

REA.1.3.2.2 – TXT – SIMETRIA E CONSERVAÇÕES

Teorema de Noether

Durante o curso estudamos vários tipos de simetria (axial, de translação, de rotação); em todos os tipos, temos um fator comum: algo que permanece igual. Por exemplo, se olharmos a letra A por meio de um espelho não notaríamos diferença, ou seja, algo permaneceu igual.

No século passado Amalie “Emmy” Noether percebeu que a ideia de uma simetria mostrar que algo não muda era mais profunda e importante do que parecia à primeira vista, percebeu que essa “consequência” da simetria estava no cerne do funcionamento do universo e mesmo das leis Físicas. Emmy então formulou o teorema que seria chamado de Teorema da Noether: “TODA SIMETRIA IMPLICA EM UMA LEI DE CONSERVAÇÃO!” Portanto, toda lei Física de conservação é consequência de uma simetria.

Simetrias do Espaço

Se eu pegar uma régua de 30 cm na mão qualquer pessoa verá os mesmos 30 cm que eu, ou seja, não importa quem, ou em qual condição olhem para a régua, se todos estiverem no mesmo meio irão observar o mesmo tamanho. Isso nos mostra que o espaço é o mesmo para todo mundo, isso ocorre pois o espaço é absoluto.

No Espaço absoluto certo intervalo do espaço deve ser medido com o mesmo valor para todo e qualquer observador.

Mas será que essa régua terá 30 cm em qualquer lugar no espaço? Isso será verdade se considerarmos o Espaço como homogêneo.

No Espaço homogêneo certo intervalo do espaço deve ser medido com o mesmo valor em todo e qualquer lugar do espaço.

O importante é percebermos que em uma linha reta, situada num espaço homogêneo, podemos colocar uma régua, de medida 30 cm, onde desejarmos e todas as medidas serão iguais ao comprimento da régua. Ou seja, ao transladarmos a régua, tudo se mantém igual (simetria de transladação). Agora imagine um corpo com um dado movimento sobre essa linha, se o espaço não sofre alteração, o movimento também não sofrerá.

Por exemplo, na atividade da caixa, a caixa com areia e pedras não apresentava simetria de transladação. Se seguirmos em linha reta de um lado da caixa ao outro, perceberíamos a diferença (trechos só com areia, trechos só com cascalhos, trechos com areia e cascalho, trechos com areia solta, trechos com areia compactada, etc).

Em cada trecho a mão consegue percorrer com movimentos diferentes, alguns com mais rapidez, outros com menos. Logo, se não existe homogeneidade entre os trechos, também não existe entre o movimento em cada trecho. Ao longo de um trecho, se o traslado (deslocamento) for através de um meio não homogêneo o movimento também não será, ou seja, se não houver simetria ao longo do traslado (simetria de transladação) o movimento não se manterá uniforme (não se conserva).

Entretanto, quando olhamos para a caixa com isopor, percebemos que ela é homogênea, assim como o movimento de nossa mão dentro da mesma. Ao longo de um trecho, se o traslado for através de um meio homogêneo o movimento também o será, ou seja, se houver simetria ao longo do traslado (simetria de transladação) o movimento se conserva.

Portanto, segundo o teorema de Noether, a conservação associada à simetria de transladação é a do movimento, logo:

A simetria de transladação do espaço implica na conservação da quantidade de movimento.

Outra simetria que aparece como consequência de um espaço homogêneo é a de rotação. De maneira análoga ao movimento e a transladação, se temos um corpo em movimento circular em um meio não homogêneo, a cada trecho do arco de circunferência percorrido, apresentará um movimento diferente, ou seja, se não existe simetria entre cada

trecho da rotação, o movimento angular não se conserva. Entretanto na caixa de isopor haveria simetria na rotação e por consequência a conservação do movimento angular, logo:

A simetria de rotação do espaço implica na conservação da quantidade de movimento angular.

Simetrias do Tempo

A simetria temporal é um pouco mais sutil que a do espaço. Assim como o espaço, o tempo também é absoluto, ou seja, se passaram 10 min para mim, passaram 10 min para você, para o presidente ou mesmo para uma forma de vida unicelular em uma galáxia muito distante.

No Tempo absoluto, certo intervalo de tempo deve ser medido com o mesmo valor para todo e qualquer observador.

Mas além de absoluto, assim como o espaço, o tempo também é homogêneo (aqui é o fluxo do tempo que se dá de forma homogênea). Isso implica que um intervalo de 10 min tem o mesmo valor agora, amanhã ou daqui a mil anos.

No Tempo homogêneo certo intervalo de tempo deve ser medido com o mesmo valor em todo e qualquer momento do tempo.

Mas o que ocorreria se o tempo não fosse homogêneo?

Falar de simetrias no tempo é algo bastante difícil e pode, a princípio, parecer sem sentido e artificial, entretanto, esta simetria se revela facilmente quando pensamos em sua ausência. Suponha que você habita um universo onde diversas grandezas da física variam no tempo. Agora, imagine uma caixa d'água capaz de suportar 10 000 litros, situada em uma torre a 10 m do chão. Este sistema pode ser ligado a um gerador capaz de converter 100% da energia potencial em energia elétrica, que será armazenada em uma bateria. Contudo, em nosso universo imaginário, o valor da gravidade é 10 m/s^2 todos os dias da semana, exceto aos domingos onde o valor passa a ser 7 m/s^2 .

Assim, aos sábados, podemos transformar 100 000 J em energia elétrica ($E=E_{pg}=m.g.h$) e, aos domingos, usamos uma bomba para levar a água de novo para o topo da torre. Com isso, toda semana, teremos 30 000 J guardados, extra, em nossa bateria. Já o gasto de energia para elevar a água será 70 000 J. Temos assim um moto - perpetuo!

Este absurdo só ocorre porque a lei da conservação de energia foi violada, já que o sistema é capaz de "criar" energia (30 000 J por semana). Tal violação revela uma quebra na simetria de transladação do tempo, ou seja, que seu fluxo não é homogêneo. Isso nos mostra, que para um fluxo não homogêneo do tempo, perde-se a homogeneidade da energia. Portanto, para uma simetria no fluxo temporal, ou seja, na transladação temporal, temos também uma homogeneidade na Energia do sistema, logo:

A simetria de transladação temporal implica na conservação da Energia.

Simetrias, Absolutos e Leis de Conservação

Até aqui pudemos chegar a algumas conclusões extremamente importantes sobre a natureza do espaço e do tempo:

- **O ESPAÇO É ABSOLUTO**
- **O ESPAÇO É HOMOGÊNEO**
- **O ESPAÇO TEM SIMETRIA DE TRANSLAÇÃO E DE ROTAÇÃO**
- **O TEMPO É ABSOLUTO**
- **O TEMPO É HOMOGÊNEO**
- **O TEMPO FLUI SIMETRICAMENTE**

Com base nisso e no Teorema de Noether:

TODA SIMETRIA IMPLICA EM UMA LEI DE CONSERVAÇÃO

Conseguimos associar as seguintes simetrias e leis de conservação:

SIMETRIA	CONSERVAÇÃO
TRANSLADAÇÃO	MOVIMENTO
ROTAÇÃO	MOMENTO ANGULAR
TEMPORAL	ENERGIA