



CURIOSIDADES DA FÍSICA

José Maria Filardo Bassalo

www.bassalo.com.br



O Movimento na Renascença.

O movimento foi também objeto de estudo por parte dos físicos e matemáticos renascentistas. Por exemplo, para o Cardeal alemão Nicolau de Cusa (1401-1464), a impressão do *impetus* (ver verbete nesta série) em um móvel é como a criação da alma em um corpo, e basta DEUS imprimi-lo inicialmente nas esferas celestes para que se conserve indefinidamente.

Um estudo mais detalhado do movimento dos corpos foi apresentado pelo artista, inventor e cientista italiano Leonardo da Vinci (1452-1519). Com efeito, nesse estudo, observou que:

1) *Nenhuma coisa se move por si mesma, mas seu movimento é produzido por outros;*

2) *Todo movimento espera ser mantido enquanto conserva a impressão da potência de seu movimento.*

Ao estudar o movimento de um corpo sobre um plano inclinado, da Vinci afirmou que (em linguagem atual): - *Os tempos de queda de um corpo em um plano inclinado variam inversamente com os senos dos ângulos de inclinação.* Apesar de essa afirmação ser relativamente correta (como mais tarde foi constatada), contudo, suas concepções sobre a queda livre dos corpos (resultante das experiências que realizou deixando cair pedaços de madeira do alto de uma torre) eram confusas, já que, em certas passagens de seus escritos, escreveu serem “proporcionais aos tempos gastos”. Ao estudar o movimento de uma bala de canhão, da Vinci afirmou que sua trajetória era uma curva contínua e, não, como a acreditavam os artilheiros e pirotécnicos da época, uma trajetória composta de dois segmentos retos ligados por um arco de círculo. Muito embora haja intuído todas essas ideias sobre o movimento (inclusive feito a distinção entre *força* e *impetus*), da Vinci não conseguiu formalizá-las em termos matemáticos. É oportuno apresentar a seguinte definição de da Vinci: - *A Física deveria começar por um conjunto de princípios e proposições que forneceriam a base de desenvolvimento ulterior.* [Clifford Ambrose Truesdell, *Essays in the History of Mechanics* (Springer-Verlag, NY, 1968); Alexandre Koyré, *Estudos de História do Pensamento Científico* (Forense-Universitária/EDUnB, 1982)].

Os movimentos aristotélicos, *natural* e *violento* (vide verbete nesta série), foram retomados pelo matemático italiano Niccolò Fontana Tartaglia (1500-1557), no livro intitulado *Nova Scientia* (“Nova Ciência”), publicado em 1537. Nesse livro, ele considerou que aqueles movimentos aristotélicos poderiam ser reconciliáveis. Assim, utilizou-os para explicar o movimento oblíquo de projéteis cuja trajetória seria, então, composta de uma parte retilínea (correspondente à parte violenta), seguida de uma parte circular (mista) e, por fim, de uma parte vertical (correspondente à parte natural). Para Tartaglia, o “efeito mais longínquo” (alcance máximo) é medido entre o ponto de partida e o ponto onde começa a vertical e tal distância pode corresponder a duas inclinações do canhão lançador do projétil, sendo mínima para 90^0 e máxima para 45^0 . Registre-se que Tartaglia já havia chegado a esse resultado, em 1532, quando respondeu à pergunta feita por um soldado sobre que ângulo de elevação o canhão conseguiria seu maior alcance. Registre-se, também, que Niccolò Fontana adotou o sobrenome Tartaglia de um apelido de infância, devido a uma ferida no queixo (provocada por um golpe de espada), que o faria gaguejar (“tartagliare”, em italiano).

Tartaglia, em 1546, publicou o livro *Quesiti et Inventioni Diverse* (“Questões e Invenções Diversas”) no qual modificou sua explicação sobre o movimento oblíquo de projéteis, passando a defender uma trajetória totalmente curvilínea, que já havia sido considerada por da Vinci, conforme vimos antes. Para explicar essa trajetória, Tartaglia admitiu a hipótese de que quanto mais rapidamente o projétil se desloca, mais pesado se torna e, portanto, mais fortemente é “puxado” pela Terra. Ainda nesse livro, Tartaglia deu continuidade aos estudos iniciados em seu livro anterior (*Nova Scientia*) do movimento dos corpos em queda livre e em planos inclinados. Nesses estudos, afirmou que:

1) *Todos os corpos graves semelhantes e iguais partem do início de seu movimento natural com a velocidade igual, mas aumentam suas velocidades de maneira tal que aquele que atravessar um espaço maior se deslocará mais rapidamente;*

2) *Quanto mais um corpo grave se afasta do princípio ou se aproxima do fim do movimento violento, mais lentamente ele se desloca.*

Com relação ao movimento de um corpo em um plano inclinado, Tartaglia observou que a gravidade natural do corpo colocado em tal plano age tanto menos, quanto maior for a sua inclinação. Com relação ao movimento circular de um corpo, Tartaglia afirmou que uma vez ele solto, tomará a direção da tangente ao círculo no ponto e que foi largado. É interessante registrar que Tartaglia, ao analisar o movimento de um corpo através de um hipotético buraco feito na Terra passando pelo seu centro, concluiu que tal corpo ficaria oscilando em torno do centro de nosso planeta, diminuindo gradualmente sua velocidade até parar. Contudo, essa conclusão não é completamente verdadeira, conforme a Teoria da Gravitação Newtoniana do Século 17, ao mostrar que o movimento desse corpo seria harmônico simples e não amortecido, como suponha Tartaglia, para esse caso hipotético.

Em 1553, o físico italiano Giovanni Battista Benedetti (1530-1590) criticou a doutrina aristotélica (segundo a qual os corpos pesados caem mais rapidamente do que os leves, na proporção de seus respectivos pesos), afirmando que não é o peso em si, mas o *excesso de peso* do móvel sobre o *peso do meio ambiente* que determina a velocidade da queda. Isso hoje significa dizer que não é o peso individual do corpo em questão, mas somente o seu *peso específico*. Mais tarde, em 1585, Benedetti continuou com sua crítica à doutrina aristotélica, desta vez usando o conceito de *impetus*. Assim, afirmou:

1) *A velocidade de um corpo separado de seu primeiro motor provém de certa impressão natural, de certo impetus recebido pelo citado móvel;*

2) *Todo corpo grave, quer se mova violentamente ou naturalmente, recebe em si mesmo um impetus, uma impressão do movimento, de tal modo que, separado de sua causa motriz, continua, durante certo lapso de tempo, a mover-se por si próprio.*

Ao estudar o movimento circular de uma funda (um corpo preso na extremidade de um fio e posto a girar, em círculo, pela mão de um experimentador), Benedetti reforçou sua idéia sobre o *caráter linear do impetus* e, portanto, não aceitando seu *caráter rotatório*, ao escrever: - *A mão gira, tanto quanto possível, em círculo; esse movimento da mão, em círculo, obriga o projétil (funda) a adquirir, também ele, um movimento circular, enquanto que, por sua inclinação natural, esse corpo, desde que tenha recebido um impetus, desejaria continuar seu caminho em linha reta.* É oportuno notar que Benedetti usou essa sua ideia sobre a linearidade do *impetus* para explicar que um pião em alta rotação permanece durante certo lapso de tempo na posição vertical, porque suas partes tendem a se deslocarem tangencial e perpendicularmente ao seu eixo e, portanto, não tendem para o centro da Terra.

Em 1586, o matemático flamengo Simon Stevinus (Stevin) de Bruges (1548-1620) realizou experiências sobre a queda dos corpos, ocasião em que observou que duas esferas de chumbo (Pb), uma dez vezes mais pesada que a outra, ao serem largadas de uma altura de 30 pés (cerca de um metro), chegam ao chão ao mesmo tempo.

Conforme vimos em verbetes desta série, entre 1589 e 1592, na *Universidade de Pisa*, o astrônomo e físico italiano Galileu Galilei (1564-1642) começou seus estudos sobre o movimento dos corpos, os quais foram descritos no livro *De Motu* ("O Movimento"). Neste livro, relatou experiências que realizou sobre a queda dos corpos (na *torre inclinada de Pisa!*?), em consequência das quais afirmou que:

1) *As velocidades dos corpos em queda em um determinado meio são proporcionais à diferença entre seus pesos e o meio em questão;*

2) *No vácuo a velocidade do corpo depende do seu próprio peso total.*

Ainda nesse livro, Galileu examinou a possibilidade de haver um outro tipo de movimento que não fossem os movimentos - *natural* e *violento* – segundo a doutrina aristotélica, o qual chamou de neutro. Para o descobridor das leis do pêndulo, dois tipos de movimento não se enquadravam nessa classificação aristotélica: o de *rotação* de um corpo em um plano vertical, já que o mesmo ora se encontra acima e ora abaixo do horizonte; e o movimento uniforme de um corpo em um plano horizontal

liso, o qual nunca está abaixo ou acima desse mesmo horizonte. Registre-se que no tipo de movimento neutro proposto por Galileu, cremos que pode ser considerado a gênese do conceito de *força centrípeta* (rotação) e o de *inércia* (uniforme). [Alexandre Koyré, Estudios Galileanos (Siglo Veintiuno Editores, S. A., 1985)].



ANTERIOR

SEGUINTE