

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
FÍSICA – BACHARELADO

MATEUS ANDRADE DE OLIVEIRA

FÍSICA NA ANTIGUIDADE

Fortaleza, CE
2018

1. Objetivos do trabalho

Listar, de forma coerente e coesa, as diversas teorias de pensadores da antiguidade, e se possível, mostrar como essas teorias contribuíram para a formação da ciência e da física como conhecemos hodiernamente, além de atentar-se aos detalhes das teorias desenvolvidas por esses cientistas da antiguidade. Neste trabalho será discutido sobre as teorias em geral de Aristóteles, com a teoria dos quatro elementos, a teoria sobre o lançamento de projéteis e a teoria sobre o cosmos aristotélico. Também discorreremos sobre Aristarco, e seus grandes feitos de astronomia para a época, sendo capaz de estimar com precisão assustadora o diâmetro da lua e a distância entre a terra e o sol, por exemplo.

2. Aristóteles

Aristóteles é considerado um dos precursores da física, uma vez que usava da lógica para tentar explicar fenômenos da natureza, dando ênfase às coisas que passam por mudanças, pois, diferentemente dos filósofos que vieram antes dele (como Platão e Parmênides) que acreditavam que as mudanças anulam a essência das coisas (“o que é, é”, uma célebre frase de Parmênides), Aristóteles não acreditava que a mudança fazia com que as coisas perdessem sua essência, e isso de fato abre um grande leque de possibilidade de estudar e conhecer os fenômenos naturais.

Mesmo sendo um filósofo extremamente empírico (ou seja, ele dispensava experimentações para comprovar suas teorias) ele trouxe contribuições magníficas para a ciência como conhecemos hoje, uma vez que, como já foi dito anteriormente, ele foi o primeiro filósofo a tentar explicar fenômenos naturais sem assumir que a matéria muda intrinsecamente quando sofre alguma transformação (diferente de Parmênides, que acreditava na imutabilidade do ser). Tomemos como exemplo sua tese que todas as coisas da natureza são formadas pelos quatro elementos fundamentais: fogo (plasma), terra (sólido), água (líquido) e ar (gasoso). Aristóteles afirmava que: as concentrações dos elementos fundamentais são diferentes em cada um dos materiais da natureza, a depender do material. Se ele é mais duro e resistente (como a madeira, por exemplo), deve conter mais terra e fogo em sua composição. Se é mais leve e delicado (como o vento) deve conter mais ar e água em sua composição.

Essa construção filosófica era responsável por explicar na época fenômenos como a vaporização. Tomemos como exemplo uma sopa sendo aquecida numa fogueira. Para Aristóteles, o vapor resultante dessa interação era consequência da adição de calor àquela mistura, que acaba tirando a umidade dela (água e ar), tornando-a mais espessa (o que significava que ela agora possuía mais terra, já que estava mais dura.). Sem dúvidas a forma de como esse pensador, que viveu a mais de 2300 anos, explicar como surge o vapor é muito impressionante para os padrões da época e interessante o quão próximo se aproxima da realidade, uma vez que, sabemos atualmente que o vapor é água que recebeu a quantidade de energia suficiente para mudar de estado de agregação.

Apesar de suas fortes contribuições para o futuro, Aristóteles separava rigorosamente a matemática da “filosofia natural” (ou *physis*, que significava natureza em grego que daqui em diante referenciamos somente como física Aristotélica) uma vez que para ele a matemática tratava somente das ideias abstratas (ou seja, de números) enquanto a física aristotélica referenciava-se ao estudo da natureza e do movimento, e das mudanças que ocorrem na natureza.

Essa nova forma de pensar foi tão impactante para os estudiosos que foi considerada verdade absoluta durante 21 séculos. De 300 a.C. até o séc. XVIII. Era impossível para os estudiosos e pensadores estudarem a natureza sem falar da física de Aristóteles.

De fato, outra tese extremamente importante de Aristóteles é que ele acreditava que diferentemente dos objetos cotidianos como mesas ou cadeiras, que são geradas exclusivamente pela força e ação do ser humano, seres vivos vem a ser seres vivos por conta de um princípio interno. Em outras palavras, Aristóteles acreditava que existia alguma outra razão e explicação para a formação e crescimento de, por exemplo, o corpo das plantas e os nossos corpos. Ou seja, as coisas tinham potencial de ser até se tornar ato (completar sua formação), o que vai contra as proposições de Parmênides baseadas na imutabilidade do ser, o que tornava impossível propor ou acreditar na “potência” (potencial) de se tornar algo. Em outras palavras para Parmênides era inimaginável acreditar que as coisas fazem parte de um processo que possui uma finalidade (destino/objetivo final), que era justamente o contrário do pensamento de Aristóteles (que é o pensamento da ciência vigente, em que sabemos que as coisas passam por processos e transformações até atingir sua forma plena).

Em síntese: *“Aristóteles mostra que o princípio de um processo natural é marcado por seu caráter imanente, interno. Ao contrário de uma mesa ou de uma casa, é a partir do desenvolvimento de um princípio interno que uma planta ou até mesmo um ser humano vem a ser, isto é, vem a existir”* -trecho do vídeo: “Aristóteles / Física / Resumo” presente nas referências bibliográficas deste trabalho.

2.1. Teoria dos 4 elementos

Algo importante que ainda não foi citado durante o texto é o fato de que, para Aristóteles, os quatro elementos além de serem a base fundamental das coisas que existem, também seguiam uma ordem natural para eles obedecerem. A base de tudo é sempre a terra, acima dela a água, acima da água o ar, e acima de todos o fogo. Tomemos como exemplo um rio. No fundo do rio encontra-se a terra, acima dela encontra-se a água. Caso joguemos uma rocha no rio (por conta de sua dureza a rocha é mais formada de terra, como já foi dito anteriormente), ela irá se aproximar do leito do rio, o seu lugar natural para estar (próximo da terra, abaixo de tudo). Por sua vez, as bolhas (por conta de sua leveza são formadas majoritariamente de ar) geradas pelo lançamento da rocha no rio irão subir para alcançar seu lugar original, o próprio ar, que é seu lugar natural, acima da água. Partindo dessa mesma lógica, o fogo fica acima do ar por conta que suas chamas crepitando procuram subir pelo ar, no pensamento de Aristóteles. Ele ainda afirma que as estrelas não são feitas de

nada presente na terra, são feitas na verdade de éter (um quinto tipo de elemento que não está presente na Terra)

2.2. Lançamento de projéteis (para Aristóteles)

Aristóteles acreditava que existiam dois tipos de movimento: os naturais e os violentos. Os naturais aconteciam espontaneamente, enquanto os violentos necessitavam de alguma força para que acontecessem. Desse modo, ele explicava o surgimento de cometas e meteoros no céu pela força que a lua exerce sobre o fogo que subia no ar, fazendo com que ele fizesse movimentos circulares, que vão contra sua natureza. Cessada a força que a lua exerce sobre o fogo, é cessado também o meteoro e cometa que aparece no céu. Outro exemplo que se encaixa nessa concepção de Aristóteles é o lançamento de uma rocha para cima. Ela, predominantemente feita de terra, procura encontrar seu lugar original. Cessada a força que atua sobre ela (a força do lançamento), ela começa a tecer uma trajetória ao seu lugar de origem, desse modo, voltando ao seu estado inicial (próximo da terra). Contudo, em sua teoria, ele acreditava que a força exercida sobre a rocha acabava imediatamente assim que ela não estava mais em contato com o corpo que lhe propiciou a força, logo, para que houvesse continuidade de movimento alguma outra força deveria continuar sendo exercida na rocha para que ela continuasse em movimento. Aristóteles acreditava que essa força que dava continuidade ao movimento tinha origem no ar.

2.3. Cosmos Aristotélico

O cosmos Aristotélico é interessante e se baseia tanto no empirismo das experiências humanas (apesar de ele não ser um pensador majoritariamente empírico, acabou apoiando-se em experiências empíricas para formulação de sua tese a respeito do cosmos) quanto na metafísica essencial presente no pensamento Aristotélico.

O primeiro fato interessante a se considerar é que, para Aristóteles, a ideia de vácuo, da existência do nada, é completamente equivocada e sem lógica. Logo, para ele o cosmos era completamente preenchido por matéria.

Outro ponto importante era que a idealização do infinito era contraditória, uma vez que tudo deve ter causa e finalidade, e algo sem limites não possui finalidade tangível, logo Aristóteles imaginou que o universo se tratava de uma esfera perfeita em que seus limites eram as estrelas observáveis do planeta terra.

Desse modo, ele acabou subdividindo o cosmos em dois: o cosmos terreno e o cosmos celestial. O cosmos terreno era fortemente corruptível (ou seja, alterável, sujeito ao movimento, às transformações e as mudanças). Baseando-se nas teorias de Eudoxo, que procurou descrever um modelo matemático de rotação dos planetas, Aristóteles afirmava que os planetas estavam presos em esferas, como suas “rotas” de passagem ao redor da terra, e que a junção desses movimentos acabava gerando movimentos (mudanças/transformações) no cosmos terreno que nós conhecemos.

3. Aristarco

Aristarco de Samos, nascido na Grécia em aproximadamente 350 a.C., ao contrário do que grande parte das pessoas pensam, foi o primeiro astrônomo a propor o heliocentrismo. Ou seja, a crença de que a terra girava em torno do Sol, não o contrário, e por conseguinte, era o centro do universo.

Além disso, ele também foi capaz de medir com precisão impressionante o quão a Terra estava distante da lua ou do Sol, por exemplo, e também foi capaz de descobrir qual a proporção do diâmetro da terra em comparação com o diâmetro da Lua.

Para descobrir a proporção do diâmetro da lua para com a distância entre a terra e a Lua, ele utilizou um objeto circular extremamente pequeno e alinhou com os seus olhos para que o objeto cobrisse perfeitamente a lua, formando uma reta entre o olho dele, o objeto e a lua. Com isso, ele mediu a distância entre o olho dele até a parte inferior do objeto. Como tudo estava alinhado, a distância entre o objeto e seu olho sobre o diâmetro do objeto deveria ter a mesma proporção entre o diâmetro da lua e a distância do observador. Com base nesse experimento ele estimou, a mais de 2262 anos atrás, que a distância entre a lua e a terra era aproximadamente 100 vezes maior que o diâmetro da lua. A precisão desse experimento é extremamente válida para a tecnologia que ele tinha à disposição dele na época, uma vez que, a proporção real entre a distância entre a Terra e a lua pelo diâmetro da lua é aproximadamente 110,625 vezes.

Para medir o diâmetro da Lua em comparação com a Terra, ele baseou-se em eclipses solares e lunares, além de outras observações. Durante um eclipse lunar, ele mediu o tempo necessário para a sombra da terra cobrir a lua completamente. Após isso, mediu o tempo necessário para que a lua começasse a parar de ser coberta pela sombra da terra. Com base nisso, ele calculou que o diâmetro da terra era cerca de 3,5 vezes maior que o diâmetro da lua, utilizando-se de relações geométricas entre a sombra da terra incidindo na Lua (o experimento detalhado é bem mais complexo do que se pode descrever em algumas laudas de trabalho, uma vez que eles foram descritos originalmente no livro escrito por Aristarco, intitulado “Sobre os tamanhos e as distâncias do Sol e da Lua). Mais uma vez ele apresentou uma precisão assustadora para sua época, uma vez que a proporção real do diâmetro da Terra pelo diâmetro da Lua é de aproximadamente 3,6669 vezes.

Todavia, sua medição entre a proporcionalidade da distância entre a Terra e a Lua e o Sol e a Terra foi a menos precisa, por conta dos equipamentos que ele possuía à disposição na época. Para determinar a proporcionalidade entre as distâncias da Terra para a Lua e da Terra para o Sol ele propôs o seguinte experimento: aguardar a Lua estar no seu quarto crescente (ou seja, estar “metade cheia”) e estar visível durante o dia, pois assim ela estaria formando um ângulo de 90° entre o observador e o sol. Desse modo, basta medir qual ângulo formado entre o observador e o sol, completando dessa forma o triângulo retângulo. Adotemos o observador, o Sol e a Lua como os pontos O, S, e L, respectivamente, sendo como os vértices do triângulo retângulo. Perceba que, por estar em seu quarto crescente, o ângulo OLS vale 90° , enquanto o ângulo LOS é desconhecido, porém mensurável. Aristarco inferiu que tal ângulo valia aproximadamente $87,1^\circ$, o que significa que a distância entre a terra e o sol seria 20 vezes maior do que a distância entre a terra e a lua. Todavia, sabemos que essa estimativa não está tão

próxima da realidade quanto as outras, pois, a distância entre a terra e o sol é cerca de 389 vezes maior que a distância entre a lua e a terra, o que implicaria um ângulo LOS de aproximadamente $89,85^\circ$, o que é uma diferença quase imperceptível para os olhos humanos quando comparado com os $87,1^\circ$ mesmo com os equipamentos da época para auxiliar nas medições. Todavia, essa pequena divergência entre os ângulos causa uma grande diferença nos resultados finais deste experimento.

4. Conclusão

Sem dúvidas, os filósofos da antiguidade certamente foram também os primeiros cientistas que operaram usando o método científico semelhante ao que nós temos na atualidade. A forma de pensar tanto de Aristóteles quanto de Aristarco eram completamente revolucionárias para suas épocas, Aristóteles se opondo à imutabilidade do ser, colocando em pauta a potência do ser até ele virar ato (Ou seja, defendendo que os fenômenos que ocorriam com a matéria não faziam com que sua essência primordial fosse perdida) e Aristarco se opunha ao pensamento vigente de que a Terra era o centro do universo.

Tais formas de pensar foram fundamentais para fundamentar a base da ciência como conhecemos, tanto no sentido de experimentar o método científico quanto no sentido de se opor, com dados e fundamentações, aos modelos vigentes da ciência. Esses fatos, em si, já são preenchidos de significado e que devem servir de exemplo para que nós, jovens cientistas, possamos nos questionar quais são os paradigmas que ainda devem ser quebrados para que a ciência avance cada vez mais a respeito de questionamentos como: como quantizar a gravidade ou então descobrir a existência de outras dimensões.

No mais, enalteço o grande objetivo do trabalho que consiste em focar em como esses estudiosos da antiguidade levavam seus estudos e como eles chegaram nas conclusões que chegaram, ou seja, adentrando a fundo no “método científico” de certo modo “primitivo” (que sem dúvidas são estudos elementares comparados com os conhecimentos e descobertas que a humanidade acumularam até a atualidade, mas eram completamente novos e válidos para a época em que eles viviam) quando comparado com o atual, mas que mesmo assim renderam resultados extremamente benéficos e assertivos para a ciência como um todo. De fato, neste trabalho, foi possível estudar um pouco das teorias desses nobres filósofos gregos, conseguindo de certa forma desmiuçar alguns pensamentos de Aristóteles e de Aristarco.

5. Referências Bibliográficas:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/jdjHzsVJVwRfWXmbsqnv9Gh/?lang=pt>

<https://www.ufjf.br/fisicaecidadania/ciencia-uma-construcao-humana/mentes-brilantes/aristoteles/>

<https://www.culturaanimi.com.br/post/f%C3%ADsica-de-arist%C3%B3teles>

<https://youtu.be/00diP68zcmQ>

<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/teoria-dos-quatro-elementos.htm>

<https://educacao.uol.com.br/biografias/aristarco-de-samos.htm>

<https://youtu.be/IENka34wTE>

<https://www.guiageografico.com/egito/alexandria/ptolemeu.htm>