

te-americanos John A. Wheeler e Bryce De Witt. A equação de Wheeler-De Witt descreve a evolução de W . Trata-se de uma adaptação da famosa equação de Schrödinger, que governa a função de onda da mecânica quântica comum, mas que incorpora também os atributos do espaço curvo da relatividade geral. Se conheçêssemos a forma atual de W , ela nos diria que probabilidade teria o universo observado de apresentar certas características de grande escala. Espera-se que essas probabilidades se mostrem fortemente concentradas em torno de valores particulares, do mesmo modo que coisas comuns muito grandes têm propriedades definidas, a despeito das incertezas microscópicas da mecânica quântica. Se os valores muito prováveis fossem similares aos valores observados, isso explicaria aquelas características, mostrando-as como uma consequência do fato de que o nosso era o mais "provável" de todos os universos possíveis. Para fazer isso, entretanto, faltam ainda algumas condições iniciais para a equação de Wheeler-De Witt — uma forma inicial para a função de onda do universo.

A mais útil quantidade envolvida na manipulação e estudo de W é a função de transição $T[x_1, t_1; x_2, t_2]$. Isso dá a probabilidade de encontrar o universo num estado rotulado por x_2 num tempo t_2 , se estava num estado x_1 num tempo anterior t_1 , onde os "tempos" podem ser definidos por algum outro atributo do estado do universo, como sua densidade média, por exemplo (veja a figura 3.6).

Evidentemente, na física não-quântica, as leis da natureza prevêm que um estado futuro definido surgirá de um passado particular, e essas noções probabilísticas não teriam nenhuma serventia. Na física quântica, porém, um estado futuro é determinado apenas como uma soma devidamente ponderada de todos os trajetos logicamente possíveis através do espaço e do tempo que o sistema poderia ter tomado. Um desses trajetos poderia ser o único que a descrição não-quântica seguiria. Nós o chamamos de *trajeto clássico*. Em algumas situações, em que existe uma situação determinística convencional, sua descrição quântica tem uma função de transição que é determinada sobretudo pelo trajeto clássico, deixando que as outras se combinem de maneira a se cancelarem mutuamente, de modo muito parecido com os picos e depressões de ondas que estão fora de fase. De fato, há aqui uma questão complexa: poderão todas as condições iniciais possíveis admitidas para um universo quântico dar origem a um universo "clássico", quando se expandem para um tamanho maior? Isto pode vir a se revelar uma exigência muito

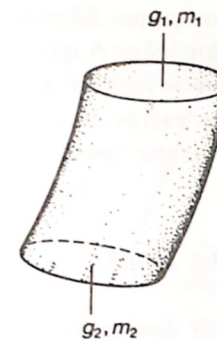


Figura 3.6 Alguns trajetos para espaço-tempo cujas fronteiras consistem em dois espaços tridimensionais com curvaturas g_1 e g_2 , onde os campos de matéria estão nas configurações m_1 e m_2 , respectivamente.

restritiva, que seria necessária também para a existência de observadores vivos, e que destacaria nosso universo como excepcional no conjunto de todas as possibilidades. Se isso for verdade, teria também a interessante implicação de que somente por um estudo de suas consequências cosmológicas se poderia chegar a um entendimento completo da mecânica quântica.

Na prática, W depende da configuração da matéria no universo numa camada particular da pilha de espaço e de alguma propriedade geométrica interna da camada (como sua curvatura), que então efetivamente rotula seu "tempo" de maneira única. Mais uma vez, não há uma escolha especial de quantidade geométrica que seja privilegiada em relação às demais quando se rotulam as camadas desse modo. Há muitas que serão satisfatórias, e então a equação de Wheeler-De Witt informa como a função de onda num valor desse tempo internamente definido se relaciona com sua forma em outro valor. Quando estamos próximos do trajeto clássico, esses desenvolvimentos da função de onda no tempo interno são facilmente interpretáveis como pequenas "correções quânticas" à física clássica comum. Mas este nem sempre é o caso, e, quando o trajeto mais provável está distante do clássico, torna-se cada vez mais difícil interpretar a evolução quântica como ocorrendo *no* tempo, em qualquer sentido. Isto é, o aglomerado de camadas de espaço que a equação de Wheeler-De Witt nos dá não se empilha naturalmente de