

SOBRE A FORMAÇÃO DA MECÂNICA NEWTONIANA *

MITUO TAKETANI

Um mil seicentos e quarenta e dois (1) ... Uma semente madura cai e um rebento de risonho futuro brota. O centro da História Ocidental desloca-se. Do Mediterrâneo inquisitorial, medroso da nova luz da humanidade e do país devastado pela guerra que matou de fome o estabelecedor das leis do céu, (2) translada-se para o país do Oceano Atlântico que considerou como glória nacional o construtor da Ciência, aquele que trouxe ao lume dentro da palma da sua mão a identidade das leis do céu e da terra.

Um mil e novecentos e quarenta e dois ... A História Moderna iniciada há 300 anos amadureceu e nós nos encontramos diante de um vigoroso acerto de contas da História Mundial. E também ante muitos problemas trazidos para a nossa ciência. A reflexão sobre aquela grandiosa construção da Ciência a de 300 anos antes deve trazer muitas contribuições para temas hodiernos tais como relação entre Ciência e Técnica, a lógica da Ciência, a lógica do desenvolvimento científico, a relação entre cosmovisão, formas de pensamento e Ciência, etc . . .

* **Nota do organizador**

Este artigo foi escrito em 1942 na revista japonesa Kagaku. Em 1974, incrivelmente ele não perdeu ainda a atualidade. Muito pelo contrário. Continua atualíssimo. Nesse sentido, resolvemos colocá-lo no nosso livro, embora a sua leitura seja um tanto difícil.

(1) Morre Galileu e nasce Newton.

(2) Críticas poderiam ser feitas dizendo da existência da inquisição também na Escócia. Entretanto elas seriam apenas formais e anti-dialéticas. Na verdade, o problema considerado está no fracasso do Renascimento Italiano, no esgotamento da Alemanha da Guerra de Trinta Anos e na irrupção do capitalismo inglês. E mais, está no fato de como a inquisição de Santa Sé que perturbou Galileu não era independente do malogro do Renascimento Italiano.

Ao investigar o desenvolvimento de uma ciência, devemos atentar para o fato dos elementos como acima enumerados estarem emaranhados confusamente. Por isso é necessário esclarecer o significado essencial de cada elemento e analisar como eles estão combinados no processo histórico. É este, na realidade, o método de História da Ciência.

No referente à relação entre a Ciência e a Técnica, entre a Ciência e a produção, defrontamo-nos atualmente com graves problemas. E sobre o assunto tem-se falado muito. Por exemplo, em torno do Principia de Newton existem duas versões contraditórias. Segundo uma, o Principia de Newton, ao contrário das palavras e da consciência deste, teria nascido sob o influxo de necessidades tecnológicas. Segundo a outra, aquela obra não seria absolutamente resultado de preocupações técnicas, mas sim de anseios de conhecimento da Natureza. Contudo, a própria proposição do problema se a evolução da Ciência se faz ou não devido a necessidades tecnológicas, é infantil. É preciso esclarecer, isto sim, como a Ciência está relacionada na sua essência com a Técnica. Não adianta enumerar aspectos concretos mas parciais dessa relação. A questão considerada é exatamente aquela do relacionamento entre o conhecimento do homem e a prática do homem. Sobre o problema do influxo científico sob necessidade tecnológica, podemos escolher arbitrariamente exemplos favoráveis ou desfavoráveis da história da ciência. Não adianta muitos fatos históricos nos quais a Ciência não resolveu de imediato as necessidades tecnológicas ou nas quais a Técnica não obteve diretamente algo de valor da Ciência pois isso não significa que o desenvolvimento da Ciência não tinha feito pela necessidade tecnológica. Outrossim, o fato de determinado cientista como Newton ser ignorante de cada uma das particularidades do conhecimento tecnológico não significa ter sido ele indiferente às necessidades tecnológicas. Para tratar dessa relação Ciência-Técnica é preciso uma análise mais profunda e metodológica. Uma coisa como a necessidade tecnológica tem características de cunho social. Por isso tem de se fazer uma pesquisa sobre as funções do técnico e do cientista dentro de uma dada sociedade. O cientista, como é óbvio, nem sempre é técnico. O fato de Newton ter sido impotente aos problemas técnicos da sua época não serve de argumento para provar ou não o relacionamento da Ciência com as necessidades tecnológicas.

A Ciência Natural é o conhecimento da Natureza externa. A história da ciência é o problema de como o homem veio fazendo esse conhecimento natural externo. O que fez essa história? O sentimento de admiração

pela Natureza? Ou como diz Poincaré, a procura da beleza dentro da mesma?

Se o conhecimento da Natureza tivesse sido feito através de tais pontos de vistas estéticos, a Ciência não passaria de uma coisa sem força tal qual as atuais teorias de conhecimento. E ausente da possibilidade de progresso andaria em círculos em torno de uma coerência meramente sistemática. Isso porque, via de regra, o primeiro passo para a evolução da Ciência se faz pela destruição de sistema já construído e considerado belo.

A ciência é poderosa e muitas vezes avança cegamente em direção oposta ao intelecto. Isto mostra de modo inequívoco que a ciência anda de mãos dadas com a prática produtiva. A nossa prática não é simplesmente um ato subjetivo, mas sempre se faz objetivamente dentro do campo externo das leis naturais. Ou seja, é um procedimento técnico. Por isso, a prática só deu resultado quando se conhecesse e aplicou corretamente essas leis. Desta maneira através da história da prática humana o Homem veio obtendo noções sobre a Natureza. Por sua vez, esse conhecimento era de molde a garantir esta prática. Desta maneira a Ciência Natural possui uma força insuspeitada e por isso muitas vezes soube ultrapassar a simples auto-satisfação do intelecto para se desenvolver segundo o seu próprio caminho.

Então, a Ciência progride somente graças às exigências de uma tal prática produtiva? Ou seja, devido às exigências tecnológicas? Em relação a isto, como já dissemos antes, podemos citar muitas contra provas. Como se diz muito comumente: a técnica se desenvolveu de modo extraordinário no Egito e na Babilônia. Entretanto, não se dera ainda o nascimento da Ciência no seu significado verdadeiro. Na civilização grega, vinda a seguir, a técnica não progrediu sendo praticamente a mesma legada pelos egípcios e babilônios. Apesar dessa estagnação tecnológica, foi na Grécia que surgiu a Ciência, advindo daí uma época marcadamente científica. Ao contrário, a fase romana foi predominantemente técnica, com pouca melhoria científica (3).

(3) A nossa exposição nesse ponto pode ser considerada formal demais. Na realidade, por mais que se valorize nunca se valorizará demasiado o papel da Escola de Mileto do período inicial grego na história da ciência. Os filósofos dão crédito especialmente aos pitagóricos, mas tal atitude não pode ser considerada originária de uma compreensão verdadeira do método científico. Ao contrário, o mérito da Escola Milésia para com o método científico salutar é enorme. E os membros dessa escola eram também técnicos de alta qualidade. Outrossim a técnica romana não pode ser considerada técnica de produção. Muitas vezes, cita-se as obras de Heron, porém por motivos

Uma coisa como a exigência tecnológica desempenha um papel até certo ponto fundamental dentro do desenvolvimento da Ciência. Contudo, esse papel não é determinante pois encerra fatores acidentais do ponto de vista da constituição da própria Ciência. Se a Ciência natural estivesse apenas sob a influência das necessidades tecnológicas então não passaria de um mero conjunto fragmentário de conhecimentos tecnológicos e não avançaria para a elucidação dos aspectos essenciais da Natureza. Em consequência, tornaria-se impotente ante às práticas humanas mais avançadas.

Isto advém do fato da Ciência ser uma cultura. Por ser uma cultura, ela faz parte de uma cosmovisão e percorre o seu caminho constituindo um sistema próprio e independente. Ela é um reflexo da estrutura da Natureza e baseada sempre no embasamento tecnológico. Deste modo, Grécia sucedeu ao conhecimento da Natureza granjeado pelas técnicas de Egito e de Babilônia. Em outras palavras, foi em tal *background* tecnológico que a ciência grega floresceu. Por outro lado o *Principia* de Newton estabeleceu-se sobre o substrato tecnológico do período manufatureiro da Renascença. Entrementes, é preciso atentar ao fato de que a técnica do período de manufatura não exigia, necessariamente uma ciência como a de *Principia*. Esta foi formada como uma cultura, sistematizada sob a influência da cultura da época. Por isso, ao referir-se aos fundamentos sociais do *Principia* é necessário analisar a formação das academias científicas modernas e suas características. Em verdade não tem sentido coletar ao léu material histórico fragmentário sobre Newton. Outrossim, a formação da física galileica é antes de qualquer coisa uma manifestação da cosmovisão da sociedade civil em luta com a cosmovisão aristotélica medieval. Surgiu como uma sua arma, uma ala de ataque ao reduto escolástico. E ela tornou-se possível graças ao fato de ter se armado com o substrato tecnológico e golpeado a ciência medieval enfraquecida justamente pelo seu isolamento com a técnica.

Como pode-se ver o embasamento tecnológico serve de fundamento para o evoluer científico. A exigência tecnológica, por sua vez, é uma das formas assumidas por esse embasamento tecnológico. Ela significa um re-

vários elas não podem ser levadas em alta consideração. Deve-se atribuir o valor máximo a Arquimedes. Recomendamos a leitura da *Técnica Antiga* de Diels sobre os pontos acima enumerados. Este é um livro ótimo e digno de recomendações em muitos sentidos.

lacionamento entre a ciência e a sociedade. A ciência, já a afirmamos anteriormente, caminha determinada por três fatores: a técnica, a estrutura da Natureza e formas de pensamento. Nesse caso, a interconexão entre a ciência e a técnica assume fundamentalmente a forma de substrato tecnológico.

Entretanto, o relacionamento direto entre elas também é possível como um dos modos de manifestação do substrato tecnológico. Mas, de modo geral este relacionamento, em vez de ser direto fez-se de um modo mais amplo através da formação de um elo de desenvolvimento mútuo entre a ciência e a técnica (4).

A restrição provinda das formas de pensamento em relação à ciência se constitui num fator importante por esta se tratar de uma cultura. A ciência grega estava na dependência das formas de pensamento grego assim como o desenvolvimento e a formação da ciência no Renascimento estiveram nas do pensamento renascentista. Contudo, ao se corresponder de um modo unitário a forma de pensamento a uma dada época a uma dada forma de produção está-se sujeito a se enganar rotundamente. Isto porque uma forma de produção não determina de modo direto uma única forma de pensamento. Numa mesma época podem coexistir paralelamente duas formas contrárias de pensamento. Isto é particularmente importante depois do século 18 e por isso merece uma análise cuidadosa.

Como o processo lógico do conhecimento da Natureza se faz em íntima correlação com a forma de pensamento, não podemos tratá-la do ponto de vista somente de um deles, pois nesse caso pode se cair em engano. Numa análise histórica é necessário ter em mente ambos os fato-

(4) O artigo de Hessen *O fundamento sócio-econômico do "Principia" de Newton em Ciência na Encruzilhada* defende o ponto de vista de que o Principia foi formado sob a pressão de necessidades tecnológicas. Ao contrário, *A história do estabelecimento da cosmologia moderna* de Borkenau nega-a e estabelece a idéia do Principia ser produto da cosmologia mecanicista da época manufatureira. A proposição do estudo da contradição entre os dois autores foi feito por Hiromassa Utiyama em 1937, quando estudante do Departamento de Física da Universidade de Osaka no seu caderno de notas. Essas notas influenciaram algumas pessoas. O que nós escrevemos aqui é uma crítica tanto ao Hessen quanto ao Borkenau e é o método da história da ciência.

res (5).

No desenvolvimento da teoria de meson, tema central da física contemporânea, nós nos defrontamos com uma situação delicada ante a validade ou não da mecânica quântica nesse domínio. Estão sendo procurados reflexões úteis, medidas eficientes para superar essas dificuldades. Existe um provérbio que diz: *Não existe sempre peixe nas águas debaixo do mesmo salgueiro*. Então o caminho do desenvolvimento da ciência natural do passado não forneceria nada para nós? Se não nos fornece então o desenvolvimento da ciência não passaria de repetições de fatos acidentais. A física é um sistema. E poderia se dizer que sendo um sistema independente, ele próprio possui uma lógica de desenvolvimento. Sob tal ponto de vista, diversas pessoas fizeram revisões filosóficas. Por exemplo, Mach, tratou da evolução da física ao desenvolver a sua teoria de ciência. Entretanto, apesar disso, não possuímos ainda um método eficaz. Para provar isso basta atentarmos para o fato seguinte: Se os físicos tivessem seguidos nos últimos 10 anos os preceitos tais como *A física vai-se tornar cada vez mais operacional* de Bridgeman, aliás muito bem aceita pelos filósofos, ou então, *o desenvolvimento da ciência se faz pela redução da substância em função* de Cassirer, eles teriam fracassado ruidosamente nas suas pesquisas. Isto parece demonstrar a existência de alguma falha altamente grosseira.

Com esse propósito, vamos rever a formação da mecânica newtoniana pois supõe-se tê-la trilhado um caminho típico. Ao fazer isto, devemos ter cuidado de fazê-la sempre em correlação com os temas atuais. As teorias de ciências de até hoje foram ineficazes justamente por estarem destituídos deste caráter operativo.

Por outro lado, teoria da ciência contemporânea deve rever uma

(5) No método da história da ciência, havia um lapso nesse aspecto, especialmente naqueles chamados de progressivos. A ciência natural é antes de tudo o conhecimento da Natureza externa. Ao menos que se negue a existência dessa Natureza externa, nós não podemos deixar de reconhecer o fato da história da mesma ser determinada pela sua própria estrutura. Não basta dizer apenas das influências sociais. Por outro lado a história da ciência não é também somente a história das teorias científicas de um passado distante. Por esta razão, nós tratamos especialmente o problema lógico da estrutura da Natureza em si, dentro dos 3 elementos da história da ciência enumerados anteriormente. E tentamos estabelecer o método desta análise. Para isso é necessário em primeiro lugar posicionar corretamente cada uma das obras científicas dentro da história. Entrementes a realização disto é possível sem o uso da metodologia correta.

vez mais a mecânica newtoniana. Iludido pela face da mecânica newtoniana negada pela mecânica quântica, ela perdeu também a imagem verdadeira da ciência. Por isso queda-se dentro de uma confusão tremenda. Ao contrário, uma reflexão sobre as partes salutares e construtivas da mecânica clássica dá condições para a compreensão mais profunda da estrutura lógica da mecânica quântica.

Em física é necessário esclarecer em primeiro lugar a estrutura do objeto, isto é, qual é o tipo de material existente. Em geral no processo de conhecimento nós adquirimos no início o conceito de coisa, ou seja, o conceito de substância. Simultaneamente ao conceito da coisa reconhecemos a existência das propriedades pertencentes a ela. O conceito de coisa e de seus atributos é um método extremamente fundamental no trato do objeto de pesquisa. Por exemplo, como no caso da *Ética* de Espinosa, coloca-se como fundamental a substância e a conexão entre a manifestação e a substância é considerada como atributo dessa última. É um ponto de vista estático no qual não se pensa numa intermediação concreta da manifestação pela ação da substância pois o atributo é visto em correspondência entre esta e aquela.

Entretanto, na era moderna, o problema da substância começou a ser encarado do ângulo oposto. É o caso de Cassirer. Ele tenta excluir o conceito de substância dissolvendo-o no conceito de função. Chega mesmo a afirmar: *o conceito de substância é prejudicial ao verdadeiro conhecimento*. Tal tendência na teoria do conhecimento é contudo uma tendência geral do fim do século XIX para o início do século XX. Assim, insistia-se em dizer que a equação era tudo ou então dissolver a física numa relação entre símbolos. Essa tendência era reforçada particularmente por interpretações superficiais da teoria de relatividade e da mecânica quântica. Por exemplo pelo fato de não se poder dar um significado à função de estado da mecânica quântica, pensou-se em dissolver a física em relações matemáticas ou em símbolos. Na mesma medida raciocinaram como Mach e consideraram a teoria como mera conveniência ou como Bridgeman e transformaram o conceito numa simples operação experimental.

Como matéria de fato, parece haver demasiada insistência na interpretação epistemológica por parte tanto dos filósofos como dos físicos quando o assunto versado é a mecânica quântica. E esquecem da constituição real da mesma. Em primeiro lugar, devemos conhecer qual é o sistema do nos-

so objeto. Em outras palavras, conhecer de que coisa ele é feito a que interação está sujeito. Só então podemos conhecer através da mecânica quântica o *estado* representando o comportamento do sistema.

Enquanto os filósofos se extenuavam no esforço de interpretar a mecânica quântica, a física desenvolvia-se nesses últimos 10 anos de modo espantoso transformando completamente a visão sobre a matéria. E este desenvolvimento foi de molde a negar a funcionalização da substância. Isto é toda vez que a mecânica quântica defrontou-se com dificuldades e pensou-se na necessidade de mudar os seus fundamentos, o seu verdadeiro significado estava em introduzir substâncias novas. E a mecânica quântica manteve-se inalterada. O progresso deu-se na direção da substância e não na da função. Ou seja, o que se viu foi a introdução de novas substâncias como neutrons, positrons, mesons e neutrinos. E a demonstração da falsidade das palavras de Cassirer: *do conceito de substância para o de lei, - isto foi provado pela física contemporânea*. Podemos nomear essa época de período substancialístico da física nuclear. Outrossim presentemente a teoria de meson confronta-se com dificuldades. Qual o significado disto? Para esclarecê-lo vamos rever o processo da formação da mecânica clássica.

Já se faziam excelentes observações em torno do movimento dos planetas no Egito e na Babilônia. Certas leis tinham sido obtidas desses resultados possibilitando a previsão dos movimentos futuros dos planetas. Em consequência, descobriu-se a periodicidade do movimento dos corpos celestes. Ao se atingir a época grega, os matemáticos interessaram-se, pelo assunto. Dester-te, eles trabalharam com modelos de círculos excêntricos e epiciclos tendo a Terra como centro. Chegaram mesmo a considerar modelos heliocêntricos, ou seja, com o Sol no centro. Com este procedimento, eles tentavam prever o movimento dos planetas. Contudo nestes casos na maioria das vezes, os modelos eram simplesmente matemáticos, ou então, de molde a considerar o número como essencial dentro da tradição pitagórica. Não tinham por conseguinte um significado muito substancialístico (6). Ao se adentrar no Renascimento devido aos problemas relativos ao ca-

(6) Entretanto, não podemos deixar de assinalar a importância do fato dos adeptos da Escola de Mileto do período inicial grego terem se aventurados, talvez pela primeira vez, no espaço sideral em contrapartida às cosmovisões vigentes no Egito e na Babilônia. As suas idéias acerca do sistema planetário tinham conotações profundamente substancialísticas. Nesse sentido, o período compreendido entre a Escola de Mileto até Kepler deve ser enquadrado no estágio substancialístico.

lendário e outros, as observações astronômicas começam-se a tornar cada vez mais detalhadas. As mais minuciosas foram as de Tycho Brahe (1546—1601).

Os resultados dessa observação foram ordenados pelo seu discípulo Kepler (1571—1630) com a adoção do sistema heliocêntrico de Copérnico (1473—1543). Imbuído do espírito renascentista ele opôs-se ao do senso comum intuitivo do geocentrismo do *Almagesto* de Ptolomeu dominante na Idade Média e pregou o heliocentrismo. Desta forma, introduzia o Sistema Solar tendo um significado substancialístico. Kepler conseguiu com esse modelo ordenar os resultados observacionais minuciosos e obteve as *tres leis de Kepler*. Em outras palavras, a introdução do elemento substancialístico possibilitou a descrição fenomenológica de Tycho adquirir as características de leis. Porém, não se pode dizer que o método da física foi estabelecido por Kepler. Neste, antes da preocupação de esclarecer mecanicamente a Natureza predominava ainda muitos resíduos do ponto de vista pitagórico, superados apenas pela adoção do modelo substancialístico. O seu método é indutivo e só tem o significado de estarem os planetas do sistema solar realizando movimentos definidos sob condições definidas, isto é, o significado de *post hoc*. Isto porque tais movimentos não resultam das suas causas, ou em outras palavras, os fenômenos não são intermediados através das interações. As leis são introduzidas simplesmente como propriedades da substância. Elas não chegam a ser intermediadas como fenômenos resultantes sob a ação das interações entre as substâncias. A substância possui o caráter de *Dasein* e é por isso espacial e intuitivo. Assim a descoberta dos satélites de Júpiter com o uso de telescópio de Galilei (1564—1642) forneceu bases preciosas para a sustentação da teoria de Copérnico. Podemos caracterizar os trabalhos de Kepler como sendo de estágio substancialístico em contrapartida aos do estágio fenomenológico de Tycho Brahe (7).

Por outro lado, nessa época, Galilei extraía a mecânica da técnica, justamente numa Itália onde as técnicas de produção haviam experimentados

(7) O papel desempenhado pelos trabalhos de Tycho Brahe foram inteiramente do estágio fenomenológico. Mas evidentemente ele próprio possuía idéias substancialísticas sobre o sistema planetário. Neste sentido o seu trabalho foi substancialístico. Como períodos da história da ciência, parece-nos próprio situar as astronomias do Egito, da Babilônia e das outras sociedades asiáticas de então, como fenomenológicas, e as da Escola grega de Mileto até Kepler como substancialísticas. Cada uma dessas fases possui uma lógica própria. Espero publicar numa outra ocasião pesquisas mais detalhadas sobre este assunto.

progressos notáveis. E ele a forjava como uma arma de contraataque ao pensamento medieval. As relações entre as forças vieram sendo esclarecidas no estudo da estática, desde a época grega, mas a dinâmica só foi iniciada por Galilei. Com este, conheceu-se pela primeira vez as leis de movimento e por outro lado obteve-se também o conceito de força. Até então, a força era conhecida apenas como pressão. Mas mesmo em Galilei, a intermediação do movimento da força não se fazia de maneira satisfatória. Ou seja, nele vinha em primeiro lugar o conhecimento experimental das leis de movimento antes da preocupação das causas da queda. A intermediação desta através da força que é a sua causa é deixada para depois num segundo plano. Este último problema foi discutido por ele, na intermediação das acelerações surgidas entre os diversos planos inclinados e entre o plano inclinado e o vertical, pela comparação dos respectivos pesos. Porém isto é feito de maneira deficiente. Em realidade essa intermediação é feita na sua essência baseando-se na lei empírica sobre a energia, isto é, no fato das velocidades serem as mesmas quando as alturas da queda são as mesmas independente das inclinações dos planos. Por isso em Galilei o movimento dos corpos na terra é dado como atributo da substância e não é intermediado de maneira suficiente de algo mais fundamental. Dentro desse aspecto, os trabalhos de Galilei devem ser ditos possuindo as características do estágio substancialístico. Entretanto, pode-se também notar nele um passo para a superação da idéia das leis de movimento como atributos da matéria. Ele a faz na medida que coloca a matéria sob as mais variadas condições e intermedia os fenômenos da mesma, isto é, pela inquirição das relações lógicas entre um experimento e outro. Onde Galilei avançou claramente além do estágio substancialístico foi no reconhecimento da força estar relacionada com a aceleração e não com qualquer outra grandeza, destruindo destarte os pontos de vistas anteriores. Ele não esclareceu as feições concretas dessa intermediação, mas mostrou a direção correta da mesma.

Uma das limitações da mecânica Galileica consiste no fato de tratar essencialmente apenas os problemas de corpo simples. Huygens promoveu importantes avanços na intermediação do movimento com a força ao desenvolver o legado de Galilei. Também, Descartes fez a sua contribuição ao problema.

A partir dessas duas coisas com limitações especiais de Galilei e Kepler, ou seja, das leis da terra e do céu, através do conhecimento substancialístico, chega-se a um conhecimento geral e essencial. Newton (1642—

1727) tornou concreto o conceito essencial de força na interação entre as substâncias. Ao mesmo tempo, no movimento da substância ou seja na intermediação do movimento tomava a aceleração como a relação entre a massa considerada como a grandeza substancialística da matéria e a força tomada como interação da substância. Por outro lado, estabeleceu para a mais geral das interações entre as várias matérias, ou seja, a gravitação universal como uma lei entre as massas. Desta maneira, qualquer que seja o relacionamento entre as diversas matérias, tornou-se possível intermediar o movimento como um seu fenômeno. Isto é, no movimento, o fenômeno pode ser agora completamente intermediado da interação das diversas substâncias. Finalmente, a física perde aqui o carácter restrito de um caso particular e se transforma num conhecimento geral. Adquire, portanto, o significado dedutivo de *propter hoc*. Torna-se, outrossim, possível a utilização do cálculo de perturbações. Assim, pôde ser calculado o movimento detalhado da Lua, das marés e os desvios dos movimentos dos planetas das leis de Kepler. Este estágio teórico é caracterizado pela descoberta de Netuno através da predição precisa da sua posição pela análise do movimento de Urano. No pensamento de estágio de Kepler, esse movimento de Urano não teria outro significado senão do mesmo obedecer leis mais complexas do que as de Kepler. Entretanto, a mecânica newtoniana foi efetivamente uma após outra realizações magníficas superiores à descoberta de Netuno. Referimo-nos ao desenvolvimento da técnica nos tempos modernos. Desta maneira ela foi testada pela nossa prática e garantida pela mesma.

Do exposto acima, podemos concluir a existência de tres estágios para o conhecimento da Natureza. No primeiro estágio, é realizada a descrição dos fenômenos e a dos resultados experimentais. Nele não existe a preocupação de explicar os fenômenos pela intermediação de uma realidade mais profunda. Neste estágio reúnem-se simplesmente os dados sobre os fenômenos. Se considerarmos isto do ponto de vista de juízo, ele corresponde ao juízo individual segundo a nomenclatura peculiar do conceitualismo de Hegel. É o estágio de fatos individuais como um juízo positivo do *Dasein* e é portanto *an sich*. Nós o nomearemos de estágio fenomenológico. É o estágio de Tycho.

No segundo estágio, pelo conhecimento da estrutura substancialística responsável pelos fenômenos, nós ordenamos estes e obtemos as leis. Entretanto, este nosso conhecimento acerca dessas leis naturais, simplesmente diz da sequência de um evento após outro, e não assegura a sucessão neces-

sária de um evento do outro. Isto pode ser caracterizado com a palavra *post hoc*. Na terminologia do conceitualismo, diríamos estar fazendo um juízo particular. Ele expressa o fato de uma estrutura especial sob condições especiais manifestar fenômenos especiais. É o estágio de *fur sich*. A lei natural tem significado de atributo da substância e é considerada na forma de correspondência com a mesma. Denominaremos de estágio substancialístico. É o estágio de Kepler e a lógica aí usada é do tipo de Espinosa.

No terceiro estágio, o conhecimento se aprofunda na essência através da intermediação do estágio substancialístico. Como já foi mostrado antes no exemplo do caso de Newton, é o conhecimento de leis da interação entre as diversas substâncias. As leis referentes aos fenômenos são explicadas através da intermediação do movimento das substâncias necessariamente criado sob essa interação. Este estágio é o *an und fur sich* e pode ser caracterizado com a palavra *propter hoc*. É o chamado juízo geral da terminologia do conceitualismo e corresponde ao juízo do conceito. Esclarece qual fenômeno é gerado por uma estrutura qualquer de uma substância colocada em condições quaisquer. Este é o estágio essencialístico.

Para passar do estágio substancialístico para o essencialístico, é necessário deste modo se elevar pela negação do ponto de vista substancial das leis retendo entretanto a substância através do seu momento substancialístico. A característica lógica própria do novo conhecimento surge neste estágio essencialístico. É o caso, por exemplo, da equação diferencial na mecânica newtoniana. É preciso encarar o problema sob um ponto de vista estéreo-estrutural como nós o fizemos, senão acabamos como Cassirer numa simples negação de coisas substanciais e caímos no polo oposto, ou seja, na sua dissolução a função? Em verdade, o que acontece é a lógica da substância ser promovida para uma lógica mais essencial.

Deste modo, o conhecimento físico não progride linearmente no sentido de *tornar-se cada vez mais e mais*, mas avança repetindo os três estágios acima mencionados encadeados de maneira complexa. Isto é, a fase essencial de uma cadeia seria fenomenológica vista da seguinte e assim por diante. A gravitação universal de Newton vista como ação à distância tem ela própria características fenomenológicas. Descartes, Huygens e outros especularam sobre as causas da atração entre os corpos celestes, por exemplo pensando em vórtices de éter, mas não conseguiram obter resultados frutíferos. Ao contrá-

rio, Newton conseguiu sucesso investigando fenomenologicamente qual tipo de força agia. Contudo um tal estágio de descrição acaba caindo na metafísica ao fixar-se nela. A ciência prossegue persistentemente para as suas causas, ou seja, avança para um conhecimento mais fundamental. No caso da ação à distância, isto foi feito pela teoria do campo. Outrossim, se nós indagamos a causa sem suficientes informações fenomenológicas acabamos caindo também em metafísica. Não se pode atingir o conhecimento essencial de um só pulo. Quem não compreende esse processo acaba se enganando e considerando a ciência como uma simples descrição de fenômenos.

Estes três estágios aqui mostrados foram do ponto de vista lógico. De modo concreto, esta lógica adquire diversas formas de acordo com a realidade. Ou seja, ela se manifesta de modo concreto nas mais variadas formas obedecendo as restrições providas de cada objeto, de práticas cognitivas e de outros fatores. Por isso não podemos pensar numa sucessão mecânica dos três estágios.

Existem três modos de transição do estágio substancialístico para o essencialístico. O primeiro consiste no caso da introdução da substância reportar na teoria essencial. Isto acontece quando essa substância não significa uma qualidade nova. São os casos como a introdução de Netuno, estereoquímica e a teoria da estrutura da matéria.

O segundo é o caso da substância dissolver-se completamente em algo funcional. Invertendo as palavras, é o caso da função ter sido tomada como substância. O flogisto e o éter são dois bons exemplos.

O terceiro é o caso de uma substância inteiramente nova requerendo uma nova lógica. Podem servir de exemplos a equação de movimento na mecânica newtoniana e a mecânica quântica para os átomos. Como será mencionada mais tarde, as várias partículas novas da física nuclear devem ser deste tipo.

Destarte, foi elucidada a sequência lógica do conhecimento da Natureza. Esta sequência aparece conjugada complexamente com outros fatores. Um caso de especial interesse a merecer uma análise cuidadosa é o do conhecimento errôneo feito pela ciência de uma certa época. Por exemplo o flogisto surgiu sob o pensamento atomístico do período manufatureiro. Ele dis-

solveu-se em função sob as pesquisas cuidadosas de Lavoisier sobre as combinações químicas. Isto é muitas vezes simplesmente colocado como culpa do pensamento manufatureiro. Mas decerto esse não é o caso. Como já expusemos antes, isso resulta do fato de no processo lógico do conhecimento, o homem pegar o objeto da pesquisa como substância. A prova está no fato da substância falsa como éter ter sido introduzido justo na mesma época da negação de flogisto. E exatamente quando esse éter foi dissolvido pôde-se determinar a existência de átomos e moléculas.

Como já foi dito antes, a física nuclear encontrava-se no estágio substancialístico pela introdução de várias substâncias. Agora com o progresso da teoria de meson, a dificuldade em achar o caminho de transição do estágio substancialístico para o essencialístico através de ordenação dos elementos substanciais. Nesse caso torna-se necessário uma análise cuidadosa pois estão profusamente enredados problemas tais como propriedades substanciais do campo mesônico e de partículas pesadas, as equações que as rege, os convenientes métodos de aproximação da radiação quântica, e mesmo a própria validade da mecânica quântica. Desta maneira, pode se dizer que o processo da formação da mecânica clássica fornece uma lógica para os problemas de hoje.

Fiz a exposição acima sem me referir às fontes originais ou dados históricos. Espero poder numa outra ocasião desenvolver uma discussão mais minuciosa. Nesse ensaio apenas escrevi simplificadaamente as minhas idéias preliminares com o intuito de receber críticas e comentários dos leitores.

Tradução de Yoshinori Motoyama e
Shozo Motoyama