. P., Jauch, J. M. & Yanase, M. M. Some Comments Concerning Measurements
in Quantum Mechanics, [1967], *in* Wigner E. P. op. cit. 1995, pp. 181-188.

Zurek, W. H. Decoherence and the transition from quantum to classical, *Physics Today* 44
(10), 1991.