

3

A CONCEPÇÃO DE CIÊNCIA DE ALEXANDRE KOYRÉ

3.1

A comparação intelectual entre as produções científicas dos Medievais e dos Modernos e o descontinuísmo epistemológico.

Alexandre Koyré (1892-1964), renomado filósofo e historiador da ciência, é conhecido por suas posições acerca da descontinuidade epistemológica entre as ciências Medieval e Moderna, sobretudo no campo da física. Koyré dedica grande parte de sua obra analisando as características da ciência Moderna e busca discutir e refutar qualquer posição teórica que defenda uma continuação epistemológica entre o período moderno e o período medieval que o antecede. A física medieval, segundo considera Koyré, muito pouco subsidiou a produção científica dos pensadores modernos, sobretudo Galileu, por conta das suas especificidades epistemológicas. Como consideração inicial, podemos dizer que a modernidade promoveu uma reforma metodológica e conceitual, tanto no campo das estruturas da pesquisa científica quanto na construção dos conceitos da física e astronomia. Ele considera a ciência moderna como o completo afastamento da metodologia aristotélica, ainda presente nas teorias físicas dissidentes do estagirita no séc. XIV.

Entender esse afastamento metodológico na modernidade significa atentar para a principal característica da ciência moderna segundo Koyré. Para o nosso filósofo então, a Idade Moderna é o período do pleno uso das concepções matemáticas e base fundamental para a construção de uma física. A plena matematização da física é fenômeno privilegiado do período moderno e sua inspiração não poderia ter vindo dos predecessores medievais, que viviam em um contexto em que isso não poderia ser aplicado com tanta profundidade e agudez tal como Galileu e os demais cientistas de seu tempo. Por essa visão, caracteriza-

se a sua concepção descontinuísta onde a modernidade nada tem que ver, em sua essência metodológica e conceitual, com os medievais.

Um dos pontos centrais do debate entre a continuidade e a descontinuidade científica dos dois períodos, é a simples possibilidade de aproximação entre os conceitos de movimento, no âmbito da física, elaborados no século XIV pelo nominalismo parisiense e aquela produzida por Galileu, no século XVII. A Revolução Científica é caracterizada pelo rompimento em seu sentido mais fundamental com o paradigma aristotélico no campo de estudos acima citado, aliado à astronomia e às questões de método da pesquisa científica, a partir de um modelo matemático de investigação. No caso dos conceitos conhecidos historicamente de movimento, Koyré compara a física do *Ímpetus* e a física da *Inércia* e conclui que a primeira não poderia subsidiar a segunda pelo fato de que o contexto teórico dos medievais era completamente diferente do dos modernos. Assim, se o *Ímpetus* se coaduna com uma realidade concreta (com exemplos concretos do tipo o movimento das flechas e das balas de canhão) a *Inércia* se coaduna com um espaço completamente abstrato, especulado teoricamente, melhor dizendo, produzido pela racionalidade humana (o postulado do vácuo).

Em seu artigo *Galileu e Platão*⁴², Koyré nos mostra como, mesmo tendo como finalidade se apresentar como uma alternativa crítica ao pensamento físico de Aristóteles, o conceito da física do *Ímpetus* não pode se aproximar do conceito físico de *Inércia*, tendendo a estar mais próximo da própria física aristotélica, não representando, portanto, um progresso considerável em relação ao paradigma estagirita a ponto de iniciar um processo revolucionário no campo da física. O motivo é simples: no *Ímpetus* não se observa ainda um esforço amadurecido de se aplicar a matemática nos estudos sobre o movimento:

A física do *Ímpetus* fez muito pouco progresso durante os mil anos que separam Fílon de Benedetti. Mas nos trabalhos deste último, e de modo mais claro, mais coerente e mais consciente nos do jovem Galileu, encontramos um resolutivo esforço para aplicar a essa física os princípios da “filosofia matemática” sob a evidente e inegável influência de Arquimedes, o sobre-humano.⁴³

⁴² -KOYRÉ, Alexandre, *Estudos de história do pensamento científico*, ed. Forense Universitária.

⁴³ - Koyré, 1991, p. 164.

Apesar de se observar essa maturidade no período moderno, o novo conceito de movimento não deixou de ser paradoxal ou de ter que resolver dilemas, apesar de o senso comum em geral nos dias de hoje, considerá-lo “claro e evidente”. Em uma época, em que se tinha dois mil anos da doutrina cosmológica aristotélica como paradigma, baseada no conceito de hierarquia e divisão cristalizada dos campos do saber (onde a matemática, por ser um conhecimento abstrato, não podia ser utilizada como instrumento de estudo do mundo real, qualitativo), ter um salto metafísico para o conceito de relatividade do movimento e do espaço⁴⁴ era um tanto embaraçoso e de difícil explicação, já que o senso comum confiava plenamente naquilo que os sentidos apreendem acerca do movimento (como dizia Aristóteles, na presença do motor como aspecto indispensável para a execução do movimento de um corpo). Isto é, o movimento que em nada altera o corpo, a não ser que ele esteja em movimento em relação à outro corpo em repouso.

Logo, movimento e repouso, na modernidade, não traziam nenhuma transformação ontológica ao corpo ao passo que para Aristóteles, o movimento trazia a atualização para o corpo, alteração ontológica cabal. Assim, o movimento é tão somente estado de um corpo, que necessariamente independe da força para se manter, a não ser para alterar o seu estado (aplicar a força para a alteração do estado de movimento para o estado de repouso, como se descreve a famosa 1ª lei da inércia de Newton). Importante também lembrar que, ao contrário do pensamento aristotélico, a ciência moderna admite a idéia do caráter de persistência do movimento, que só é possível se admitimos a existência do vácuo (espaço onde não existe nenhum elemento de resistência em relação ao corpo em movimento ou em repouso), sendo um outro contra-testemunho em relação aos sentidos. Koyré afirma então que, para que se afirme a possibilidade do vácuo e do movimento persistencial (o mesmo que movimento inercial), é preciso imaginar, ou abstrair com os olhos da razão e não dos sentidos, um espaço geométrico, abstrato para que as leis do movimento tão evidentes para nós nos dias de hoje, possam se verificar efetivamente. Para Koyré, esse salto, que além de trazer mudanças significativas para a física e para a construção dos métodos de pesquisa

⁴⁴ -Não no sentido de Einstein, pois na modernidade o relativo dizia respeito à desnecessidade de se alterar ou não o aspecto ontológico dos corpos em movimento ou em repouso, enquanto que para o cientista alemão, espaço e tempo são relativos em relação ao espectador, enquanto que para a modernidade, espaço e tempo são absolutos, invariáveis em relação ao espectador.

científica (por exemplo, o método hipotético – dedutivo)⁴⁵, representa a alteração de um modo de ver a realidade constituída durante milênios, era fundamentalmente baseada no testemunho dos sentidos sobre os fenômenos físicos (inclusive do movimento dos corpos, objeto de estudo fundamental da física). Podemos resumir esse salto metafísico fundamental da modernidade pela capacidade de explicar a realidade nos termos das entidades abstratas e na visão de infinitude do espaço (número, vácuo e espaço geométrico):

Não é surpreendente que o aristotélico se tenha sentido pasmado e perdido diante desse alucinante esforço para se explicar o real pelo impossível ou, o que dá no mesmo, para explicar o ser real pelo ser matemático, porque, como já afirmei, os corpos que se movem em linha reta num espaço vazio infinito não são corpos reais que se deslocam em um espaço real, mas corpos matemáticos que se deslocam num espaço matemático.⁴⁶

Portanto, a questão fundamental é o direito dado às matemáticas de investigar o Ser⁴⁷, tão caro ao pensamento aristotélico, mas óbvio para nós hoje. Segundo Koyré, Galileu discute e busca provar a possibilidade de se explicar matematicamente a física terrestre, em oposição ao olhar não – matemático do senso comum e de Aristóteles. Galileu, portanto, busca conferir os mesmos estatutos à física terrestre e celeste, ligadas pelo elo matemático. Essa visão permeia a sua obra principal *Diálogo sobre os dois sistemas* ao invés de fazer um simples contraponto de dois sistemas antagônicos.

Ainda segundo Koyré, a modernidade é “herdeira” da discussão entre Platão e Aristóteles sobre a visão matemática da realidade, sendo que Galileu se envereda numa posição platônico-pitagórica sobre a maneira de investigar e observar a realidade, que como foi repetido algumas vezes aqui, é eminentemente matemática (geométrico):

⁴⁵ - O método de investigação científica da modernidade será explicado mais adiante.

⁴⁶ - Alexandre Koyré in, *Estudos de história do pensamento científico*, p. 166.

⁴⁷ - No sentido da constituição ontológica da realidade e dos corpos inseridos nela. Assim como Platão, Galileu idealiza a realidade através da geometria, conseqüentemente, habilitando a matemática a falar sobre a realidade, que dentro da perspectiva aristotélica é negado. A partir de Galileu, fomos herdeiros desta concepção teórica, predominante nos estudos acadêmicos (desde o ensino fundamental até o ensino superior).

De fato, o papel e o lugar das matemáticas na ciência não é um problema muito novo. Muito pelo contrário: durante mais de dois mil anos, foi objeto da meditação, da pesquisa e da discussão filosóficas(...)Vê-se que, para a consciência científica e filosófica da época moderna, está embasada na linha divisória entre o aristotélico e o platônico. Se alguém reivindica para as matemáticas uma posição superior, se lhes atribui um real valor e uma posição decisiva na física, trata-se de um platônico. Pelo contrário, se alguém vê nas matemáticas uma ciência abstrata e, portanto, de menor valor do que aquelas – física e metafísica – que tratam do ser real; se, em particular, alguém sustenta que a física não precisa de nenhuma outra base senão da experiência e deve edificar-se diretamente sobre a percepção, que as matemáticas devem contentar-se com o papel secundário e subsidiário de simples auxiliar, trata-se de um aristotélico(...)O Diálogo escrito por Galileu trata desta questão(...)Acabo de chamar de Galileu de platônico. Ademais ele próprio o diz.⁴⁸

Aos olhos do cientista aristotélico, encontrar-se-ia dificuldades em matematizar as qualidades, uma vez que o mundo sublunar é o mundo das contingências e das mudanças; o mundo da cor e do sabor e das alterações complexas. Assim, a matemática não poderia fornecer nenhuma mensuração para se calcular ou precisar o movimento. Matematizar o real é o mesmo que não olhar qualitativamente para o estatuto ontológico de cada corpo existente e, além disso, no mundo sublunar aristotélico, existe o movimento como aperfeiçoamento ou atualização, dado o caráter imperfeito do mundo terrestre. Sendo assim, à matemática estaria reservada a mensuração do movimento dos corpos celestes, que são perfeitos e perfeitamente abstraíveis.

Apesar da evidência da física de Galileu e Newton, é exatamente, portanto, na discussão sobre o Ser e a sua possível matematização, que reside a Revolução Científica. Como é afirmação clássica de Koyré, a matematização da física trouxe conseqüências metafísicas fundamentais, que seriam a dissolução do cosmos hierarquizado e cuidadosamente estabelecido e a fusão das duas físicas (a celeste e a terrestre sob o elo matemático)⁴⁹. Essa fusão redundava na observação da realidade como algo abstrato, geométrico, puramente quantitativo, que obriga Galileu a afirmar: “o livro da natureza está escrito em caracteres matemáticos”⁵⁰, opondo-se radicalmente àquela concepção de uma realidade qualitativa, contingente através da radical necessidade de suas demonstrações ou de suas demonstrações axiomáticas.

⁴⁸ - Koyré, 1991, pp. 166 - 167 - 170.

⁴⁹ - Idem, p. 155.

⁵⁰ -cf. Koyré, 1991, p. 166.

A reboque das discussões sobre o estatuto da física moderna, temos as alterações na pesquisa científica neste mesmo período. Também aliado a isso, devemos pensar no papel exercido pelos instrumentos na pesquisa científica. A ciência moderna, em seu sentido revolucionário, é caracterizada, além do conceito de infinitude, pelo rigor da precisão das demonstrações matemáticas. A ciência de Galileu, Kepler e Newton, é a ciência da precisão e isso só é possível se pressupusermos um espaço preciso – o da geometria. É só na modernidade, que o instrumento e o direcionamento da pesquisa científica atendem a estrita precisão, relegando, ao segundo plano, os sentidos. O ponto cabal do desenvolvimento teórico da ciência moderna é o conceito de precisão, característico da linguagem matemática. Fundamentalmente, os instrumentos de medida obedecem a um esquema teórico - racional. É na ciência moderna que nasce, pela matematização da física, o método de pesquisa hipotético – dedutivo:

Foi por necessidades puramente teóricas para alcançar aquilo que não é alcançável por nossos sentidos, para ver o que ninguém viu, é que Galileu construiu seus instrumentos, o telescópio depois o microscópio (...) Todavia, não foi da relojoaria dos relojoeiros que finalmente saiu a relojoaria de precisão. O relógio dos relojoeiros nunca ultrapassou – e nunca poderia fazê-lo – o estágio do “quase” e o nível do “mais – ou – menos”. O relógio de precisão tem uma origem totalmente distinta. Não surge de seu uso prático. Ele é um instrumento, ou seja, uma criação do pensamento científico, ou melhor, a realização consciente de uma teoria.⁵¹

É da realização consciente de uma teoria que nasce a sua instrumentalização; é de uma hipótese, que é produto da razão, que são aplicados os instrumentos com o intuito de comprová-la. Assim é por meio da teoria que gira a produção científica e não das observações empíricas. Segundo Koyré, isto só foi possível por conta da matemática, que é eminentemente teórica. A ciência é, portanto eminentemente teórica à qual se subordinam as demais instâncias:

Não é menos certo que a conexão entre teoria e prática possa ser estreita: os grandes instrumentos da física nuclear são usinas. E nossas usinas automáticas não são mais que a teoria encarnada, como o são, aliás, muitos objetos de nossa vida cotidiana, desde o avião que nos transporta até o alto-falante que nos permite sermos ouvidos.⁵²

⁵¹ - KOYRÉ, Alexandre, *Estudos de história do pensamento filosófico*, pp. 280 e 283.

⁵² - Estudos de história do pensamento científico, p. 375.

Assim, é na modernidade que a ciência se torna efetivamente teórica, matemática, precisa em relação à ciência do período anterior. Não é no século XIII – XIV que encontramos aspectos revolucionários na ciência, pois este é um fenômeno que rompe em suas estruturas mais fundamentais com o paradigma científico anterior. Em outras palavras, a ciência medieval não progrediu porque simplesmente ofereceu apenas uma alternativa à física aristotélica, mas porque em suas estruturas mais fundamentais, se serve dela. Como disse anteriormente, de acordo com Koyré, o conceito de inércia nunca pode ser visto como originado no conceito de ímpetus. O método científico daqueles que, na Idade Média, se propuseram ser uma alternativa a Aristóteles, não pode ter ligação com o método científico de Galileu e os demais modernos. Logo, pela percepção da presença do pensamento aristotélico na epistemologia medieval, impede-se qualquer continuísmo entre as duas ciências (medieval e moderno).

Dada esta prerrogativa, Koyré investiga a discussão sobre a possibilidade do movimento no vácuo, bem como a pluralidade dos mundos como prova a favor do continuísmo entre as duas ciências. Fundamentalmente, a discussão sobre este tema se insere no plano teológico e não no científico. Assim, ao afirmar a eternidade de Deus, ou sua infinitude, não seria o mesmo que o universo infinito tal como ou de forma aproximada, o dos modernos. No período moderno, o espaço infinito está ligado à visão matemática do próprio espaço, que iria, na opinião de Koyré radicalmente contra qualquer epistemologia qualitativa do período anterior. Assim, de acordo com as condenações de 1277 de Étienne Tempier, baseado em Aristóteles: “fora do mundo não há nada, nem vácuo”⁵³.

Com isso, o infinitismo cristão é teológico e não há possibilidade científica, através de hipóteses e experiências constituídas pela teoria ou pela racionalidade humana. Neste tipo de concepção infinitista, o universo só é visto como tal na medida em que participa da própria infinitude de Deus. O universo, por si só, é finito, hierarquizado e cuidadosamente arquitetado. E “mover o universo em linha reta” tenderia ao infinito e com isso, equipararia a criatura ao criador, uma contradição absurda e que deveria ser radicalmente combatida. Nas palavras de Koyré:

⁵³ -cf. Estudos de História do pensamento científico, p. 24.

Poderíamos questionar se a oposição entre o finitismo grego e o infinitismo cristão, no qual Duhem e tantos outros insistem, é realmente tão justificável quanto eles acreditam. Poderíamos até mesmo sustentar o contrário. De fato, o pensamento grego – de onde não se deveria excluir Demócrito – sempre esteve bem de acordo com a noção de eternidade do universo, ou seja, de sua infinidade no tempo, concepção que o pensamento cristão sempre combateu encarniçadamente, ainda que às vezes admitindo – como São Tomás e seus partidários – a impossibilidade de apresentar contra ela uma refutação racional. E se valorizarmos que o pensamento grego – o de Aristóteles e dos estoícos – impôs ao universo um limite espacial, poderemos responder que não é seguro que uma metafísica criacionista, possa estar mais de acordo com um universo infinito (que aliás ela combateu o quanto pode, tanto sob sua forma democriteana quanto sob sua forma moderna), do que com universo infinito⁵⁴.

A física do ímpetus, no seu aspecto mais fundamental, coaduna-se com a física aristotélica. Por mais redundante que possa parecer, deve-se pensar nas implicações metafísicas desse postulado. É, portanto, uma física do espaço qualitativo, em que se observa as alterações concretas, empíricas dos corpos em movimento e que as evidências dos sentidos, são os fundamentos da pesquisa científica. A matemática, quando muito, na visão de Koyré seria apenas um instrumento auxiliar para a mensuração dos níveis da mudança concreta dos corpos. Mas a modernidade fez mais que isso, para Koyré. Nos séculos XVI – XVII houve uma grande transformação do pensamento. Houve uma reforma do pensamento, a ponto de se transformar a forma de se ver o espaço e o movimento, a saber, homogêneos. Aqui reside a diferença principal entre o ímpetus e a inércia: enquanto que o ímpetus pressupõe uma força motora, que fornece o impulso de aceleração inicial e que após isso o corpo se impregna da força, que lhe vem externamente, a inércia não pressupõe a força motora e muito menos pressupõe alterações qualitativas nos corpos. Isso levou a uma alteração profunda no método de pesquisa: a substituição dos sentidos pela especulação racional na criação das teorias. A inércia é corroborada, portanto, no âmbito de um contexto teórico e os sentidos (ou os instrumentos executados pelos sentidos), são guiados ou comandados pela racionalidade. É só através de uma contextualização teórica que foi possível fundamentar uma concepção capaz de derrubar todo um paradigma que durante 2000 anos era o fundamento e o sentido de todas as explicações

⁵⁴ - Idem, p. 24.

científicas. Ainda, criar o contexto intelectual que tornara possível uma nova construção teórica:

Isso nos permite compreender porque a descoberta das leis fundamentais do movimento na modernidade exigiu um esforço considerável: é que eles não tinham que simplesmente estabelecer essas leis que hoje são simples e evidentes, mas de criar e de construir o próprio contexto que tornaria possíveis estas descobertas. Para começar, tiveram reformar o nosso próprio intelecto; fornecer-lhe uma série de novos conceitos; elaborar uma idéia nova da natureza, uma nova concepção de ciência, vale dizer uma nova filosofia.⁵⁵

Pela citação acima podemos afirmar, na visão de Koyré, que na ciência moderna os conceitos científicos anteriormente elaborados simplesmente não evoluíram, mas esta simplesmente os transformou através de um novo contexto teórico que passa pela nova visão do espaço e do movimento, objetos de estudos caros à física. Mais uma vez, a visão do ímpetus era ainda de um espaço concreto não-matemático e embora se proponha uma alternativa à física aristotélica, as suas prerrogativas (no que diz respeito às influências externas ao corpo no ato do movimento), são as do filósofo estagirita. É muito profunda a assertiva de Galileu: “o livro da natureza está escrito em caracteres geométricos”, a ponto de nós não nos darmos conta dessa profundidade. Essa assertiva representa exatamente a reforma do intelecto, pregada por Koyré e exposta na citação acima; é o momento na qual a mecânica é vista como um dos ramos da matemática. Anterior a isso, a física e a matemática são ramos diferentes e essa diferença era expressa na diferença entre Astronomia e Física, onde uma utilizava a matemática para o movimento dos corpos celestes, que se pressupunha perfeitas e abstratas, a Física se utilizava fundamentalmente das observações dos sentidos e das generalizações como consequência deste processo observatório. Na ciência moderna esses dois saberes se fundem através do olhar matemático. Consequência disso é que na ciência moderna o espaço se identifica com a geometria e o movimento é apenas o translado geométrico, sem nenhuma implicação qualitativa para os corpos afetados pela força. Isso quer dizer que na física aristotélica, a força promove alteração nos corpos, daí as diferenças entre movimento local e violento; na física de Aristóteles, todo o corpo deve estar em seu local predeterminado e o movimento representa a tendência de o corpo buscar o seu lugar no espaço (os

⁵⁵ - Estudos de história do pensamento científico, p. 183.

corpos pesados tendem a cair enquanto que os corpos leves tendem a subir). Na física moderna, estado de repouso e estado de movimento são relativos ou indiferentes aos corpos em referência.

Assim, os estados dos corpos ocorrem em relação aos outros que se movimentam supõe o contrário. Ou seja, um corpo está em movimento em relação a outro que esteja em repouso. A força aplicada aos corpos serve apenas para conferir-lhes estados que com isso, não afetariam os corpos em si. A citação a seguir reflete bem o que Koyré coloca como fundamento e características do princípio de inércia, próprio da modernidade:

O princípio de inércia pressupõe: a) a possibilidade de isolar o corpo de toda a sua entourage física e de considera-lo simplesmente como existente no espaço; b) a concepção do espaço que o identifica com o espaço homogêneo infinito da geometria euclidiana; c) uma concepção do movimento e do repouso que os considera como estados e os situa no mesmo nível ontológico do Ser.⁵⁶

De forma madura, a Revolução Científica é fundamentalmente operada por Galileu, através da especulação do movimento inercial. Porém, Koyré afirmará que o germe para o desenvolvimento da nova física é fornecido por Copérnico, na discussão com os aristotélicos sobre o movimento da Terra. Isso trouxe duas implicações: 1- o fornecimento da explicação de que todas as coisas fazem parte do movimento da Terra como movimento natural, e assim, polemicamente vai colocar o Sol e não a própria Terra como centro do Universo; e 2- conseqüentemente pelo fato de todos os corpos fazerem parte do movimento da Terra, como supôs Copérnico, há uma tentativa, ainda que não com intenção ou maturidade científica, de uma fusão da Física celeste com a Física terrestre. Segundo Koyré, Copérnico tenta explicar o movimento de queda dos corpos que caem curvilinearmente ao invés de retilinearmente, como prova da participação dos corpos do movimento da Terra.⁵⁷

Interessante notar que para Copérnico, por mais que ele houvesse feito cálculos para corrigir as tabelas planetárias feitas por Ptolomeu⁵⁸ com fins de se

⁵⁶ - Estudos de história do pensamento científico, p. 185.

⁵⁷ - Idem, p. 188.

⁵⁸ - Em 1507, a pedido do Papa Leão X, deve se considerar o problema da relação do calendário com as estações do ano, dada a discrepância que havia entre os elementos citados. Copérnico havia percebido, retomando Nicolau de Cusa e Aristarco de Samos, que em relação à Terra, os cálculos

corrigir o calendário de modo a coaduná-las com as estações do ano, a motivação de fundo de suas construções teóricas era profundamente teológico. Segundo Koyré, por mais que o postulado de Copérnico tenha redundado nas duas implicações acima citadas e que foram percebidas e levadas adiante por Galileu, por conta de seu caráter teológico, o seu sistema, além de ser de difícil apreensão pelos seus contemporâneos, não se constituía também como um sistema físico no seu sentido moderno. Ainda em Copérnico, veríamos elementos aristotélicos no que diz respeito ao movimento dos corpos celestes e a pretensão de se aplicar ao movimento da Terra como mera participação (entendido que o movimento que ocorre na Terra não receberia diretamente influência do próprio movimento terrestre). É a partir de Galileu que temos uma tentativa madura de observar o conceito de movimento, no âmbito da mecânica: conforme dito acima, o movimento como *relatividade*, própria do movimento inercial.

Mas, antes de Galileu, devemos nos ater brevemente à importante contribuição de Giordano Bruno, na esteira das conseqüências dos postulados teóricos de Copérnico. É Bruno um dos primeiros a postular a idéia de universo infinito, aberto, implicando, conseqüentemente, no abandono, em parte, da idéia de lugar e movimento naturais, tão próprias de uma cosmologia não – relativista.⁵⁹ O espaço, também de acordo com a influência platônica, é “receptáculo” e não, de acordo com Aristóteles, “invólucro”. O termo “invólucro” pressupõe naturalidade, de algo que naturalmente pertence a outro. Em Aristóteles, o espaço é o lugar natural de um corpo, estrutura fundamental, como foi diversas vezes repetido, de uma estrutura hierárquica. Mas devemos ainda, de acordo com Koyré, entender que apesar de uma percepção da infinitude do universo e do espaço e de uma pretensa visão relativa do movimento, não devemos considerar Bruno o autor revolucionário. De acordo com a concepção de ciência eminentemente teórico-racional, Bruno postula a nova astronomia baseada em elementos mítico - herméticos, assim como Copérnico, em grande parte; e quanto ao conceito de

seriam facilitados se se pressupusesse que esta girasse em torno do Sol. Assim, pelo postulado do movimento da Terra, poder-se-ia descrever matematicamente as posições, por exemplo, de Mercúrio e Vênus e Júpiter. Copérnico tratou de publicar esta tese apenas como um artifício para se aprimorar os cálculos matemáticos, mas posteriormente, não sem polêmica, sobretudo com Galileu, seria apresentado como um novo sistema solar: o Sol no centro e todos os outros planetas (inclusive a Terra), girando em torno dele.

⁵⁹ - Nicolau de Cusa havia antes postulado a idéia de um Universo infinito, mas fortemente ligado à uma visão teológica de cosmos. Porém é em Bruno, que isto vem acompanhado de uma tentativa de se desvencilhar do paradigma dominante (Lê-se aristotélico).

movimento, este ainda não chega ao movimento inercial, servindo-se da física parisiense⁶⁰ que tem por postulado a física do ímpetus. Isso quer dizer que para Bruno, necessariamente o movimento da Terra não influencia o movimento que ocorre nela; mas que os corpos que participam dos seus lugares imediatos contém neles parte de sua causa motriz:

Bruno demonstra que o lugar de origem, como tal, não desempenha nenhum papel na definição do movimento (do trajeto) do corpo que se move, e que o importante é a ligação – ou falta de ligação – entre esse lugar e o sistema mecânico. Um “lugar” idêntico pode até – horrible dictu – pertencer a dois ou mais sistemas. Assim, por exemplo, se imaginarmos dois homens, um encarapitado no alto do mastro do navio que passa sob uma ponte e outro, de pé, sobre a ponte, poderemos imaginar também que, em certo momento, as mãos desses dois homens estarão num lugar idêntico. Se, neste momento, cada um deles deixa cair uma pedra, a do homem que se acha sobre a ponte cairá verticalmente na água, enquanto a pedra do homem no mastro seguirá o movimento do navio e cairá ao pé do mastro. Bruno explica a causa desse comportamento diferente pelo fato de que a segunda pedra, partilhando do movimento do navio, retém nela uma parte da causa motriz de que se acha impregnada.⁶¹

Por detrás de todas as explicações sobre o movimento está a busca pelo fato ou fenômeno. A crise gerada no seio da doutrina aristotélica e as várias tentativas de se criar alternativas a ela, na verdade é expressão de uma grande dificuldade de se explicar o fenômeno. A história da ciência, ou mais, da revolução científica, é a história da construção dos caminhos (criações teóricas e de suas extensões, o experimento) que permitiram a coadunação entre o fato e as produções técnico-racionais. Assim, na ótica de Koyré, é em Galileu que a teoria de Copérnico encontra a repercussão que muitas vezes as pessoas costumam atribuir ao próprio polonês⁶² pelo que se atribui a ele também o papel de “pai” da ciência moderna. Bruno também tentou dar o suporte à doutrina copernicana, mas não com a mesma repercussão encontrada em Galileu. A diferença? Isto é um tanto óbvio: Bruno ainda não rompeu de todo o “invólucro” do cosmos aristotélico, através de uma visão de espaço e movimento puramente geométricos e relativos. Segundo Koyré⁶³, isso é efetivamente iniciado por Galileu, encontrando ressonâncias em

⁶⁰ - Koyré 1991, p.p. 189 – 190.

⁶¹ -Idem, p. 189.

⁶² - Copérnico(1473 –1543) era Padre e astrônomo polonês.

⁶³ - Koyré 1991, p 191.

Kepler (fundamentalmente no âmbito da Astronomia onde ele postula a idéia de movimentos elípticos para explicar os supostos movimentos irregulares de Marte) e cristalizando-se em Newton.

Galileu trata de tornar a teoria de Copérnico uma possibilidade científica. Embora se encontre essa intenção no próprio Copérnico, é com Galileu que o movimento em torno do Sol é efetivamente considerado científico. Embora Galileu seja um teórico e tenha se preocupado fundamentalmente com especulações teóricas (sobre o movimento e sobre a posição dos planetas, por exemplo), um dos traços principais de sua conduta científica é o experimento. Vimos com Koyré que embora isso seja admissível em Galileu, nunca devemos nos esquecer que este traço principal é produto de todo um trabalho intelectual, ou simplesmente extensão contingente da teoria. Afinal, é no âmbito do intelecto que concebemos *a priori* um espaço geométrico e infinito e a experiência corrobora, comprova ou refuta a teoria proposta. É na conduta teórica de Galileu que vemos surgir o método hipotético-dedutivo, onde se postula a teoria e a experiência põe à prova a teoria. Refutou-se, através do descobrimento das manchas solares pelo telescópio, a idéia de que os corpos celestes sejam incorruptíveis e estáveis. É também dessa forma que Copérnico ganhou repercussão. Em sua principal obra *Diálogos sobre os dois máximos sistemas* Galileu, através do personagem cognominado Salviati, defende e comprova a veracidade do sistema copernicano. Sendo assim, Galileu afirma:

Simplício: Mas a partir do que concluí que não é a Terra, mas o Sol que está no centro das revoluções dos planetas?

Salviati: Conclui-se a partir de observações evidentíssimas, e por isso mesmo necessariamente concludentes; por exemplo, Vênus, quando muito afastada, encontra-se seis vezes mais distante de nós que quando está mais próxima e Marte eleva-se quase oito vezes mais numa posição que em outra. Vede, portanto, se Aristóteles se enganou pouco ao acreditar que eles estivessem sempre igualmente distantes de nós.

Simplício: Mas quais são os indícios de que eles movem em torno do sol?

Salviati: *Isso se conclui, para os três planetas superiores, Marte, Júpiter e Saturno, a partir deles se encontrarem sempre muito próximos à Terra quando estão em oposição ao Sol, e muito distantes quando estão em conjunção; e esta aproximação e afastamento tem tanta importância que, quando Marte está próximo, vê-se 60 vezes maior que quando está afastadíssimo. De Vênus e de Mercúrio tem-se certeza de que giram em torno do Sol, porque nunca se afastam*

*muito dele e porque os vemos ora acima, ora abaixo, como se conclui necessariamente de mudança de figura em Vênus.*⁶⁴

A citação acima é uma apresentação dos argumentos pelos quais Copérnico teria razão, na ótica de Galileu, pelo argumento das figuras de Vênus ou das fases de Vênus. Mas que tal argumento é fruto de um postulado teórico, com intenção científica e que isto é de alguma forma expressa na experiência. Mas, para Koyré, o fato de a experiência ser um mero tentáculo da teoria, ou da razão, pode-se dizer que a ciência é antes um campo puramente teórico, sem depender necessariamente da observação ou comprovação empírica. Segundo ele, foi isso – ou melhor, a falta disso – que impediram Giordano Bruno, Tycho Brahe e até mesmo Kepler (no âmbito da física) de realizarem aquela revolução tal conhecemos de Galileu que promoveu o ataque fundamental nas estruturas do aristotelismo: a suficiência da razão em relação aos sentidos. Não que a experiência, não seja importante, mas ela não é mais o fundamento da postura científica. Assim, com o dado dessa suficiência da racionalidade, é possível pensar a realidade matematicamente, fruto do puro pensamento e que segundo Koyré é a principal característica da Revolução Científica:

Mas de fato, não podemos pensar no movimento no sentido do esforço e do ímpetus; nós o podemos apenas imaginar. Portanto, temos de escolher entre pensar e imaginar. Pensar com Galileu ou imaginar com o senso comum. Pois é o pensamento, o pensamento puro e sem mistura e não a experiência e a percepção dos sentidos, que constitui a base da “nova ciência” de Galileu Galilei.⁶⁵

A Revolução operada por Galileu, de acordo com Koyré, vai contra três pilares fundamentais do paradigma aristotélico: a autoridade, a tradição e o senso comum. Segundo o filósofo da ciência, essa nova ciência afasta-se da perspectiva do senso comum, que é fundamentado na evidência sensorial e, portanto, aristotélico. A tradição e a autoridade estão representadas pela Igreja, que consagrou o estagirita como o pilar fundamental do pensamento científico. Nenhum dos antecessores e mesmo contemporâneos de Galileu teriam levado a

⁶⁴ - Galileu Galilei, *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo*, trad. Pablo Rubén Mariconda, p. 407.

⁶⁵ -Estudos de História do pensamento científico, p. 193.

termo a estruturação da ciência moderna e com isso, dada a forma metodológica de se observar os fenômenos, ainda estavam enredados na estrutura científica de Aristóteles. Galileu explica fatos, como a já citada queda de um objeto do alto da ponte e do alto do mastro do navio e a possibilidade de estes caírem no pé do mastro através de especulações teóricas, sem necessariamente fazer uso da experiência, postulando, por exemplo, a ideia da relatividade física do movimento. Koyré, parafraseando Galileu afirma: “a boa física se faz *a priori*”⁶⁶, marca fundamental da nova física e conseqüentemente da nova ciência. É dessa postura que nasce a inércia no seu sentido moderno: onde a força é aplicada para apenas mudar o estado de movimento para o estado de repouso e vice-versa e com isso, os dois estados estão em um mesmo nível ontológico e o corpo permanece “inalterado” quando este muda de estado⁶⁷.

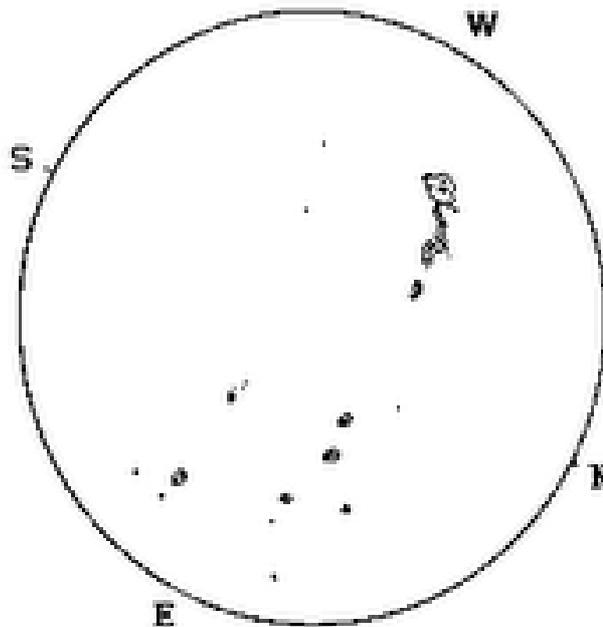


Fig.5 Manchas solares vistas por Galileu e descritas em sua obra Mensageiro das Estrelas.

⁶⁶ - Idem, p. 193.

⁶⁷ - Vale lembrar que o movimento inercial se encontra realmente formulado por Newton, mas este insight teórico teria início com Galileu com, por exemplo, o movimento do pêndulo. Kepler, nos estudos sobre o movimento físico, na ótica de Koyré, ainda não teria conseguido romper com Aristóteles na medida que postula a lei de atração dos corpos para o seu lugar na terra. Essa é uma explicação para responder ao questionamento da possibilidade do movimento centrífugo de todas as coisas, já que estas participariam do movimento da Terra. A lei de atração se explica fundamentalmente pela existência de “elásticos” presos aos corpos e ligados ao seu lugar, dando a idéia de causa do movimento. Kepler admitia que o movimento terrestre só é possível através de força motriz. Cf Koyré 1991, p. 191.

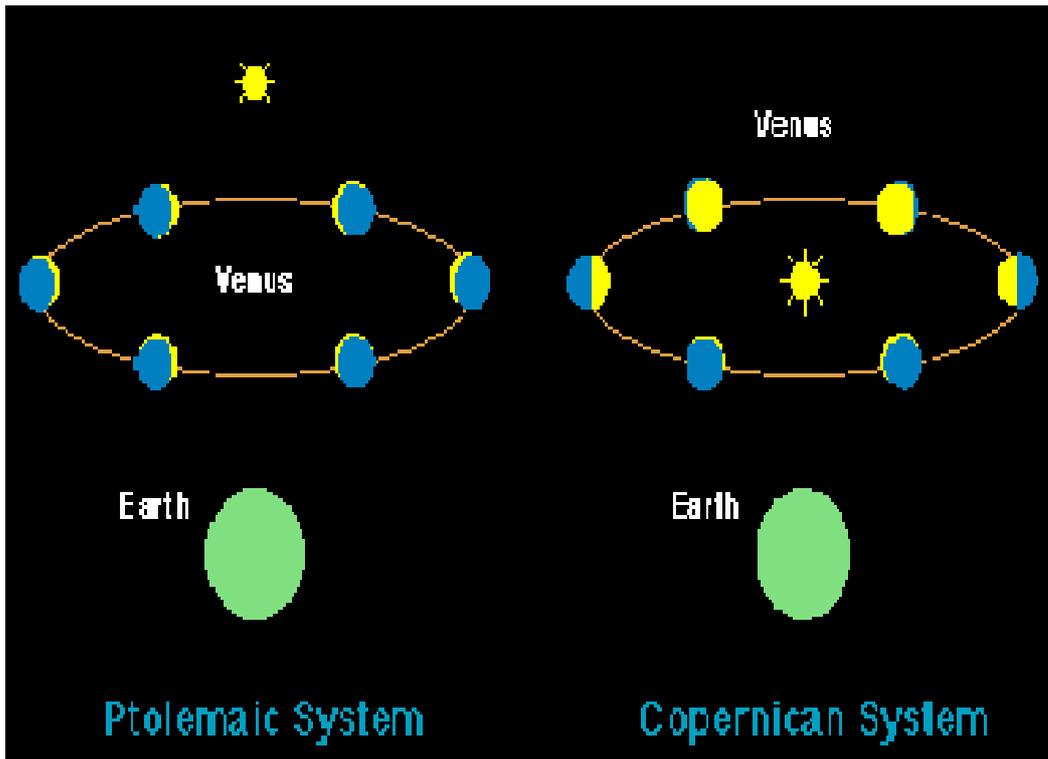


Fig.6 As fases de Vênus vista por Galileu através de seu telescópio. Essa observação é o argumento principal em favor do sistema heliocêntrico de Copérnico, mas que ganhou repercussão em Galileu.

A partir desse sentido de visão de ciência como teoria, Koyré fundamenta as suas posições descontínuistas. Assim, ele analisa os argumentos dos continuístas, sobretudo de Crombie, entre as ciências Medieval e Moderna, no que diz respeito às concepções metodológicas de ciência nestes dois períodos e suas possíveis ligações e ainda, as ligações entre as expressões conceituais construídas no campo da física nestes dois períodos.

Em suas análises dos argumentos crombianos, Koyré afirma que a metodologia da ciência moderna é a busca da precisão e não da probabilidade. A geometrização do espaço e a estrita matematização da física são os critérios fundamentais dessa mentalidade precisa. Segundo Koyré, Grosseteste, que segundo Crombie seria o grande autor e nome da Revolução Científica do século XIII, ainda está ligado ao aristotelismo porque embora ele busque matematizar a física, ele com certeza não geometrizou o espaço. A visão de realidade, segundo Koyré é fundamentalmente aristotélica. Além disso, de acordo com Koyré, Crombie teria afirmado que a novidade trazida pelos cientistas medievais nos séculos XII – XIII, é o desenvolvimento, dentro da metodologia científica, do

processo dedutivo em que se analisa o fenômeno e o remete a uma teoria e vice-versa. Mas que tudo isso estaria enredado num sistema de causas. Diz Koyré citando Crombie:

Na concepção da ciência, diz Crombie que Grosseteste como os filósofos do século XII que o precederam adquirira de Aristóteles, havia um duplo movimento: da teoria à experiência e da experiência à teoria. Assim, em seu comentário sobre as Segundas Analíticas, Grosseteste diz: “há dois caminhos que nos levam do conhecimento já existente ao (novo) conhecimento, a saber, do mais simples o mais complexo, e inversamente, isto é, dos princípios aos efeitos e dos efeitos aos princípios. Conhecia-se cientificamente um fato, acreditava ele, quando era possível deduzi-lo de princípios anteriores, melhor conhecidos, que constituíram suas causas. Na realidade, isso significava ligar o fato a outros fatos através de um sistema de deduções .⁶⁸

Acrescente-se à citação a presença, no campo das matemáticas, do método da análise e síntese, que realiza o movimento do conhecimento dos fenômenos simples (“síntese”) aos complexos e a “análise”, que é a busca dos fenômenos complexos em direção aos fenômenos simples⁶⁹.

Assim, de acordo com Koyré, Crombie ainda assinala uma outra suposta novidade epistemológica trazida por Grosseteste: para a verificação e o controle de teorias, no campo das ciências da natureza, aplicar-se-iam os métodos da resolução e da composição, onde se buscaria verificar ou refutar as causas falsas ou verdadeiras dos fenômenos, num tipo de combinação entre razão e experiência, que serviria de base para a ciência de Galileu e cerne da práxis experimental.

Para Koyré, a ciência não deve nada, ou muito pouco à experiência empírica. Como ponto de partida da discussão entre ele e Crombie está justamente a questão da relação entre teoria e práxis. Para Crombie, apesar de a racionalidade direcionar a experiência, como vimos no capítulo I, quando nos fala de Grosseteste, para ele, é no direcionamento à práxis que está, no seu sentido metodológico, a constituição da nova ciência. Koyré aponta para o positivismo metodológico, onde a *empíria* é o fundamento determinante das construções teóricas. Assim, em Crombie, a experiência é extensão necessária e até mesmo vital da teoria, ou racionalidade. Isto seria observado no período histórico do

⁶⁸ - Idem, p. 61.

⁶⁹ - Este método tem origem grega, como o próprio Aristóteles descreve em seus Segundo Analíticos.

“surto” da tecnologia medieval⁷⁰ onde também indica uma mudança de postura da Igreja: a atenção da Igreja estava voltada estritamente para o alcance da Vida Eterna, mas que neste período, desviava-se para este mundo⁷¹. Vimos que em Koyré, a Revolução Científica é *eminente* teórica e a experiência empírica é uma extensão contingente, não necessária da própria teoria.

Koyré insinua então, criticando Crombie, que a ciência moderna seria positivista no sentido da supervalorização da experiência em detrimento da teoria. Isso significaria dizer que com as devidas diferenças, Galileu teria aplicado a ciência experimental medieval, iniciada por Grosseteste, só que ampliando as dimensões da aplicação das matemáticas (tanto no que diz respeito às construções dos instrumentos científicos quanto na questão do englobamento das ciências da natureza à física matemática já implantada pelo próprio Grosseteste. Essa postura teórica de Crombie é denunciada por Koyré, através do oposto: a teoria (que é eminentemente matemática) é encarnada nos instrumentos externos à mente:

Quanto a mim, não acredito que o nascimento e o desenvolvimento da ciência moderna possam explicar-se pelo fato de que o espírito se tenha desviado da teoria para a práxis. Sempre pensei que essa explicação não concordava com o verdadeiro desenvolvimento do pensamento científico, mesmo no século XVII(...)Na realidade, a invenção do arado, do arado, da biela e da manivela e do leme a ré, nada tem que ver com o desenvolvimento científico. Maravilhas como o arco gótico, os vitrais, o fuso dos relógios no fim da Idade Média, não constituíram os resultados do progresso das teorias científicas e tampouco suscitaram este progresso.⁷²

Assim, a ciência progride no campo teórico. A história da técnica não é, necessariamente, a história da ciência. Veremos mais adiante (na conclusão deste trabalho) um detalhamento do debate entre Continuismo e Descontinuismo epistemológico, representados respectivamente por Crombie e Koyré.

3.2

A visão internalista da ciência em Koyré

Um dos traços mais característicos da visão de ciência de Koyré é sua concepção de ciência face aos aspectos sociais, políticos e econômicos das

⁷⁰ -Entre os séculos XIII – XV.

⁷¹ -Idem, p. 67.

⁷² -Idem, pp. 68-69.

sociedades onde importantes cientistas construíram os seus trabalhos. Apesar de alguns questionamentos, Koyré se manifesta como um descontinuista internalista, onde, além de se assumir como alguém que não acredita numa continuidade metodológica e conceitual entre a ciência medieval e moderna, ainda acredita que a ciência se desenvolve em seus âmbitos, sem a presença direta de elementos externos à práxis do cientista.⁷³ Assim, necessariamente, Galileu não recebeu influência direta de sua estrutura social, mas tão somente contou com o seu gênio e suas experiências *controladas* pela teoria.

Essa sua visão internalista tem diretamente a ver com a sua concepção de ciência. Segundo ele a ciência é o reino da teoria, onde as suas extensões são meramente contingentes. Assim, motivado por esta convicção teórica, Koyré questiona se a ciência moderna era de fato *scientia activa*, concepção clássica fruto de uma visão histórica em que os séculos XV – XVIII seriam os “séculos antropológicos”. Com isso, Koyré se posiciona numa visão mais racionalista da atividade científica onde tudo passa pelo crivo da teoria:

Passemos agora à segunda censura que Guerlac nos faz: a de sermos “idealistas” e de desprezarmos a ligação entre ciência pura e ciência aplicada e, por isso, de desconhecer o papel da ciência como fator histórico. Confesso que não me sinto culpado. Aliás nosso “idealismo” não passa, na verdade, de uma reação contra as tentativas de interpretar a ciência moderna, dita *scientia activa*, operativa, como uma promoção da técnica..Seja ela louvada por seu caráter prático e eficaz, opondo-se à atitude passiva do espectador – do homem medieval ou antigo; seja ela designada e condenada como uma “ciência de engenheiro” que substitui a busca da inteligência pela busca do sucesso; seja ela explicada por um *hybris* da vontade de poder, que tende a rejeitar a *theoria* em favor da práxis, para fazer do homem “senhor e dono da natureza” em vez de ser o seu reverente contemplador. Em ambos os casos estamos em presença do mesmo desconhecimento da natureza do pensamento científico.⁷⁴

Ao afirmar a precedência da teoria sobre a práxis, Koyré afirma categoricamente que a ciência é auto-suficiente no desenvolvimento de suas conjecturas e em sua execução. Insinua-se, portanto que os cientistas estão estritamente preocupados com questões teóricas no âmbito das ciências e que com isso, necessariamente não estariam preocupados com as aplicações instrumentais das mesmas. Embora se admita o progresso da técnica, esta é precedida pelo

⁷³ - Cf. citação feita na introdução deste trabalho, p.p. 11-12.

⁷⁴ - Koyré 1991, p. 374.

progresso da teoria. Fundamentalmente a técnica precisa da teoria para o seu progresso e não o contrário. Esse é o grande questionamento de Koyré para a história da ciência moderna: o fato de o homem ser “senhor e dono da natureza”, vinculando-se essa idéia à proliferação dos aparatos tecnológicos. Mas, segundo Koyré é ao contrário: enquanto o homem pode pensar em grandes hipóteses, o conhecimento humano de fato progrediu. Enquanto o homem (mais especificamente o cientista) pode **pensar**, a atividade científica pode ser posta em marcha. E isso independe das condições sociológicas, políticas e econômicas na qual o cientista se insere. Isso não quer dizer, por outro lado, que se elimine efetivamente tais condições externas à própria ciência; mas que elas são insuficientes para a sua execução.

Indiretamente falando, Koyré entende que na verdade a ciência moderna foi puramente contemplativa. E foi devido a essa capacidade de contemplação do homem moderno que o paradigma anterior pode ser derrubado. Como bom descontinuista, para ele a ciência moderna possui a sua própria identidade, fundamentalmente desvinculada, em suas estruturas fundamentais, daquela estrutura que predominou durante mil anos (leia-se aristotélica); a modernidade, de acordo com o nosso pensador da ciência, foi capaz de fundir os céus e terra, concebendo o espaço como infinito, geometrizado, radicalmente diferente da ciência anterior que embora se utilizassem da matemática (e da própria geometria) ainda concebia um espaço aristotélico, qualitativo e, portanto, finito. Por que voltei a este assunto? Porque quero mostrar que a mudança que houve nos dois períodos históricos, no entendimento de Koyré, foi no campo do pensamento (o que ele chama de reforma do pensamento) e necessariamente os fatores externos não interferiram fundamentalmente nesta reforma. O que corroboraria a sua tese é que ao longo da história da humanidade, pôde haver conhecimento, construções tecnológicas e logísticas sem o saber científico:

Por mais surpreendente que isto nos possa parecer, pode-se edificar templos e palácios e até catedrais, abrir canais e construir pontes, desenvolver a metalurgia e a cerâmica sem possuir o saber científico, ou possuindo apenas rudimentos. A ciência não é necessária à vida de uma sociedade, ao desenvolvimento de uma cultura, à edificação de um estado e até de um império.⁷⁵

⁷⁵ - Idem, p. 375.

A ciência, no sentido que Koyré nos aponta, prescinde da política e de fatores sociais, porque ela é eminentemente teórica. Assim, a ciência não é necessariamente um saber aplicado, embora ela possa se permitir isso. Mas que em sua constituição fundamental é produto da racionalidade humana e que esta não está vinculada a nenhuma condição externa. Os problemas científicos podem absorver os grandes problemas e questionamentos sociais, mas estes nunca seriam o fundamento das explicações e práxis científica. Logo, a ciência não é fenômeno social, de acordo com a citação acima, mas depende de pessoas que se disponham a pensar:

Para que a ciência nasça e se desenvolva, é preciso, como já nos explicou Aristóteles, que haja homens que disponham de lazer. Mas não basta isso. É preciso, também, que entre os membros das leisured classes surjam homens que encontrem sua satisfação na compreensão e na theoria.⁷⁶

Assim, a ciência se organiza em torno dela mesma e tem por fundamento as construções teóricas. Galileu, Newton e Descartes, só para citar exemplos de cientistas do período moderno eram teóricos, preocupados com a busca da verdade e que se utilizavam de outros instrumentos (telescópio etc), através das motivações de suas especulações. Mas que a teoria necessariamente não conduz à prática; é antes uma extensão contingente da própria teoria. É famoso o exemplo dado por Koyré de que não foram os construtores navais que ensinaram a Galileu e Descartes, mas estes é que ensinaram os construtores sem nunca “por a mão na massa”; um outro exemplo dado por Koyré é a da medição dos campos. Não foram os agricultores ou sacerdotes egípcios, que mediam os campos do vale do Nilo, que inventaram a geometria. Mas os gregos que não tinham o que medir.

Com estes argumentos, baseados na superestima da teoria em detrimento da práxis, Koyré fará uma crítica à história das ciências baseadas numa interpretação empírica e externalista. Mas é a história do progresso da racionalidade, “do espírito que busca a verdade”⁷⁷, que possui vida própria, imanente e que se autoformula, em função da análise de seus próprios problemas. Assim, somente

⁷⁶ - Idem, p. 376.

⁷⁷ - Idem, p. 377.

entendendo a sua autonomia, é que a história da ciência pode ser devidamente entendida por seus historiadores.