

REA.1.1.3.2 – TXT – SIMETRIAS

Você já reparou nas folhas das árvores? Ou nas asas de uma borboleta?

Quando olhamos as asas de uma borboleta percebemos que os dois lados têm muitas semelhanças entre si. O mesmo acontece quando olhamos para uma folha: muitas delas possuem uma “linha divisória” que separa os dois lados. Se compararmos um lado com o outro, percebemos que existem muitas semelhanças entre eles. Dizemos, nestes casos, que os dois lados são simétricos entre si! A simetria está presente em muitos padrões da natureza. Até em você mesmo! Imagine uma linha reta que passa dividindo seu rosto em dois lados: a linha desce por entre os olhos, e “corta” o nariz e a boca. O que fica de um lado ou de outro da linha reta é semelhante: um olho, uma orelha, um pedaço de nariz e um pedaço de boca.

O que um objeto é simétrico?

Existe um teste simples para saber se um objeto é simétrico: experimente rotacioná-lo em um eixo. Após a rotação, sua aparência é a mesma que tinha anteriormente? Se sim, ele é simétrico. Se a resposta for negativa, ou seja, se a aparência dele mudou, ele não é um objeto simétrico.

Por exemplo: imagine que você tenha em mãos uma bola de sinuca. Perceba que ao girá-la, qualquer que seja o eixo de rotação que você adote, ela sempre se parecerá igual. Neste caso, podemos perceber que a simetria está relacionada à capacidade de sofrer manipulações, reais ou imaginárias, sem que sejam produzidos efeitos em suas propriedades ou aparências.

Quanto mais rotações um objeto pode suportar sem ser modificado, mais simétrico ele é. Sendo assim, um cubo é menos simétrico que uma esfera, pois, para o cubo, somente as rotações múltiplas de 90° em relação aos eixos que passam pelos centros de suas faces não mudam sua aparência. Se giramos o cubo em 15° , por exemplo, notamos que ele foi girado. O mesmo já não ocorre com uma esfera: Se alguém a gira uma bola de sinuca sem que você veja, é impossível detectar que ela foi manipulada.

Simetrias e leis da Física

As simetrias estão fortemente vinculadas às leis da Física que conhecemos. O mais importante é, nesse caso, conhecer quais manipulações podem ser efetuadas sobre um corpo ou sistema de modo não haja qualquer modificação nas leis que explicam um fenômeno observado. **Com isso, o que veremos a partir de agora é como a simetria está relacionada com as leis de conservação que comumente aparecem no Ensino Médio e como, na verdade, elas revelam a estrutura do espaço e tempo.**

SIMETRIAS NO ESPAÇO E A INVARIÂNCIA DAS EQUAÇÕES DA FÍSICA

Antes de qualquer coisa, mais uma pergunta: como podemos falar sobre leis fundamentais que operam em todo universo sem sairmos de um laboratório situado em um pequenino planeta chamado Terra? Para responder a estas perguntas será preciso fazer um extremo exercício de abstração, como um dos mais complexos *gedanken experiment* (experimento de pensamento) elaborados por Einstein e Bohr em suas discussões acerca da validade da Mecânica Quântica: imagine um exímio jogador de futebol que seja, ao mesmo tempo, um PhD em Física Nuclear! Seu sucesso nos campos, na verdade, é devido ao seu conhecimento de Física. Hábil nos cálculos

mais complexos da mecânica newtoniana, ele é capaz de, por exemplo, calcular com precisão a força e o ângulo necessários para bater na bola no momento de uma falta, ou interceptar com exatidão um passe de longa distância graças ao seu conhecimento de cinemática e lançamento oblíquo. Além disso, ele treina até executar com máxima perfeição uma “bicicleta”, sabendo como jogar a perna, dar o impulso certo para chegar à altura mais adequada, mover seu centro de massa e, aparentemente, parar no ar para chutar a bola em um dos movimentos mais belos do futebol. Assim, seu corpo também passa a “conhecer” intimamente as leis de Newton que regem seus movimentos. Ele treina todos os dias no interior de Minas Gerais e, com seu destaque, é convocado para jogar pela seleção brasileira em um amistoso na Holanda. Ele pode até se preocupar com seu lado emocional e psicológico, contudo, tem certeza de que jogará da mesma maneira que faz em Minas. O que lhe traz esta segurança é a confiança de que as leis de Newton irão se aplicar em Amsterdã da mesma forma que se aplicam em Matias Barbosa. Ou seja, estas leis não são específicas para um lugar ou outro, seu funcionamento não difere quando ele se desloca no espaço. Mesmo que você mude de lugar, as leis que regem os movimentos de seu corpo permanecem inalteradas. Isto ocorre devido a um princípio de simetria conhecido como *simetria de translação*, ou *invariância de translação*. **Este princípio, na verdade, revela propriedades do espaço: sua homogeneidade e isotropia.** Isto quer dizer que cada ponto do espaço é equivalente a outro ponto, e que todas as direções espaciais são idênticas. É esta simetria existente na própria natureza do espaço que permite entender que uma translação no sistema de coordenadas não muda uma lei da Física. É isso que permite aos Físicos estudar e conhecer os confins do universo sem sair de seus laboratórios. Ou seja, um sistema físico qualquer (jogador e bola, elétron e próton, cargas e campos etc.) pode ser movido de um lugar para outro sem que haja qualquer modificação em suas propriedades e nas leis que regem seu comportamento, revelando assim que as **leis da física são simétricas em relação a translações no espaço**. Com isso, as equações que descrevem elétrons, átomos, quarks etc. são invariantes perante translações no espaço. Então, este princípio de simetria revela que as “leis da natureza” testadas e criadas em um laboratório de física situado no Brasil serão verdadeiras se ele for transladado para qualquer outro lugar no espaço. Tal princípio vale não somente para as leis de Newton, mas para o eletromagnetismo de Maxwell, as relatividades de Einstein, a teoria Quântica de Bohr, enfim, para qualquer teoria da física clássica ou moderna, já que na verdade ele diz mais sobre o próprio espaço do que sobre as criações teóricas.

Contudo, note que os detalhes das observações e experimentos podem variar de um lugar para o outro. Por exemplo, para o comentarista Galvão Bueno, se nosso jogador de futebol for jogar na cidade do México, que fica 2300 metros acima do nível do mar, ele deveria rever seus cálculos, pois com a diminuição da pressão atmosférica e da densidade do ar a bola se desloca com mais velocidade. Ainda que o Galvão não seja a melhor referência para temas científicos, é preciso ficar claro que **diferenças locais influenciam no resultado da observação, mas não mudam as leis envolvidas**. Assim, se o Brasil fosse convocado a jogar na Lua, nosso físico-jogador veria que as trajetórias de seu corpo e da bola mudariam muito comparadas com o que ocorre na Terra, mas esta diferença está integrada nas próprias leis de Newton de modo que, certamente, ele seria o único capaz de dar um chute correto. Ou seja, o fato de que a atração gravitacional de um corpo depende de sua massa está “embutido” na gravitação de Newton, de modo que as diferenças que ocorrem na Terra e na Lua refletem uma diferença no ambiente e não significam que a lei da gravitação muda de um lugar para o outro. Resumindo, o modelo explicativo proporcionado por uma lei da Física não se modifica quando se translada pelo espaço. Com isso, até agora, vimos



que as leis da Física são invariantes perante translações no espaço. Mas, quais serão as consequências físicas dessa simetria? O tampo da mesa pode ser entendido como um sistema isolado da ação de forças externas, apresentando em cada ponto as mesmas propriedades (espaço homogêneo). Para que o disco altere o seu estado de rotação ou translação é necessário que haja interação com outro disco ou com algum agente externo.