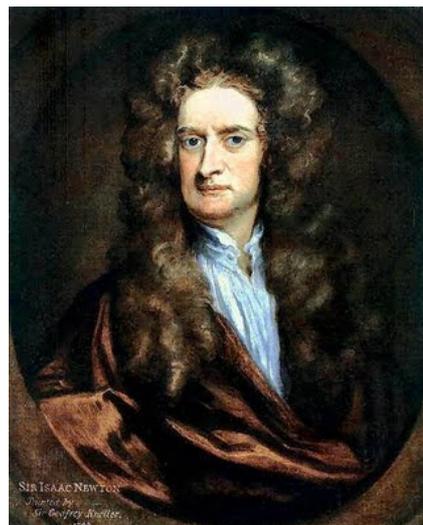


## Movimento circular verdadeiro e absoluto (1668-87)

Isaac Newton (1642-1727)

Dois trechos de Newton sobre o movimento circular:

- (I) *De Gravitatione et aequipondio fluidorum* (Sobre a gravidade e o equilíbrio dos fluidos), manuscrito publicado postumamente apenas em 1962, no *Unpublished scientific papers of Isaac Newton*, editado por A.R. Hall & M.B. Hall, Cambridge U. Press, pp. 89-121, seguido da tradução dos editores, pp. 123-56 (o trecho abaixo está nas pp. 126-7). O texto foi provavelmente escrito entre 1664 e 1668, e é uma crítica à mecânica de Descartes. Outra tradução é apresentada por W.B. Allen, disponível na internet (o trecho está nas pp. 5-6 deste). Trad. de Osvaldo Pessoa Jr.
- (II) Trechos de: *Principia – Princípios matemáticos de filosofia natural* (1687), Trad. de T. Ricci, L.G. Brunet, S.T. Gehring & M.H.C. Célia (UFRGS), Edusp, São Paulo, 2008 (1ª edição: Edusp/Nova Stella, 1990), Livro I: Definições – Escólio, pp. 48-51.



Sir Isaac Newton, em retrato pintado por Sir Godfrey Kneller, 1702.

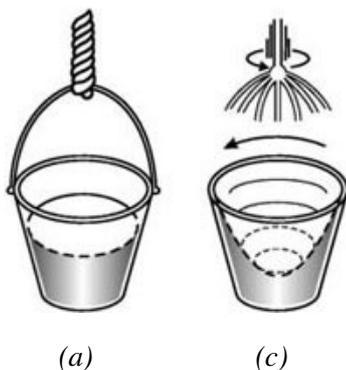
### (I) *De Gravitatione* (1668):

Da mesma doutrina [de Descartes, nos *Princípios de Filosofia*, 1644], segue-se também que Deus não pode gerar movimento em alguns corpos, mesmo pressionando-os com força máxima. Por exemplo, se Deus exercesse a força máxima para causar a estrela celeste que se encontra na parte mais distante da criação a revolver em torno da Terra (ou seja, em movimento diurno), mesmo assim, Descartes diria que somente a Terra se moveria, não os céus (Parte III, § 38). Da mesma forma, se Deus, com tremenda força, causasse que os céus girassem de leste para oeste ou, com uma força pequena, girasse a Terra no sentido oposto. Mas alguém imaginaria que as partes da Terra buscariam se afastar do seu centro por conta da força impressa somente nos céus? Ou não seria mais agradável à razão que, quando uma força é impressa nos céus, estes buscassem retroceder do centro da revolução assim causada, sendo assim os únicos corpos que se movem própria e absolutamente? E que quando uma força impressa na Terra faz suas partes buscarem retroceder do centro da revolução assim causada, por esta razão ela é o único corpo que se move própria e absolutamente? Nos dois casos, há o mesmo movimento [relativo] de transferência dos corpos entre si. Portanto, o movimento físico e absoluto deve ser definido por algo diferente desta transferência, e tal transferência é apenas externa.

### (II) *Principia* (1687):

As causas pelas quais os movimentos verdadeiros e relativos são diferenciados, um do outro, são as forças imprimidas sobre os corpos para gerar movimento. O movimento verdadeiro não é nem gerado nem alterado, a não ser por alguma força imprimida sobre o corpo movido; mas o movimento relativo pode ser gerado ou alterado sem qualquer força imprimida sobre o corpo. Pois é suficiente apenas exercer alguma força sobre os outros corpos com os quais o primeiro é comparado, pois quando eles se deslocarem, aquela relação, em que consistia o repouso ou movimento relativo desse outro corpo, é modificada. Repetindo, o movimento verdadeiro sofre sempre alguma modificação a partir de qualquer força exercida sobre o corpo em movimento; mas movimento relativo não sofre necessariamente qualquer modificação por tais forças. Pois se as mesmas forças são igualmente exercidas sobre aqueles outros corpos, com os quais a comparação é feita, tal que sua posição relativa possa ser preservada, então aquela condição que consistia em movimento relativo será preservada. E, portanto, qualquer movimento relativo pode ser modificado quando o movimento verdadeiro permanece inalterado, e o relativo pode ser preservado quando o verdadeiro sofre qualquer modificação. Assim, o movimento verdadeiro, de modo algum, consiste em tais relações.

Os efeitos que distinguem o movimento absoluto do relativo são as forças que agem no sentido de provocar um afastamento a partir do eixo do movimento circular, pois não há tais forças em um movimento circular meramente relativo; mas em um movimento circular verdadeiro e absoluto elas são maiores ou menores, dependendo da quantidade do movimento. Se um recipiente, suspenso por uma longa corda, é tantas vezes girado, a ponto de a corda ficar fortemente torcida, e então enchido com água e suspenso em repouso junto com a água; a seguir, pela ação repentina de outra força, é girado para o lado contrário e, enquanto a corda desenrola-se, o recipiente continua nesse movimento por algum tempo; a superfície da água, de início, será plana, como antes de o recipiente começar a se mover; mas depois disso, o recipiente, por comunicar gradualmente o seu movimento à água, fará com que ela comece nitidamente a girar e a se afastar pouco a pouco do meio e a subir pelos lados do recipiente, transformando-se em uma figura côncava (conforme eu mesmo experimentei), e quanto mais rápido se torna o movimento, mas a água vai subir, até que, finalmente, realizando suas rotações nos mesmos tempos que o recipiente, ela fica em repouso relativo nele. Essa subida da água mostra seu esforço a se afastar do eixo de seu movimento; e o movimento circular verdadeiro e absoluto da água, que aqui é diretamente contrário ao relativo, torna-se conhecido e pode ser medido por este esforço. De início, quando o movimento relativo da água no recipiente era máximo, não havia nenhum esforço para se afastar do eixo; a água não mostrava nenhuma tendência à circunferência, nem ascendia em direção aos lados do recipiente, mas mantinha uma superfície plana, e portanto, seu movimento circular verdadeiro ainda não havia começado. Mas, posteriormente, quando o movimento relativo da água havia diminuído, a subida em direção aos lados do recipiente mostrou o esforço dessa para se afastar do eixo; e esse esforço mostrou o movimento circular real da água aumentando continuamente, até adquirir sua maior quantidade, quando a água ficou em repouso relativo no recipiente. E, portanto, esse esforço não depende de qualquer translação da água com relação aos corpos do ambiente, nem pode o movimento circular verdadeiro ser definido por tal translação. Há somente um movimento circular real de qualquer corpo em rotação, correspondendo a um único poder de tendência de afastamento, a partir de seu eixo de movimento, como efeito próprio e adequado; mas movimentos relativos, em um mesmo e único corpo, são inumeráveis, de acordo com as diferentes relações que ele mantém com corpos externos e, como outras relações, são completamente destituídas de qualquer efeito real, embora eles possam talvez compartilhar daquele único movimento verdadeiro. E, portanto, em seus sistemas, há aqueles que supõem que nossos céus, girando abaixo da esfera das estrelas fixas, carregam os planetas junto com eles; as diversas partes desses céus, bem como os planetas, os quais estão de fato em repouso relativo nos seus céus, no entanto, realmente se movem, pois mudam suas posições uns com relação aos outros (o que nunca acontece com corpos que estão verdadeiramente em repouso), e sendo carregados junto como os seus céus, compartilham de seus movimentos e, como partes de todos em rotação, tentam afastar-se do eixo de seus movimentos.



*Ilustração do experimento do balde de Newton. Nas duas situações, o movimento relativo da água em relação ao balde é a mesma, mas o fato de a água subir pelas paredes indica que há um espaço absoluto em relação ao qual o movimento da água se dá. Figura extraída do sítio <http://einstein.stanford.edu/SPACETIME/spacetime1.html>*

Portanto, quantidades relativas não são as próprias quantidades, cujos nomes elas carregam, mas aquelas medidas perceptíveis delas (rigorosas ou não), as quais são comumente usadas em lugar das próprias quantidades medidas. E se o significado das palavras deve ser determinado pelo seu uso, então pelos nomes tempo, espaço, lugar e movimento, deve-se entender suas medidas [perceptíveis]; e a expressão será incomum e puramente matemática, se as próprias quantidades medidas forem consideradas. Por essa razão, violam o rigor da linguagem, que deve ser mantida precisa, aqueles que interpretam estas palavras como as quantidades medidas. Nem corrompem menos a pureza de verdades matemáticas e filosóficas aqueles que confundem quantidades reais com suas relações e medidas perceptíveis.

É realmente uma questão de grande dificuldade descobrir, e efetivamente distinguir, os movimentos verdadeiros de corpos particulares daqueles aparentes; porque as partes daquele espaço imóvel, no qual aqueles movimentos se realizam, de modo algum são passíveis de serem observadas pelos nossos sentidos. No entanto, a situação não é totalmente desesperadora, pois temos alguns argumentos para nos guiar, parte devido aos movimentos aparentes, que são as diferenças dos movimentos verdadeiros, e parte devido às forças, que são as causas e os efeitos dos movimentos verdadeiros. Por exemplo, se dois globos, mantidos a uma dada distância um do outro por meio de uma corda que os ligue, forem girados em torno do seu centro comum de gravidade, poderíamos descobrir, a partir da tensão da corda, o esforço dos globos a se afastarem do eixo de seu movimento, e a partir daí poderíamos calcular a quantidade de seus movimentos circulares. E então, se quaisquer forças iguais fossem imprimidas de uma só vez nas faces alternadas dos globos para aumentar ou diminuir seus movimentos circulares, a partir do acréscimo ou decréscimo da tensão da corda, poderíamos inferir o aumento ou diminuição de seus movimentos; e assim seria encontrado em que face aquelas forças devem ser imprimidas, para que os movimentos dos globos pudessem ser aumentados ao máximo, isto é, poderíamos descobrir suas faces posteriores ou aquelas que, no movimento circular, seguem. Mas sendo conhecidas as faces que seguem, e conseqüentemente as opostas que precedem, igualmente conheceríamos a determinação dos seus movimentos. E, assim, poder-se-ia encontrar tanto a quantidade como a determinação desse movimento circular, mesmo em um imenso vácuo, onde não existisse nada externo ou sensível com o qual os globos pudessem ser comparados. Porém, se naquele espaço fossem colocados alguns corpos remotos que mantivessem sempre uma dada posição uns com relação aos outros, como as estrelas fixas mantêm nas nossas regiões, não poderíamos, de fato, determinar a partir da translação relativa dos globos entre aqueles corpos, se o movimento pertence aos globos ou aos corpos. Mas, se observássemos a corda, e descobríssemos que sua tensão era aquela mesma tensão que os movimentos dos globos exigiam, poderíamos concluir que o movimento estava nos globos e que os corpos estavam em repouso; então, finalmente, a partir da translação dos globos entre os corpos, devemos obter a determinação dos seus movimentos. Mas as maneiras pelas quais vamos obter os movimentos verdadeiros a partir de suas causas, efeitos e diferenças aparentes, e o contrário, as maneiras pelas quais, a partir dos movimentos, quer verdadeiros ou aparentes, podemos obter o conhecimento de suas causas e efeitos, serão explicadas mais amplamente no próximo tratado. Pois foi com este fim que o compus.

*Ilustração do experimento mental dos globos girantes de Newton. Dois globos ligados por uma corda, ao girarem em torno do eixo comum, fazem surgir uma tensão mensurável na corda. Para Newton, isso era mais uma indicação de que a rotação se dá em relação ao espaço absoluto. Figura retirada da wikipédia:*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Rotating\\_spheres](http://en.wikipedia.org/wiki/Rotating_spheres)

