

## **GUIDO BECK E A TEORIA FÍSICA<sup>1</sup>**

**Antonio Augusto Passos Videira**  
**Departamento de Filosofia/IFCH**  
**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
**Rua São Francisco Xavier, 524, sala 9027B, Maracanã, Rio de Janeiro (RJ),**  
**CEP: 20550-013**  
**e-mail: guto@cbpf.br**

**Resumo:** Este artigo descreve a concepção de teoria física do físico teórico austríaco Guido Beck (1903-1988), bem como as razões que o levaram a defender a tese de que a Mecânica Quântica, em sua versão conhecida como Interpretação de Copenhague, era necessariamente uma teoria científica incompleta, carecendo de posterior desenvolvimento. Para a realização deste objetivo, empregamos artigos científicos, artigos de divulgação científica e cartas escritas por Beck, e que se encontram reunidos no Arquivo Guido Beck, localizado no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Como este trabalho não almeja ser exaustivo, limitamo-nos a apresentar as idéias de Beck, sem compará-las às idéias de outros físicos que também discordaram dos rumos da Física Quântica, bem como optamos por não discutir os detalhes técnicos das propostas do físico austríaco.

---

<sup>1</sup>) Trabalho aceito para publicação em Fundamentos da Física 3 - Simpósio David Bohm, org. O. Pessoa Jr., Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2004.

Apesar de ter sido contemporâneo, testemunha *in loco* e participante ativo – ao menos enquanto pôde atuar nos mais importantes centros de pesquisa em física então existentes entre as décadas de 1920 e 1940 - o físico teórico austríaco Guido Beck (e segundo ele mesmo), nunca concordou completamente com os rumos que a física, mais especificamente com os rumos que a Mecânica Quântica, então em construção e elaboração, tomava. Segundo Beck, e tal como ele escreveu em uma carta enviada em setembro de 1973 ao seu antigo chefe no Instituto de Física Teórica em Leipzig entre 1928 e 1932, Werner Heisenberg, sua discordância com os rumos que a nova mecânica tomava sempre o impediu de contribuir para o desenvolvimento da física do criador do Princípio de Incerteza:

“Damals, in Leipzig, war ich noch sehr unfertig und unreif. Ich habe bei Ihnen sehr viel gelernt wofuer ich Ihnen dankbar war und bin. Aber ich haette damals noch viel mehr lernen koennen und sollen. Es hat mir immer leid getan, dass es mir nicht moeglich war einer wesentlich Beitrag zu Ihrer Physik beizusteuern. Aber bei meiner Struktur und dem aus ihr folgenden Drang zur Anschaulichkeit koennt ich das nicht gelingen.” (O original desta carta encontra-se no Arquivo Heisenberg em Munique.)<sup>2</sup>

Como as palavras acima nos mostram facilmente, Beck sentia-se, cinco décadas depois de ter escolhido a carreira de físico teórico, triste com o fato de sua estrutura (intelectual?, psicológica?, mental?) não ter lhe permitido contribuir de modo essencial e fundamental para a física de Heisenberg, que, entre 1927 e 1942 (aproximadamente), reuniu e chefiou um grupo de jovens e ambiciosos físicos, muitos dos quais deram importantes contribuições para a física daquela época. Entre esses jovens físicos, encontramos nomes como Felix Bloch, Friederich Hund, Rudolf Peierls, Carl F. von Weizsäcker, Eduard Teller, entre muitos outros. Beck sempre soube que o grupo de Heisenberg em Leipzig era excelente e que, muito dificilmente, ele encontraria uma outra oportunidade de conviver e trabalhar com físicos daquela qualidade. Muitos jovens queriam estar no lugar de Beck. Nesse desabafo que fez a Heisenberg, Beck parece nos querer fazer crer que o que o separou daquele tipo de física foi seu instinto (Drang) por intuitibilidade (Anschaulichkeit). Esse instinto teria configurado, de maneira incontornável, a personalidade científica de Beck.

Poucos anos depois de ter escrito a Heisenberg, e por ocasião de uma comemoração do centenário do nascimento de Albert Einstein, Beck afirmou, uma vez mais, sua heterodoxia frente à Mecânica Quântica. O centenário de Einstein em 1979 era uma ocasião apropriada para exprimir pensamentos e sentimentos dessa natureza, uma vez que o criador da Teoria da Relatividade sempre foi considerado como sendo o mais importante adversário da Mecânica Quântica, compreendida de acordo com os princípios científicos e filosóficos propostos por Niels Bohr e seus adeptos, dentre os quais sobressaíam Heisenberg e Wolfgang Pauli. Nessa oportunidade, Beck se expressou da seguinte forma:

---

<sup>2</sup> ) “Naquele tempo, em Leipzig, eu ainda era muito imaturo e cru. Eu aprendi muito com o Senhor, pelo que fui e sou agradecido. Mas, eu deveria e poderia ter aprendido mais. Eu sempre senti bastante não ter dado uma contribuição importante para sua física. No entanto, a minha estrutura e o conseqüente impulso pela intuitibilidade não me permitiram isso.” (A tradução é minha.)

“Creio que temos que encarar esta opinião [...] a nova mecânica permite calcular probabilidades de observação de eventos, ao passo que a observação sempre se refere à ocorrência de um evento que não pode ser identificada com sua probabilidade.”] de Einstein mais seriamente do que se faz hoje em dia no ensino universitário. É um fato que as teorias de Einstein, se bem que não incluam os fenômenos atômicos, sempre representam descrições intuitivas, permitindo associar uma imagem simples aos fenômenos físicos. Esta característica das teorias de Einstein (e das teorias anteriores de Maxwell, Faraday e Newton) não existe na atual teoria quântica e muitos físicos acreditam que se trata aqui de uma propriedade intrínseca, não só da atual descrição teórica, senão dos próprios fenômenos atômicos.” (**A Personalidade de Einstein**, *Ciência e Cultura*, vol. 31, nº 12, 1979, pp. 1427-1433, p. 1431.)

As palavras acima nos mostram, sem dúvida alguma, a importância que Beck concedia às idéias de intuitibilidade e simplicidade, características que, segundo ele, não estariam presentes na descrição quântica dos fenômenos atômicos. Finalmente, entre a carta a Heisenberg e o artigo evocativo do primeiro centenário do nascimento de Einstein, Beck desfrutou de uma terceira oportunidade para tornar público seu descontentamento em relação aos rumos que a física do mundo microscópico tomou depois de 1925. Comemorava-se, então, o septuagésimo aniversário do próprio Beck. Para isso, o Vº Simpósio Brasileiro de Física Teórica, que sempre acontecia no campus da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro desde o final dos anos 1960, foi dedicado à sua pessoa. Vários de seus antigos estudantes e amigos participaram desse evento, realizado em janeiro de 1974. Coube a Beck encerrar esse simpósio, pronunciando uma palestra sobre a sua longa vivência na física. Beck correspondeu ao pedido de seus (mais) jovens amigos e descreveu o desenvolvimento da física teórica entre 1921, ano em que ingressou na Universidade de Viena, e maio de 1943, quando desembarcou no porto de Buenos Aires, à procura de tranquilidade e estabilidade para dedicar-se àquilo que mais gostava de fazer: física. Como não poderia deixar de ser, já que se tratava de um relato auto-biográfico, Beck comentou seu período em Leipzig e as dificuldades (que se mostraram insuperáveis) que teve que enfrentar para se integrar completamente ao grupo de Heisenberg. As palavras que usou foram as seguintes:

“If I had come to Leipzig just to learn what the actual problems of physics were, I would probably have participated as enthusiastically as most of the others. However, I had come with, though very incomplete, previous knowledge of a few basic problems and felt puzzled about them. And I had learned how Einstein had solved such basic problems. What I had hoped was that in Leipzig the questions which puzzled me would be answered or that, at least, I would find some help on how to try to answer them. Instead, I was just told that those questions should not be asked. I felt increasingly unhappy. I would have been quite satisfied, if I could have found that I made some very basic mistake but my feeling told me that my way of looking at things was quite natural and that the trouble must have been some place else, though I did not know where it was.” (**Aspects of Physics during the last fifty years**, In *Vth Brazilian Symposium on Theoretical Physics*, edited by Erasmo M. Ferreira, Editora ao Livro Técnico, vol. 3, pp. 219-233, 1975, p. 224.)

Ainda que não seja (obviamente) nosso propósito duvidar das palavras de Beck, pessoa reconhecida como absolutamente íntegra e correta por todos aqueles

com quem ele conviveu ao longo de seus sessenta anos de carreira, cremos que suas palavras, concretizadas nas três declarações acima, não explicam completamente sua “impossibilidade” de contribuir para a edificação da nova mecânica quântica. Muitos anos depois de sua morte, ocorrida em outubro de 1988 na cidade do Rio de Janeiro, Beck era lembrado por Nicim Zagury, um antigo aluno da Faculdade Nacional de Filosofia da antiga Universidade do Brasil, como tendo sido um físico clássico. Se essa caracterização de Beck for correta, tal como procuraremos sugerir ao longo deste artigo, ele nunca poderia ter contribuído para a física de Heisenberg.

Apesar de serem exemplos eloqüentes e sinceros de sua carreira como cientista, a qual foi, sob muitos aspectos importantes, bem sucedida, o que nos leva a imaginar que Beck foi excessivamente rigoroso consigo próprio, as declarações acima não nos explicam o que na Mecânica Quântica incomodava Beck e qual foi a solução que ele propôs para tentar solucionar essas dificuldades. O que elas nos permitem perceber com clareza, é que o estilo de fazer física de Beck era muito diferente daquele usado por Heisenberg, sendo mais próximo do de Einstein, provavelmente sua maior influência científica.

As citações acima nos dão a entender que Beck, logo que começou a conviver com a recentemente formulada Mecânica Quântica e com o grupo que a criou, percebeu que ele era “inadequado” para fazer aquele tipo de física. Em suas críticas aos fundamentos da Mecânica Quântica, físicos importantes no século XX, como Einstein, E. Schroedinger, Louis de Broglie e David Bohm, entre outros, que procuravam mostrar a necessidade de se encontrar outras bases sobre as quais deveria ser assentada a física do mundo microscópico.

É bom que se diga que Beck estendeu suas críticas também à Eletrodinâmica Quântica, uma vez que esta não conseguiu explicar o fenômeno da emissão e absorção de fótons e outras partículas. Em Praga, para onde seguiu em 1932, Beck, em colaboração com seu estudante Kurt Sitte, propôs um modelo explicativo para o decaimento beta, pouco tempo depois superado pela versão relativística proposta por Enrico Fermi (**Zur Theorie des  $\beta$ -Zerfalls**, *Physikalische Zeitschrift*, vol. 34, 1933, pp. 627-630; **Conservation Laws and  $\beta$ -Emission**, *Nature*, vol. 132, 1933, p. 967;  **$\beta$ -Emission of Positive Electrons**, *Nature*, vol. 133, 1933, p. 722 e **Bemerkung zur Arbeit von E. Fermi: “Versuch einer Theorie der  $\beta$ -Strahlen”**, *Zeitschrift für Physik*, vol. 89, 1934, pp. 259-260.). Beck, segundo seu próprio depoimento não ficou desapontado por ver seu modelo abandonado; o que o incomodou foi:

“I felt that I had found a few features of a phenomenon which permitted a partial description of it but I had expected to be able to understand the mechanism of an emission process. And I felt that I had not been able to understand the emission process of a  $\beta$ -electron, just as I could not understand the emission process of a photon.” (Beck, op. cit., pp. 226-227)

O fenômeno da emissão e absorção de fótons foi, muito provavelmente, a questão científica que mais reteve o interesse de Beck ao longo de toda sua carreira. Por diversas vezes, ele tentou encontrar modelos físicos capazes de explicar esse fenômeno. Trinta anos depois do seu trabalho com Sitte, Beck publicou um artigo em *Il Nuovo Cimento* (**Quantum Theory of the Emission Process**, vol. 1, série 10, pp. 70-81, 1955) que examina justamente esse problema.

Com o passar dos anos, o descontentamento de Beck foi crescendo, do mesmo modo como crescia seu isolamento, ou distanciamento, em relação aos principais centros de física da época. A partir do final dos anos 1930, Beck, em parte devido às instabilidades políticas e sociais que assolavam a Europa Central, região à qual ele sempre esteve profundamente ligado, teve que trabalhar em lugares menos avançados cientificamente do que a Alemanha, a Dinamarca e a Inglaterra, alguns dos países em que atuou até à eclosão da Segunda Grande Guerra. Se, por um lado, Beck não pôde acompanhar com a velocidade necessária as novas descobertas feitas na física -- a literatura (revistas) ou era inexistente nas bibliotecas das universidades em que trabalhava ou sempre chegava com atraso -- ele, por outro lado, pôde amadurecer e desenvolver suas idéias sobre os fundamentos da física. Em outras palavras, Beck, entre os anos de 1940 e 1946, dedicou-se, como nunca mais o fez em toda sua carreira, a tentar encontrar as razões que, segundo ele, poderiam explicar sua insatisfação em relação aos fundamentos da Mecânica Quântica e de algumas de suas aplicações.

Uma das características interessantes das tentativas feitas por Beck é que elas foram, não apenas científicas, mas também filosóficas. Até então, Beck parecia, a julgar por seu currículo e pelo depoimento de Havas (Peter Havas, **The Life and Work of Guido Beck: The European Years: 1903-1943**), *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 67, Suplemento 1, 1995, p. 13), não conceder nenhuma importância à filosofia. Esta parece ter-se imposto a ele na medida em que as críticas de Beck eram direcionadas a problemas de fundamentos, os quais exigem uma grande clareza conceitual. Essa clareza conceitual é, muitas vezes, conquistada por meio de definições rigorosas e precisas. Beck estava consciente dessa situação, como fica claro na monografia que escreveu sobre teoria quântica e publicada em 1942, durante sua estada em Portugal. Essa incursão de Beck pela filosofia foi única e não deixou maiores rastros em sua carreira científica, uma vez que se limitou à publicação de apenas um artigo, ainda que na prestigiosa revista americana *Philosophy of Science*. No campo da física, Beck não interrompeu seu trabalho em prol do desenvolvimento de suas idéias. Uma das características mais marcantes da personalidade de Beck era a obstinação. Essa obstinação sempre esteve presente, levando-o a nunca desistir de apresentar e defender suas idéias, mesmo que ele não se sentisse completamente satisfeito com elas.

Neste artigo, vamos nos limitar a apresentar as idéias que Beck expôs na década de 1940, época, em nossa opinião, que representou o ápice da sua insatisfação com os rumos da física. Durante a década de 1940, Beck viveu em três países diferentes: França, Portugal e Argentina. Em todos eles, ele deixou rastros de suas idéias, bem como em revistas americanas. Foi durante o período em que passou confinado num campo, organizado pelos franceses na região dos Pirineus, durante a Segunda Guerra Mundial, já que era cidadão austríaco e, portanto, inimigo da França, que Beck pensou ter compreendido as razões mais profundas que o levavam a permanecer insatisfeito com uma parte considerável da física de seu tempo. De certo modo, em todos os artigos e monografias que publicou na década de 1940 -- e mesmo décadas depois -- e que tratavam desse seu descontentamento, Beck repetiu, com termos e conceitos muito próximos, as idéias que teve em Nivel, cidade próxima aos Pirineus franceses e onde estava localizado seu campo de internamento.

Em janeiro de 1974, Beck dedicou um espaço importante de seu relato autobiográfico para descrever o que havia descoberto em Rivel e que seria a razão de sua insatisfação. Vejamos como ele mesmo descreveu esse evento:

“Then, suddenly, in Rivel, I understood why I had felt so unhappy about physics, why quantum physics was so different from the physics I had learned from Einstein’s work. I understood what I had expected physics to be, and why I became disappointed. What I had been interested in was the physical picture to be associated to a theory. **A physical picture had to have the same characteristics as any picture.** It was a good picture if it was of pure style, if the artist who drew it had succeeded to express his idea with the indispensable minimum of elements. Physical phenomena were measurements, the result of which could be reduced to units expressible in centimeters, grams and seconds. A physical picture of pure style could, therefore, not contain more than three independent elements, i. e. three universal, independent constants. The pictures which Einstein had used in order to explain physical phenomena were pictures of pure style, they were visualizable, they could be understood. Quantum theory, however, had no unique picture. It used four independent constants:  $e$ ,  $m$ ,  $h$ ,  $c$ , i. e., it used one redundant constant. Only in parts of the theory, in domains where only three independent combinations of the four constants were relevant, a picture could appear. If my point of view was correct, I could understand why in quantum theory complementary pictures had to be introduced.

“Of course, what I had found, was no solution of the difficulties with which quantum theory was concerned. Still, I felt it as a relief.” (Beck, **Aspects of physics during the last fifty years**, pp. 229-230. Os negritos são nossos.)

Em Rivel, Beck comunicou sua “descoberta” ao seu amigo e então assistente Peter Havas, o qual, austríaco como ele, também estava confinado naquela região. Havas encontrava-se em Lyon, cidade em que conheceu Beck, e, pelas cartas que lhe mandou, mostrou-se interessado pelas suas idéias. Beck voltou a essa sua descoberta em várias cartas que mandou para Havas durante o período 1940-1946. Aparentemente, a primeira carta de Beck, na qual ele tratou de expor, por escrito, suas idéias a Havas é datada de 13/09/1940. Nessa carta, escrita à mão, Beck escreveu o seguinte:

“Um eine Theorie zu kritisieren, so wie dies Lessing mit Theaterstück tat, braucht man nur die Methoden anzuwenden, die aus der Kunstkrilik bekannt sind. Nur, die Begriffe, die dort durch Worte gekennzeichnet sind, werden bei unseren Problemen quantitativ fassbar.

“Ich brauche dazu die Begriffe “Bild” (d.h. Weltbild oder Bild eines grösseren Erscheinungsgebiete), “Experiment” und “Grad der stilreinheit des Bildes”. Der letztere Begriff ist sehr wichtig für die Physik, er ist durch eine Zahl definiert, nämlich durch die Zahl der unabhängig in die Theorie eingehende universellen Konstanten.” (Agradecemos a Peter Havas por nos ter permitido o acesso às cartas que recebeu de Beck.)<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup>) “Para se criticar uma teoria, tal como Lessing fez com as peças de teatro, precisa-se apenas empregar os métodos que são conhecidos na crítica da arte. Agora, os conceitos, que lá são referidos por palavras, transformam-se, nos nossos problemas, em quantidades.

“Assim, eu preciso dos conceitos de “imagem” (ou seja, imagem de mundo ou imagem de um amplo domínio de fenômenos), “experiência” e “grau de pureza de uma imagem”. O último conceito é muito

Em seu relato sobre a fase européia da carreira de Beck, Havas comenta com as seguintes palavras essa época em que seu amigo e mentor procurava provar que a Mecânica Quântica era uma teoria a ser superada:

“In the same letter [de 13/09/1940], with a correction in the next one written two days later, Guido outlined his newly realized world picture and the degree of purity of style of such a picture: for a theory of relativity this degree is 3, since it needs 3 constants  $e$ ,  $m$ , and  $c$ , for quantum theory it is 4, since it also needs  $h$ . But a pure theory should only have 3, and thus should only need three experiments to determine it fully. The ideas expressed were essentially those he published in his Coimbra lectures in 1942 (A5 = **Introduction à la Théorie des Quanta: I. Le problème de la physique théorique V. La mécanique quantique** (*Separata da Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra*, Tipografia Atlântida, Coimbra, 1942) and in more detail in a later paper written in Argentina (B59 = **Mathematical Formalism and the Physical Picture**, *Philosophy of Science*, vol. 12, 1945, pp. 174-178.), and were his first venture into philosophy of science, which he had looked down upon until then. At the same time I was very impressed by his ideas and considered them to be very original, but later I wondered whether the main idea was significantly different from the motivation of many earlier attempts by others to derive the value of the fine structure constant, which he had spoofed in (B19 = **Bemerkung zur Quantentheorie der Nullpunktstemperatur**, com H. A. Bethe e W. Riezler, *Die Naturwissenschaften*, vol. 19, 1931, p. 39). The parallel he drew between his idea of purity of style of a theory and Lessing's of Greek drama was certainly unique, however.” (Peter Havas, **The Life and Work of Guido Beck: The European Year: 1903-1943**), *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 67, Suplemento 1, 1995, p. 28)

Enquanto esteve no sul da França, Beck não publicou todas suas idéias sobre esses assuntos, começando a fazê-lo a partir do momento em que se encontrou em Portugal, o que ocorreu a partir de dezembro de 1941. Beck se dirigiu para Portugal por duas razões. Em primeiro lugar, ao ir para um país neutro, achava que teria mais chances de retirar sua mãe da prisão. Lucy Beck havia sido presa no final da década de 1930 na então Tchecoslováquia pelos nazistas por ser judia. Beck não conseguiu salvar sua mãe, que desapareceu antes do final da Segunda Guerra. A segunda razão é que Beck ansiava por poder desfrutar de um pouco de tranquilidade. A França estava parcialmente ocupada pelas tropas de Hitler, sendo que seu futuro como país era incerto e nada promissor.

Em termos gerais, as idéias de Beck apontavam para a afirmação de uma continuidade entre a física clássica e a física quântica, o que era radicalmente negado pela interpretação elaborada em Copenhague, poucos anos antes:

“If my point of view was correct, there was no essential difference between microscopic and macroscopic physics, there was nothing of an inadequateness of the human mind to understand atomic phenomena. All what it amounted to was a transitional situation in which the adequate picture to describe those phenomena has

---

importante para a física; ele é definido por um número: o número de constantes universais independentes introduzidas na teoria.” (A tradução é minha).

not yet been found. Of course, this does not mean that physics will come back to the old concepts of macroscopic theory.” (Beck, op. cit., pp. 230-231)

Um ponto nas idéias de Beck que chama a atenção é a comparação que ele em Rivel passou frequentemente a estabelecer entre uma teoria, ou imagem, física e uma peça de teatro. Beck nunca abandonou essa analogia, repetindo-a, por exemplo, no já citado artigo que escreveu sobre Einstein em 1979. Apesar de considerar muito útil comparar a imagem física a uma peça de teatro, Beck nunca apresentou razões para isso. Segundo ele, em ambos os casos, estaríamos lidando com as descrições de certos eventos. A única diferença existente entre esses dois tipos de imagens, e certamente nada desprezível, é que os eventos físicos não podiam ser criados ou modificados livremente pelos cientistas; ao contrário do que se passava com as peças de teatro. Neste último caso, já era conhecido desde o século XII que uma peça deve respeitar algumas exigências, caso ela quisesse ser considerada como satisfatória pelo público. G. E. Lessing, no século XVIII, formulou com precisão essas regras e que determinavam unidade de tempo, unidade de espaço e unidade de ação. Essas regras, segundo Beck, lembravam inclusive a covariância relativística.

Para Beck, as regras de Lessing seriam aplicáveis às teorias físicas, o que aconteceria caso fossem respeitadas as conservações de energia, momento e carga. Essa obrigatoriedade consistiria na mais importante lição a ser aprendida na física de Einstein. O que estava em jogo era que concepção de teoria física sairia vencedora da disputa que as divergências sobre os fundamentos da Mecânica Quântica estabelecera entre Einstein e Bohr:

“Trata-se aqui [Beck comparava as concepções de teoria física defendidas por Einstein e Bohr], portanto, de duas definições diferentes do que deve ser a física teórica. A escolha entre as duas definições é, evidentemente, de importância fundamental para o futuro da física. Os argumentos que se podem apresentar em favor do ponto de vista de Einstein referem-se às constantes físicas fundamentais.” (Beck, **A Personalidade de Einstein**, p. 1433)

Toda a produção intelectual de Beck da década de 1940 e que tratou desse problema, repetiu esses pontos de vista. A bem da verdade, Beck nunca se sentiu completamente satisfeito com essas apresentações. No entanto, essa insatisfação nunca foi suficientemente forte para demovê-lo da certeza última que havia em sua concepção do que deveria ser uma teoria física.

Em Portugal, Beck havia sido contratado temporariamente por meio de uma bolsa de um instituto de investigações científicas: o Instituto de Alta Cultura. Suas atividades de ensino e pesquisa estariam concentradas na Universidade de Coimbra, ainda que se esperasse que Beck desse palestras em outras cidades do país. Em Coimbra, e com a colaboração do físico português Mário Silva, Beck deu um curso introdutório de mecânica quântica e aproveitou essa oportunidade para, talvez pela primeira vez, expor as idéias que tivera em Rivel. No curso, que deu em francês e intitulado **Introduction à la Théorie des Quanta: I. Le problème de la physique théorique V. La mécanique quantique** (*Separata da Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra*, Tipografia Atlântida, Coimbra, 1942), Beck,

já no primeiro parágrafo de seu texto, afirmava sua insatisfação em relação à física de então:

“Les conférences qui suivront auront pour but de vous montrer l'état actuel de la recherche qui s'occupe d'étudier les lois naturelles gouvernant les phénomènes qui nous entourent. Vous verrez, que l'état de cette recherche est toujours imparfait et peu satisfaisant, malgré les résultats parfois étonnants et inattendus qui ont été obtenus.” (p. 5)

Uma característica interessante desse texto é a preocupação em ser didático, o que levou Beck a definir, logo nas primeiras páginas, tudo o que considerava como fundamental para que seus leitores compreendessem o desenvolvimento posterior e que culminaria numa versão nova da eletrodinâmica proposta anos antes pelo físico inglês P. A. M. Dirac. É provável que Beck suspeitasse que, mesmo um público pouco íntimo com as novas teorias físicas, pudesse já ter entrado em contato com essas mesmas idéias. Assim, cabia a ele, que defendia posições diferentes e ainda em processo de elaboração, tentar ser o mais claro possível. Caso contrário, todo seu esforço para estabelecer sua posição e ganhar adeptos para ela poderia estar irremediavelmente comprometido.

Logo em seguida à afirmação acima, Beck afirmava que uma imagem teórica permitiria a classificação dos fenômenos naturais, além de tornar possível a predição, qualitativa e quantitativa, de um resultado de uma medida no domínio dos fenômenos naturais investigados. O objetivo da física teórica seria, assim, descrever o conjunto de fenômenos físicos, os quais são, em última instância, medidas experimentais que podem ser expressas em centímetros, gramas e segundos. Além disso, toda e qualquer imagem física conteria um certo número de constantes. Contudo, uma teoria perfeita dos fenômenos físicos não deveria conter mais do que três constantes essenciais, o que estava longe de ser realidade, ainda que nenhum obstáculo de princípio pudesse se opor à realização do projeto para a física teórica defendido por Beck e que almejava a formulação de uma imagem teórica aplicável ao conjunto dos fenômenos físicos. Naquela época, Beck afirmava que essa imagem era algo a ser alcançado no futuro. O presente era então o seguinte:

“Nous sommes obligés d'utiliser pour une partie des phénomènes des considérations mécaniques, pour une autre partie du même ensemble de phénomènes des considérations d'électrodynamique, considérations dont la synthèse rationnelle n'a pas encore été possible. Cette situation se traduit dans le schéma mathématique de la physique théorique dans un certain nombre de contradictions intrinsèques, dont la solution reste à être trouvée.” (Beck, op. cit., p. 10)

Uma das contradições intrínsecas a que se referia Beck era a teoria do elétron de Dirac. Beck dedicou-se, bastante, nessa época, a esta teoria, procurando compreendê-la. Suas tentativas de resolver os problemas dessa teoria foram apresentados na segunda parte de sua monografia publicada em Coimbra. Poucos anos depois, Beck conseguiu publicar alguns desses resultados em artigos que saíram no *Physical Review* e no *Review of Modern Physics*. Voltaremos, em breve, ao artigo que saiu nesta última revista, já que sua publicação não foi fácil.

Ao mesmo tempo que defendia a tese de que a física possuía uma impressionante capacidade de simplificar e homogeneizar a multiplicidade aparente que envolve os fenômenos que estuda, Beck chamava a atenção para a estreita relação que, do ponto de vista estético, existiria entre uma imagem teórica e uma obra de arte. Nos parágrafos acima, mencionamos a semelhança entre imagem teórica e peça de teatro. Nessa monografia de 1942, Beck generalizou-a de modo a incluir toda e qualquer obra de arte. Ele não apresentou nenhum motivo para essa generalização. Talvez ele quisesse apresentar o núcleo de seu pensamento de um modo mais vigoroso e contundente. Beck apresentou assim a relação entre imagem teórica e obra de arte:

“Un des critères les plus importants de la beauté d'un chef d'oeuvre d'art est la pureté de son style, c'est à dire le degré dans lequel l'artiste a su s'abstenir d'introduire dans son oeuvre des éléments superflus pour exprimer son idée. On voit aisément, que le nombre  $s$  des constantes entrant dans une image théorique mesure immédiatement la pureté du style de cette image. Plus  $s$  est petit, plus le <<style>> de l'image est pur” (p. 8)

Um dos principais objetivos que Beck perseguia com suas idéias relativas à necessidade de se construir uma física pura, ou seja, construir imagens físicas que não usassem mais do que três constantes físicas fundamentais era determinar a verdadeira natureza do elétron. Desde que a teoria do elétron de Dirac foi publicada pela primeira vez em 1928, Beck dedicou-se bastante a ela na tentativa de compreendê-la. Por meio de várias cartas que enviou desde então, e que são confirmadas por declarações posteriores, ele nunca conseguiu aceitá-la plenamente, ainda que sempre nutrisse um profundo respeito pela capacidade científica de Dirac. Beck chegou a publicar um obituário sobre Dirac. (G. Beck, **Morre Dirac, o pai da antimatéria**, *Ciência Hoje*, vol. 3, nº 16, 1984, p. 9). Em 1967, numa entrevista oral, que foi gravada e posteriormente transcrita, concedida a John Heilbron para o projeto Archives for the Quantum History, Beck falou bastante sobre sua reação e a de seus colegas quando tomaram conhecimento da equação de Dirac. Uma de suas declarações nesse sentido, diz respeito à novidade e ao estranhamento causado pelo surgimento dessas equações; há mesmo, nas palavras de Beck, um sentimento de que algo mágico e inexplicável havia se passado com o surgimento das idéias de Dirac:

“Well, the Dirac paper came out and I had to tell about it in the seminar. I didn't understand it very well. The way Dirac's theory became known to us was a very strange thing. We were in Berlin. Houtermans had a letter from Gamow saying that Dirac had found a new equation. He didn't understand very well how they worked, about the non-commutative alphas and so on, and Houtermans didn't understand it very well. Then von Neumann came and looked at the letter that even the author had not understood. Then he took a pencil, wrote the equations down, the commutation relations for the alphas down, put the properties of the alphas down, and wrote out Dirac's equations. I understood it later. I didn't understand it then. It was so quick and so immediate. It was fascinating.” (Depoimento de Beck a Heilbron)

Havas foi um dos principais amigos, colaboradores e correspondentes que Beck teve durante a Segunda Guerra Mundial e logo depois dela. Muitas de suas idéias eram apresentadas e discutidas com Havas, o que mostra a confiança que Beck sentia por este. Beck foi decisivo para que Havas pudesse partir da França para os

Estados Unidos ainda durante a guerra, além de ter procurado, mesmo de longe, ajudá-lo a se estabelecer naquele país, o que incluía encontrar um orientador com o qual Havas pudesse finalizar o trabalho que começara sob orientação de Beck ainda na França, o que acabou por não acontecer, em parte devido às dificuldades de correio causadas pelo conflito mundial. Havas acabou trabalhando com W. Lamb e depois com Fermi. Anos mais tarde, ele foi contratado pela Temple University na Pensilvânia. Um exemplo da confiança que Beck sentia por Havas, e diretamente relacionado às suas idéias sobre a teoria do elétron de Dirac, está na carta que Beck mandou de Córdoba (Argentina) para Havas. A carta está datada de 10 de agosto de 1943, portanto escrita menos de três meses depois da chegada de Beck àquele país:

“I’m very glad that you got my Coimbra lectures. Do have a look at the introduction and at DIRAC’S theory. I have been able to push the problem quite a bit and I have now begun to publish the whole story. Let us hope that there will be no difficulties with Nature and the Physical Review. With the present velocity of correspondence this would, indeed, be too bad. I have transformed the introduction of the Coimbra lectures into an exact proof, that it has no physical sense to say that the electron has a double nature. Bohr will not feel too happy, because his whole philosophy is based on this point. And one can show, how one has to proceed in order to get the correct theory. I hope that the paper will be printed in Nature in September or October. – The mathematical methods to be used in order to find the solution are the ones contained in the chapter on DIRAC’S theory in my Coimbra lectures. I have sent the first part of the paper, dealing with the proper field of the electron, to the Phys. Rev. and I hope that it will appear in September too. Actually I am trying hard to get the third part of the paper fixed. But already the second part looks quite funny: There is no quantum electrodynamics, MAXWELL’S equations are already contained in DIRAC’S equations and come out as a necessary consequence of these. The old interpretation of DIRAC’S equation is completely wrong. I have not yet the complete development of the theory, but things like probability waves, negative energy states, filling up rules etc. seem to have gone for ever. Let us wait and see.” (O original desta carta encontra-se com Peter Havas.)

A confiança que Beck tinha em suas idéias continuou a existir ainda que suas declarações, principalmente as públicas, fossem se tornando, com o tempo, mais comedidas e cautelosas – ele acreditava que essas idéias poderiam resolver alguns dos mais graves problemas que acometiam a física do mundo microscópico. Um exemplo comprobatório dessa confiança é a carta de 01/09/1943 que Beck enviou a Havas e que termina com as seguintes palavras:

“My own calculations advance slowly, but they look quite funny. I know already what a vacuum looks like, but I am trying only now to find out what a photon and an electron “are for things”. You can about imagine how I am swearing about quantum people who were talking for 40 years about photons and electrons knowing what it is.” (O original desta carta encontra-se com Peter Havas.)

Apesar de se mostrar confiante em seu trabalho, o que certamente o ajudou a superar os vários problemas pessoais que enfrentava desde 1939, ano em que se viu obrigado a se distanciar de sua mãe e de sua esposa, ambas as quais permaneceram ambas na Europa, Beck teve dificuldades para publicar seus trabalhos. O artigo que enviou para *Nature* nunca foi publicado, tendo possivelmente se extraviado no

correio. Do trabalho enviado para o *Physical Review* (**Theory of Static Fields I. A Phenomenological Attempt to Determine the Proper Field of an Electron**, *Phys. Rev.*, vol. 64, 1943, pp. 366-375) foi publicado apenas sua primeira parte e cheio de erros de impressão, como Beck escreveu a Havas de Córdoba em 16 de março de 1944. Beck teria ainda uma outra chance de publicar, em uma importante revista, um artigo com suas idéias. A oportunidade era ainda mais interessante por se tratar de um número de *Review of Modern Physics*, organizado por Pauli para comemorar o sexuagésimo aniversário de Niels Bohr. O artigo, que recebeu o título de **Fields Concepts in Quantum Theory** (*Review of Modern Physics*, vol. 17, nos. 2/3, pp. 187-194, 1945), foi publicado apesar de Pauli não ter gostado de seu conteúdo. Pauli transmitiu suas críticas, não muito extensas e feitas de forma rápida, em carta a Beck de 24 de junho de 1945, na qual afirmava que “The content is rather unusual...”, além de faltarem algumas demonstrações para afirmações feitas por este último. No entanto, Pauli, em carta a Buchta, para quem enviou alguns dos artigos que deveriam ser publicados no número comemorativo do aniversário de Bohr, apresentou mais detalhadamente sua opinião sobre o artigo de Beck:

“ This is a somewhat difficult problem. The equations in the paper seem to be formally correct, but the comment on them is rather unusual. The equation (19) contains an adventurous hypothesis which does not seem sufficiently justified. But the question arises how far the censorship of the editor shall go. After I have recommended the rejection of different papers of this same author after conversation with other colleagues, I am induced in this case to recommend the printing. Would you like to ask another physicist beside me, it is a *limiting case*. But it is much clearer written than other works of this author.” (*Wolfgang Pauli Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u.a.*, Band III: 1940-1949, Springer-Verlag, Herausgegeben von Karl von Meyenn, Berlin, 1993, p. 284. Itálicos no original. A equação (19) estabelece o seguinte:  $\mathbf{E} \equiv \{ig\}$ ,  $\mathbf{H} \equiv -\{\beta s\}$ )

No artigo em questão, Beck procurava responder à questão sobre se os conceitos de campo, introduzidos pela eletrodinâmica clássica, deveriam ser considerados como essências para descrever a estrutura microscópica da matéria e da radiação. Em outras palavras, Beck procurava mostrar que os problemas relacionados com a teoria da radiação de Dirac só poderiam ser compreendidos caso fosse possível saber quando e onde os conceitos clássicos de campo poderiam ser usados. Ainda que estivesse consciente de que seu ponto de vista merecia ser mais aprofundado, Beck acreditava que ele poderia apontar para a solução daqueles mesmos problemas, como fica evidente nas palavras abaixo:

“The present state of quantum theory does not exclude, however, the possibility of developing other physical pictures. If we find an independent way to study characteristic features of field concepts in microphysics, this study may even furnish heuristic points of view to the theory.” (Guido Beck, **Field Concepts in Quantum Theory**, *Review of Modern Physics*, vol. 17, p. 188).

Os comentários de Pauli, conhecido como a consciência crítica da física, não impediram a publicação do trabalho de Beck. Este, que não tomou conhecimento do teor da carta de Pauli a Buchta, respondeu ao primeiro em carta de 24 de janeiro de 1946. Esta carta também está publicada no mesmo volume da correspondência científica de Pauli. A resposta de Beck foi, então, a seguinte:

“I am late to answer your kind letter of June 24<sup>th</sup>. I am, of course, quite aware of the fact that nothing but the complete formulation of dynamical laws in the proposed Dirac space can prove its usefulness. I have calculated a lot, in order to obtain sufficiently powerful formal means in order to deal with the problem, but, so far, no decisive progress has been obtained, The zero total charge of the vacuum comes out correctly, but I do not know yet how finite electron charges can be introduced. I want to thank you, however, for your kindness of having accepted my paper in the Review of Modern Physics....

“I have received, in the meantime, the reprints of my first paper [Beck refere-se ao artigo que saiu na *Philosophy of Science* em 1946], which I submit to you here included. I think, that you will see from it, that the attitude taken is quite consistent, if one takes the points of the first paper as a basis. And I hope to be able to convince you that the paper contains three essential points which, if they are correct, may be useful:

- 1) A possible rigorous definition of what one may call a “classical theory”, which is in agreement with current terminology, except the german custom to call phenomenological thermodynamics a classical theory.
- 2) The proof, that a classical picture (in the sense of the mentioned definition) is possible, though not yet accessible. This seems to me to be very different from the attitude which Bohr takes in this fundamental problem.
- 3) Necessary, but probably not sufficient conditions for the procedure to adopt in order to find the “classical picture”.

I feel, that there is nothing really new in the method used and that the relations are well known from other fields and trivial ones. But other people may feel differently.” (*Wolfgang Pauli Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u.a.*, Band III: 1940-1949, Springer-Verlag, Herausgegeben von Karl von Meyenn, Berlin, 1993, pp. 340-341)

Como a carta acima mostra, Beck, mesmo reconhecendo que suas idéias poderiam não ser tão originais como ele acreditava anteriormente, ainda achava que elas poderiam ajudar a esclarecer alguns pontos fundamentais. A opinião de Pauli, certamente importante e influente, não deveria ser tomada de modo decisivo, pois os problemas investigados por Beck eram muito complicados e suas propostas poderiam ser úteis para outros físicos. Apesar de a receptividade às idéias de Beck não ter sido aquela que esperava, ele nunca se convenceu de que elas não eram válidas ou erradas. Em todos os seus trabalhos aqui apresentados e mesmo em alguns posteriores, Beck defendeu uma perspectiva geral: a física quântica só poderia afirmar que a física clássica era errada e merecia ser superada caso fosse capaz de definir exatamente o que seria esta física clássica.

Já na Argentina, onde chegara em maio de 1943, Beck continuou, como vinha fazendo desde a passagem pela França, a tentar reformular a eletrodinâmica quântica tal como apresentada na versão de Dirac. Além dos artigos já mencionados, Beck continuou a publicar trabalhos sobre essa questão e orientou uma tese de doutorado de um aluno português Fernandes de Sá sobre esse tema (*Sur le comportement relativiste des grandeurs quantiques*, Porto, 1943) e a redação de um trabalho de autoria de Mario Bunge, que pretendia ser uma introdução das idéias de Dirac para os físicos argentinos. Entre esses trabalhos de Beck, encontramos os seguintes:

- 1) **Remarques sur l'énergie propre transversale d'un électron**, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, vol. 207, 1938, pp. 528-530;

2) **Solutions exactes de la théorie quantique des champs et interaction de deux particules (Communication préliminaire)**, *Journal de Physique*, vol. 10, 1939, pp. 200-201;

3) **Résultats récents concernant la théorie quantique des champs**, *C. R. Ac. Sci.*, vol. 212, 1941, pp. 850-852;

4) **Sur la Possibilité d'une Cinématique Générale**, *Anais da Faculdade de Ciências do Porto*, vol. 28, 1943, pp. 5-12;

5) **Remarque sur la notion du champ électromagnétique dans la théorie de Dirac**, *Portugaliae Physica*, vol. 1, 1943, pp. 93-94;

6) **El espacio físico**, *Revista de la Union Matematica Argentina*, série 2, vol. 1, n° 2, pp. 3-32, 1944;

7) **Polarizacion del vacio por un potencial descontinuo**, *Revista de la Union Matematica Argentina*, vol. XI, 1945, pp. 18-29.

Todos os trabalhos relacionados acima resultaram da insatisfação que Beck sentia pela teoria de Dirac. Por exemplo, no artigo de n° 4, Beck assim se exprimia acerca da necessidade de se reformular aquela teoria:

“Le comportement de l'électron se trouve être décrit, avec une approximation remarquable, par le système des équations de DIRAC. L'interprétation habituelle de ces équations est basée sur l'idée que l'électron se meut dans l'espace-temps ordinaire de la relativité restreinte, mais qu'il est doté de certaines propriétés particulières tel que le *spin* et la *charge* positive ou négative. Les équations de DIRAC sont, alors, considérés comme des relations *dynamiques* qui déterminent le mouvement mécanique de la particule. De ce point de vue, les applications des équations de DIRAC demandent que soit introduit, de façon indépendante, encore un système de relations déterminant le comportement du champ électromagnétique.

“Dans la présente note, nous nous proposons de montrer, que cette interprétation n'est ni indispensable ni même en accord avec les propriétés des équations de DIRAC.” (p. 5. Itálicos no original)

As modificações defendidas por Beck diziam respeito ao estabelecimento de uma relação direta entre o vácuo e a estrutura do espaço-tempo ou ainda ao modo mais adequado para a descrição espaço-temporal de fenômenos microscópicos:

“...l'introduction de la notion du photon dans la théorie du champ électromagnétique nous apprend, que nous devons attribuer même au vide des fluctuations intrinsèques des grandeurs du champ, fluctuations qui se trouvent être étroitement liées à celles du mouvement microscopique d'un électron, dès que nous étudions le champ produit par cette particule.

“Nous pouvons, donc, nous attendre à ce que les fluctuations du vide soient à considérer comme une propriété intrinsèque de l'espace-temps plutôt que comme des propriétés dynamiques d'une particule et d'un champ, propriétés plus ou moins indépendantes l'une de l'autre.” (p. 6)

As idéias defendidas por Beck deveriam levar à formulação de uma nova cinemática suficientemente geral para poder descrever, ao mesmo tempo, os movimentos mecânicos das partículas e as propriedades eletromagnéticas do espaço-tempo. A reformulação da versão de Dirac da eletrodinâmica quântica afirmaria, em suma, que é a cinemática, portanto, as propriedades do espaço-tempo, que estão na

base dos fenômenos físicos. Com essa solução, procurava Beck suplantar a incompatibilidade, que, segundo ele, enfraquecia a capacidade de unificação da física clássica, e originava-se do uso de duas imagens: a mecânica e a eletromagnética.

Esse problema era tão importante aos olhos de Beck que vamos vê-lo, quase trinta anos depois, tentando encontrar uma solução definitiva para ele. Em 1968, num artigo que escreveu em homenagem ao seu antigo professor e orientador na Universidade de Viena, Hans Thirring, Beck afirmava:

“Der Zweck der vorliegenden Untersuchung ist es nun zu zeigen, dass selbst in der Näherung, in der diese feineren Züge vernachlässigt werden können, die Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der Mechanik noch immer nicht gegeben sind, so dass die Grenzen der mechanischen Betrachtungsweise enger sind als gewöhnlich angenommen wird.” (**Über die Grenzen der mechanischen und der elektromagnetischen Betrachtungsweise**, *Acta Physica Austriaca*, vol. 28, pp. 38-45, 1968, p. 39)<sup>4</sup>

Não cremos ser exagerado afirmar que a principal tarefa que Beck se atribuiu como físico foi tentar compreender a teoria de Dirac. O número de artigos científicos publicados por ele sobre esse tema é significativo. Contudo, e como esses são trabalhos que apareceram em revistas especializadas de física, Beck não poderia apresentar, de modo completo, sua visão epistemológica acerca dos problemas que acometiam o universo da teoria quântica. Reconhecendo essa dificuldades e, ao mesmo tempo, como poderia ser importante mostrar que as origens dos problemas que percebia na teoria de Dirac não eram apenas científicos, Beck resolveu escrever um artigo (**Mathematical Formalism and the Physical Picture**, *Philosophy of Science*, vol. 12, nº 3, pp. 174-178, 1946) para uma revista de filosofia da ciência, no qual apresentava a raiz epistemológica das críticas que dirigia à física quântica. Antes de apresentarmos o conteúdo desse trabalho, cabe-nos formular duas questões: o que levou Beck a publicar um artigo sobre um tema propriamente filosófico numa revista especializada em filosofia da ciência? E o que ele esperava conseguir com esse artigo? A escolha da revista pode ser explicada pelo fato de que uma das pessoas influentes na linha editorial da revista era o físico e filósofo Philip Frank, que fora colega de Beck em Praga entre os anos de 1932 e 1934. Aliás, foi Franck, juntamente com Reinhold Fürth, o responsável pela ida de Beck para a Universidade Alemã de Praga. Além disso, a pouca receptividade das idéias de Beck por parte de seus colegas físicos pode ter levado a que ele sentisse a necessidade de obter apoio por parte da comunidade filosófica.

Até aquela data (meados da década de 1940), como já o dissemos, Beck havia direcionado seus comentários sobre a natureza das imagens físicas para seus colegas, os quais, com a exceção de alguns físicos educados e/ou influenciados pela tradição germânica, que manifestava um profundo interesse por problemas filosóficos ligados à física, já não mais comungavam da importância da filosofia para essa ciência. No entanto, esse interesse já se encontrava, com o crescente domínio da física norte-americana, partidária de um estilo mais pragmático, em declínio. Apesar de se dirigir

---

<sup>4</sup>) “O objetivo desta investigação é apenas mostrar que, mesmo na aproximação, na qual essas específicas características podem ser desprezadas, os pressupostos para a aplicabilidade da mecânica ainda não são dados [conhecidos]; assim, os limites da perspectiva mecânica são mais estreitos do que normalmente se pensa.” (A tradução é minha.)

a um público, em princípio, especificamente filosófico, as idéias apresentadas por Beck não eram propriamente novas, na verdade, sendo as mesmas publicadas na monografia de introdução à teoria quântica, que apareceu em Coimbra.

Beck nunca aceitou completamente a concepção instrumentalista de teoria física. Além disso, Beck considerava o estilo de fazer física de Heisenberg como sendo muito dependente da matemática -- em diferentes ocasiões reclamou de que só conseguiu compreender a motivação física de Heisenberg quando começou a frequentar o Instituto de Física Teórica de Bohr em Copenhague --, e despreocupado em relação à formulação de explicações físicas, baseadas em fenômenos naturais, para as equações matemáticas. Beck sempre procurou usar os resultados experimentais de modo a tomá-los como ponto de partida para suas idéias teóricas, nunca tendo compartilhado da ousadia de Heisenberg, conforme fica evidente na demora que levou a aceitar a existência do nêutron, diferentemente de Heisenberg, quem, antes mesmo da descoberta experimental por Chadwick, já o havia incorporado ao seu modelo de estrutura nuclear. Talvez para Beck a matemática fosse apenas um instrumento útil para a apresentação das leis físicas, mas sem ter a força heurística que outros, como Heisenberg e Dirac, lhe concediam. Esse ponto de vista parece ser corroborado pelas seguintes palavras de Beck:

“It is generally taken for granted, that the mathematical correctness of a formalism is a sufficient guarantee of the correctness of the physical picture which may be associated with it. It will be shown in this paper that this is by no means the case and that the formalism and picture are, within wide limits, independent of each other. It will be shown that, while a mathematical formalism can be tested by experiments, the corresponding picture depends on entirely different factors and the appropriate, independent criteria have to be applied to it.” (Beck, **Mathematical Formalism and the Physical Picture**, *Philosophy of Science*, vol. 12, nº 3, pp. 174-178, 1946, p. 174.)

Segundo Beck, foi devido ao surgimento da teoria quântica que, pela primeira vez, os físicos sentiram a necessidade de distinguir claramente entre o formalismo matemático de uma teoria e a sua imagem física. Essa observação de Beck causa estranheza, na medida em que uma das principais preocupações de muitos físicos importantes do final do século XIX, entre os quais Boltzmann, Hertz e Mach, foi justamente a de ressaltar essa mesma conclusão. Beck acreditava que uma teoria física seria a reunião da imagem física ao formalismo matemático. Seu objetivo seria “provide us with a picture of a certain domain of physical phenomena.” (Beck, op. cit., p. 174.) Como em outras ocasiões, nesse seu trabalho filosófico, Beck criticou a física quântica, que seria uma imagem física muito estranha, já que misturava duas imagens físicas diferentes:

“There is no possible doubt: The wave-particle dualism is due to the fact, that the quantum theoretical picture is not of pure style, that the formalism of quantum theory has to use at present one redundant element. It has no physical meaning to say that an electron has a double nature. In a picture of pure style, ..., no double nature can appear.” (Beck, op. cit., p. 176)

Neste artigo, Beck não conseguiu estabelecer, de forma definitiva, qual seria uma imagem quântica de puro estilo. Sua melhor proposta para uma tal imagem é a

seguinte:  $P(m, e, h)$ , onde  $m$  é a massa,  $e$  a carga elementar e  $h$  a constante de Planck. Nessa imagem, não existiria uma velocidade limite, como  $c$ , o que é válido para a imagem estabelecida pela teoria da relatividade restrita de Einstein. Uma imagem como a que propunha, concedia Beck, era certamente muito diferente daquelas outras já conhecidas, o que obrigaria a profundas mudanças na nossas maneiras de falar, pensar e imaginar os fenômenos naturais. No entanto, isso não seria, em princípio, impossível. A imagem de Beck é próxima à imagem, então existente, da física quântica:  $F(m, e, c, h)$ , sendo que  $r(e, c, h) = hc/2p - 137 = 0$ , e que não era de estilo puro. A presença de quatro elementos, ou constantes universais, nesta última imagem mostraria seu caráter redundante. Beck acreditava poder eliminar essa redundância por meio da adoção da seguinte imagem:  $P(m, e, c)$ , na qual  $h$  seria substituído por  $c$ , a velocidade da luz. Esta última imagem era precisamente aquela estabelecida por Einstein, e que era de estilo puro. É bem verdade que ela não incluía os fenômenos quânticos, exceção feita daqueles relacionados ao valor finito da carga elementar. As três constantes presentes na imagem einsteiniana podem ser imediatamente relacionadas aos três fatos físicos mais admiráveis conhecidos, na opinião de Beck, antes do surgimento da física atômica: o fenômeno da queda dos corpos estudado por Newton, os experimentos de Faraday e o sinal da luz de Einstein.

A conclusão de Beck, tal como sugerida no parágrafo acima, pode parecer surpreendente. Contudo, ela parece ser irrecusável: o preço a ser pago para obter uma física coerente era o abandono do esquema teórico da teoria quântica então vigente. Essa situação não tinha como ser recusada, já que o valor  $1/137$  “é uma constante numérica experimentalmente muito bem determinada e significa que as duas quantificações [“A carga de um sistema deve ser um múltiplo inteiro da carga eletrônica e o impulso angular do sistema deve ser um múltiplo inteiro ou semi-inteiro da constante  $h$  de Planck.”] não são independentes; que a quantificação do impulso angular já determina a carga do elétron e vice-versa.” (Beck, **A Personalidade de Einstein**, p. 1433). Essas palavras foram escritas em 1979. Todavia, elas apontam na mesma direção que o trecho final do artigo de Beck, publicado em *Philosophy of Science*, que transcrevemos integralmente abaixo:

“Einstein’s picture requires that we ask scientists to make an additional effort. It requires that temporarily introduced hypotheses and ways of speaking have to be abandoned as soon as they have served their immediate purpose and that scientists conform, after having done their work, to the common, historically grown language, rather than try to impose a new, artificial language. Whatever the intermediary stages of present day research may be, it is inevitable, according to the author’s opinion, that people will be more prepared to accept Einstein’s picture of physical phenomena than any other one.

“The word “classical” has been frequently used in physics without becoming very precisely defined. It has been out of fashion in recent years. The author would welcome it very much, if this word would be accepted to denote a picture which reduces to predetermined primitive elements.” (Beck, **Mathematical Formalism and Physical Picture**, p. 178)

Este último parágrafo repete o sentido das palavras que Beck usou em sua carta a Pauli. Não seria possível falar em física quântica, caso não se definisse, com precisão, o que era física clássica. Realizada essa tarefa, Beck acreditava que, ao invés de os cientistas pensarem que a física clássica deveria ser abandonada ou ter seu

domínio de validade restringido, o contrário aconteceria. A física clássica sairia como que revigorada, talvez mesmo vitoriosa, desse embate que travava, aos olhos de Beck, com a física quântica.

O tempo não deu razão a Beck. Essa conclusão nunca foi a dele. Apesar de ter vivido o suficiente para verificar que sua posição favorável à física clássica não conseguira conquistar adeptos, Beck nunca a abandonou. Ele acreditava que o problema, que Einstein apontara existir nos fundamentos da imagem, ou visão, quântica de mundo, não encontrara uma solução e que só futuro poderia resolvê-lo. Em outras palavras, Beck propunha que se desse liberdade de pesquisa para aqueles que não aceitavam a interpretação de Bohr e seus seguidores para o mundo microscópico. Ao propor que se estabelecesse um clima de liberdade para as posições heterodoxas, Beck pensava nas gerações de estudantes e jovens pesquisadores, o que foi uma constante em sua vida:

“Acho, porém, que a questão [colocada por Einstein] é importante para nós, porque devemos cuidar, no ensino universitário da física, que não sejam apresentadas aos nossos estudantes, versões unilaterais dos problemas. Não é possível, no estado atual da teoria [quântica], separar limpamente quais dos aspectos estranhos dos fenômenos atômicos devem atribuir-se a propriedades intrínsecas dos átomos e quais resultam de uma descrição ainda incompleta. Escolas universitárias demasiado rígidas no passado, constituíram muitas vezes obstáculos ao progresso.” (Beck, **A Personalidade de Einstein**, p. 1433).

#### **Sugestões Bibliográficas:**

Outras informações sobre a vida e a obra científica de Guido Beck podem ser encontradas nas seguintes obras:

1) **Guido Beck Symposium**, Edited by Herch Moysés Nussenzveig and Antonio Augusto Passos Videira, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Volume 67, Suplemento 1, 1995, 142 p..

2) **Encontro de História da Ciência: Análises comparativas das relações científicas no Século XX entre os países do Mercosul no campo da Física**, Organizadores Antonio Augusto P. Videira e Aníbal G. Babiloni, *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/MCT*, Rio de Janeiro, 2001, 369 p..