

de aprofundar nossa compreensão do mundo físico conduziu à criação de uma nova matemática, que os matemáticos em seguida desenvolveram por si mesma. Consideremos alguns exemplos notáveis de cada tipo. Primeiro, alguns em que idéias matemáticas foram desenvolvidas por si mesmas, por matemáticos impressionados com a simetria, a lógica intrínseca e a generalidade dos conceitos envolvidos, mas que depois se revelaram o instrumento perfeito para a descrição e elucidação de novos aspectos da natureza.

Cônicas

Apolônio de Perga viveu por volta de 262 a 200 a.C., tendo sido contemporâneo de Arquimedes. Aprendeu sua matemática na escola fundada pelos sucessores de Euclides e, embora suas obras mais originais se tenham perdido, é considerado um dos maiores matemáticos da Antigüidade em virtude de seu trabalho sobre as cônicas. Ele estabelece todas as propriedades geométricas e algébricas das elipses, parábolas e hipérbolas. Sem essas investigações, teriam faltado a Kepler as descrições necessárias para a teoria dos movimentos planetários, que formulou em 1609. Posteriormente, a derivação, por Newton, das leis do movimento planetário de Kepler a partir de sua própria lei da força gravitacional do inverso do quadrado evidenciou a plena significação física de curvas parabólicas, hiperbólicas e elípticas na descrição das órbitas de corpos que se movem sob campos de força atrativos como a gravitação.

Geometria riemanniana e tensores

O desenvolvimento de uma geometria não-Euclidiana como um ramo da matemática pura, empreendido por Riemann no século XIX, e o estudo de objetos matemáticos chamados tensores foram uma bênção para o desenvolvimento da física do século XX. Os tensores são definidos pelo fato de que suas partes constituintes mudam de uma maneira muito particular quando seu sistema de coordenadas é alterado de modos completamente arbitrários. Esse misterioso engenho matemático provou ser exatamente aquilo que Einstein precisava em sua formulação da teoria geral da relatividade. A geometria não-euclidiana descrevia a distorção do espaço e tempo na presença de massa-energia,* ao passo que o comportamento dos tensores

* De acordo com Einstein, massa e energia são relacionadas através da famosa equação $E = mc^2$, onde E é a energia, m a massa e c a velocidade da luz. (N.R.T.)

assegurava que toda lei da natureza escrita na linguagem dos tensores conservaria automaticamente a mesma forma, fosse qual fosse o estado de movimento do observador. De fato, Einstein teve a grande sorte de ter um velho amigo, o matemático puro Marcel Grossmann, capaz de introduzi-lo a essas ferramentas matemáticas. Se elas então não existissem, não lhe teria sido possível formular a teoria geral da relatividade.

Grupos

Sublinhamos repetidas vezes o papel superabrangente da simetria na física moderna. O estudo sistemático da simetria inclui-se, para o matemático, no tópico "teoria dos grupos". Essa matéria foi em grande parte criada durante o século XIX, mais uma vez sem motivação física; dividiu-se no estudo dos grupos finitos, que descrevem mudanças discretas particulares, como as rotações, e no dos grupos que descrevem transformações contínuas. Esses últimos foram estudados com espantosa minúcia pelo norueguês Sophus Lie. De fato, o poder e a profundidade desses desenvolvimentos do século XIX, e o modo como lançaram luz sobre áreas da matemática que pareciam inteiramente distintas, levaram Poincaré a afirmar que os grupos são "toda a matemática". Por outro lado, contudo, não havia nenhuma conexão clara entre eles e quaisquer problemas de física. Em 1900, Sir James Jeans, em conversa com um colega sobre as áreas da matemática cujo conhecimento seria mais proveitoso para o físico, afirmou:

...podemos eliminar também a teoria dos grupos, esse é um assunto que nunca terá utilidade alguma na física.

Ao contrário, é a classificação sistemática da simetria e sua canonição como assunto da teoria dos grupos que forma o fundamento de grande parte da física básica contemporânea. A natureza gosta da simetria e, por isso, os grupos constituem parte fundamental de sua descrição.

Espaços de Hilbert

São duas as grandes teorias físicas da física do século XX. A primeira, a relatividade geral, que pôde ser criada, como acabamos de ver, porque estava disponível um grande corpo de geometria não-euclidiana e de cálculo de tensores. A segunda, a mecânica