

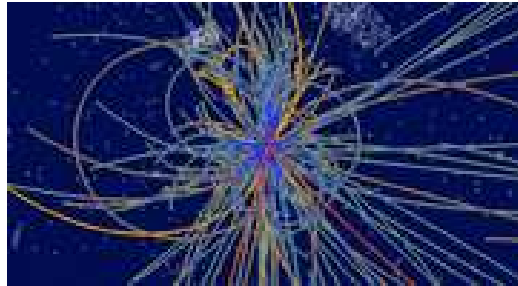
# **A Matemática e o Universo**

**João Pimentel Nunes**  
(Instituto Superior Técnico)

**Escola de Verão**  
**de Matemática, Estatística e Computação**  
**Julho de 2013**

## A Matemática e o Universo

O Universo que nos rodeia tem estruturas muito diferentes a diferentes escalas. Desde as escalas mais pequenas (a escala subatômica do electrão, ou menor ainda) até às maiores escalas (as escalas astronómicas dos enxames de galáxias),  
o Universo é descrito em LINGUAGEM MATEMÁTICA.



Muitas das ideias mais profundas da Matemática moderna são indispensáveis para a descrição do Universo. Por exemplo, no decorrer do Século XX, alguns físicos, que queriam descrever as interacções entre as partículas elementares, e alguns geometras motivados por problemas completamente diferentes, descobriram independentemente os mesmos conceitos e as mesmas fórmulas!

É frequente encontrarem-se alguns dos maiores teoremas da geometria moderna desempenhando papéis importantes na física microscópica!

Se formos às prateleiras da biblioteca central do IST encontramos, na secção de geometria, um livro clássico de geometria moderna; e na secção de física podemos também encontrar um excelente livro de física de partículas:



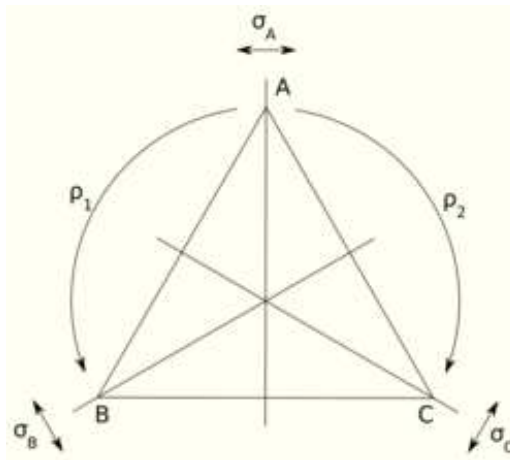
Se abrimos as páginas destes dois livros, ambos bastante avançados, vamos encontrar **as MESMAS FÓRMULAS!** Extraordinário!

Mas, as partículas não sabem apenas geometria...

## O que é um grupo ?

Um dos conceitos mais importantes da álgebra é o de **GRUPO**.

O grupo de simetrias do triângulo é o conjunto formado pelas 6 operações que podemos efectuar sobre o triângulo transformando-o nele próprio: 3 rotações por  $0^{\circ}$ ,  $120^{\circ}$  ou  $240^{\circ}$  e 3 reflexões relativas às diagonais do triângulo.



Se compusermos duas destas operações obtemos uma terceira operação do conjunto; a composição é associativa

$$O_1(O_2O_3) = (O_1O_2)O_3;$$

existe uma operação “identidade” (não fazer nada) e cada uma destas operações pode ser invertida. Um grupo é um conjunto de operações com estas propriedades.

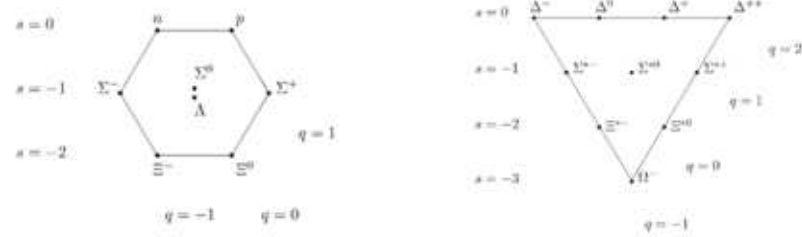
Este grupo **NÃO É COMUTATIVO!** Por exemplo, rodar o triângulo  $120^0$  fazendo uma reflexão de seguida, não deixa os vértices do triângulo na mesma posição do que fazer primeiro a reflexão e depois a rotação.

O estudo das propriedades dos grupos é muito importante em Matemática! A estrutura da matéria está organizada em termos de propriedades de alguns grupos! Por exemplo, a Natureza seria muito diferente se todos os grupos fossem comutativos!!!

## Os electrões sabem teoria de grupos ?

O protão e o neutrão, constituintes dos núcleos atômicos e responsáveis por grande parte da nossa massa, são formados por partículas mais pequenas, chamadas **quarks**. Concentremo-nos em 3 tipos de quarks:  $u, d, s$ . Existe um grupo de simetria (aproximada) das forças nucleares que consiste em “rodar” estes 3 tipos de quarks entre si. As operações do grupo transformam as partículas alterando a sua composição em termos de quarks  $u, d, s$ . Por exemplo o protão  $p = (uud)$  pode ser transformado num neutrão  $n = (udd)$ . Até à década de 1960, as partículas compostas por quarks eram difíceis de “catalogar”. Conheciam-se as suas massas, cargas e outras propriedades físicas, mas não parecia haver nenhum critério que explicasse esses parâmetros. Até que os físicos foram espreitar as prateleiras da biblioteca de matemática onde se guardam os livros de teoria de grupos...

...e descobriram que as partículas elementares sabem teoria de grupos!!! Recorrendo ao conceito de representação, fundamental na estrutura matemática dos grupos, os físicos descobriram que as partículas se arrumam segundo diagramas que se podem encontrar nos livros de teoria de grupos!!!



Na verdade, esta estrutura matemática é tão poderosa que permitiu prever a existência de algumas destas partículas antes da sua descoberta no laboratório! Sim! As partículas elementares sabem teoria de grupos!



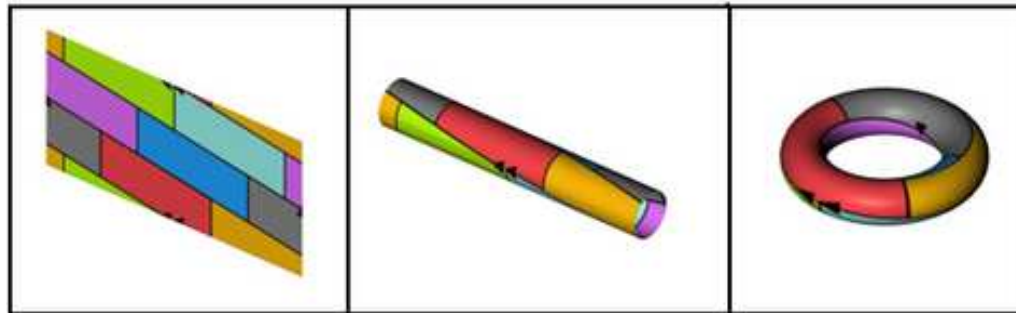
## E as grandes escalas ?

Como vimos, a álgebra e a geometria são fundamentais na descrição do Universo às mais pequenas escalas. E nas grandes escalas ? Qual é a forma do Universo ?

... Ninguém sabe, e ninguém sabe se a porção de Universo que conseguimos observar com os mais potentes telescópios é apenas uma pequena parte do Universo... Será que o nosso Universo é limitado ?...

A **Topologia**, a disciplina matemática que estuda a “forma” dos espaços, sugere-nos algumas hipóteses divertidas...

Se o espaço que habitamos tivesse apenas duas dimensões talvez o nosso Universo fosse como a superfície de um donut:



Um raio de luz emitido de um ponto na superfície do donut acaba por dar um número infinito de voltas passando perto do lugar de onde partiu...

Será que vivemos no interior de um donut tri-dimensional de proporções gigantescas ?!

## A Matemática em todas as coisas

As questões por responder são cada vez mais e é isso que torna interessante buscar as respostas. E as respostas contêm quase sempre **MATEMÁTICA**, quer estejamos a estudar o átomo, a galáxia, a atmosfera, a sustentabilidade dos ecossistemas, a propagação de doenças, as cotações da bolsa ou as redes de telemóveis. Não saber Matemática é como ser analfabeto perante a biblioteca mais rica do mundo!