

LUÍS M. AIRES

A Relatividade

explicada a quem pensava
que nunca a perceberia



EDIÇÕES SÍLABO

Dedicado à Helena.

A RELATIVIDADE

explicada a quem
pensava que nunca
a perceberia

LUÍS M. AIRES

EDIÇÕES SÍLABO

É expressamente proibido reproduzir, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio gráfico, eletrónico ou mecânico, inclusive fotocópia, este livro. As transgressões serão passíveis das penalizações previstas na legislação em vigor.

Não participe ou encoraje a pirataria eletrónica de materiais protegidos. O seu apoio aos direitos dos autores será apreciado.

Visite a Sílabo na rede
www.silabo.pt

FICHA TÉCNICA

Título: A Relatividade Explicada a Quem Pensava
Que Nunca a Perceberia

Autor: Luís M. Aires

© Edições Sílabo, Lda.

Capa: Helena Pulido

1ª Edição – Lisboa, setembro de 2019.

Impressão e acabamentos: ARTIPOL – Artes Tipográficas, Lda.

Depósito Legal: 458989/19

ISBN: 978-989-561-015-0



EDIÇÕES SÍLABO, Lda.

Publicamos conhecimento

Editor: Manuel Robalo

R. Cidade de Manchester, 2

1170-100 Lisboa

Tel.: 218130345

e-mail: silabo@silabo.pt

www.silabo.pt

Índice

Preâmbulo	7
Capítulo 1 – Início, ou o fim de um mundo pacífico	9
Capítulo 2 – A culpa é da luz	17
Capítulo 3 – 1905, o ano especial	25
Capítulo 4 – $E = mc^2$	35
Capítulo 5 – Espaço-tempo	53
Capítulo 6 – 1907, o ano dos... elevadores	63
Capítulo 7 – Uma questão geométrica	71
Capítulo 8 – A teoria relativista da gravidade	79
Capítulo 9 – «Ver para crer»	89
Capítulo 10 – Fim, ou o princípio de uma nova aventura	93

Preâmbulo

A relatividade física é um dos conceitos científicos mais assombrosos e revolucionários da História da humanidade, ao nível do modelo heliocêntrico, da mecânica newtoniana, da evolução por seleção natural e da mecânica quântica. Como tal, a sua compreensão não pode ser encarada como um «dever» de mentes sofisticadas, mas sim um «direito» de qualquer mente curiosa. Foi esta a chama que iluminou a redação deste pequeno livro.

Um livro que quis direto, sem floreios. De ciência pura, abrindo caminho o mais reto possível entre buracos filosóficos e armadilhas emocionais. Um caminho que depende da matemática, felizmente da que se aprende até ao nono ano de escolaridade; nada mais complexo que isso. A «má» notícia é a habitual num livro deste tipo: as coisas parecerão mais simples do que são, tanto as ideias como a realidade, pelo que existirão algumas (poucas) imprecisões forçadas. Porém, não desvirtuam o cerne da fabulosa teoria engendrada por Einstein.

A Relatividade afirma que, quanto mais depressa nos movemos, mais devagar o tempo corre. A minha expectativa é que a leitura deste «rápido» livro lhe proporcione a experiência oposta!

Até já.

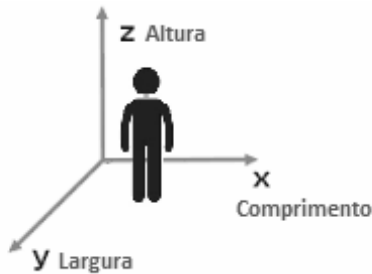
Capítulo 1

Início, ou o fim de um mundo pacífico

No Princípio, surgiram o tempo e o espaço absolutos. E nisso todos acreditavam.

De repente, «fez-se» Newton.

No mundo do dia-a-dia é possível chegar a uma estrada onde circule um automóvel em movimento retilíneo uniforme. Observo o carro com atenção: segue a uma velocidade constante em linha reta. Como estou imóvel, sou aquilo que os físicos designam por «sistema de referência inercial» (inércia significa resistência ao movimento ou ao repouso), pois a minha velocidade, que é zero relativamente ao solo, não varia; a velocidade do automóvel, digamos 50 km/h, também *não varia*.

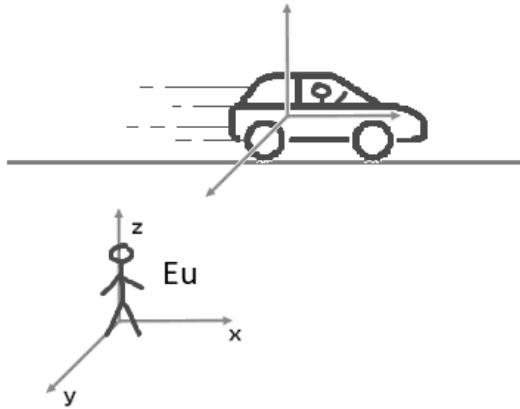


Um referencial espacial em repouso ou a uma velocidade constante em linha reta, face a galáxias distantes, é designado «inercial»: a sua aceleração (aumento ou diminuição de velocidade) é *nula*.

Isto tem uma implicação interessante para o leitor, que acaba de chegar ao local. Para si, que começou a ler este livro, o espaço é absoluto, igual para todos, e assim não sente qualquer hesitação em pensar que eu e o automóvel estamos em estados *diferentes*, um em repouso e o outro em movimento. Ah, movimento causado pela atuação contínua de uma força, segundo Aristóteles. Não, não..., afirmou Newton, repouso e movimento retilíneo uniforme podem ser vistos como estados *iguais* – o de ausência de uma força ou impulso atuante. É o que diz a Primeira Lei de Newton, também conhecida por Princípio da Inércia: um corpo em repouso continuará em repouso, um corpo a velocidade constante em linha reta assim continuará enquanto nenhuma força atuar sobre ele.

Uma vez que o automóvel está num estado de inércia tão natural como o meu, é um referencial de espaço tão válido quanto eu ou o chão que piso. Logo, se o leitor – num passe de magia – se sentar ao lado do condutor, pode considerar

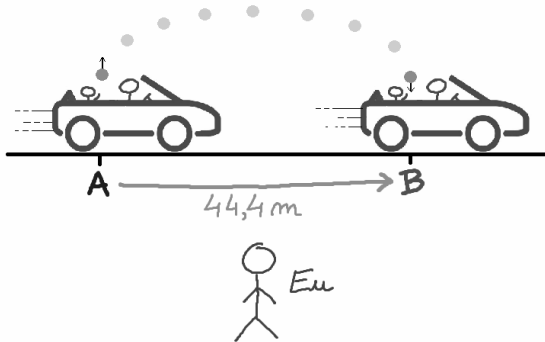
que está em repouso (relativamente ao referencial «carro») e eu é que estou em movimento, a 50 km/h e mais e mais longe a cada segundo que passa.



Na mecânica newtoniana não há distinção entre repouso e movimento retilíneo uniforme, por exemplo, de um automóvel: podem ser vistos como o mesmo estado, já que a aparente diferença decorre de o observador se mover à mesma velocidade do carro (o condutor), ou a uma outra velocidade constante (eu). Aproveito para dizer que um corpo em movimento tem um *momento* (p) que é o produto da massa pela velocidade ($p = mv$); possui também a chamada *energia cinética*, que é dada pela fórmula $E_c = \frac{1}{2}mv^2$.

A não existência de repouso absoluto significa que não podemos atribuir uma posição absoluta, definitiva, a um qualquer corpo ou acontecimento. Ao contrário do que acreditava Aristóteles, o espaço é relativo. Vou partilhar uma nova situação.

Imagine que um outro automóvel, descapotável, passa na estrada à velocidade de 40 km/h. Uma criança, no banco de trás, brinca com uma bola atirando-a ao ar e apanhando-a de seguida. Claro que, para a criança, a bola sobe e cai no mesmo sítio, o lugar que ocupa no banco traseiro. E do meu ponto de vista?



A criança atira a bola no local *A*; quando a recupera, suponhamos quatro segundos depois, a criança já se encontra noutra local (*B*). Considerando a velocidade indicada, o local *B* situa-se 44,4 metros à frente do local *A*. Para mim, o lançamento e a receção daquela bola não ocorrem no mesmo sítio.

No caso de ser eu a lançar e apanhar uma bola, direi que sobe e cai no mesmo local, tal como a criança no carro percebeu a respetiva bola. As leis do movimento são as mesmas para ambas as bolas. Assim, o que/quem é que está realmente em movimento?...

Newton desesperou com a ideia de não existirem posições ou espaço absolutos, por fragilizar a crença num Deus

Luís M. Aires é o autor de *Conceitos de Matemática*, *Planeta Verde (Uma história natural do reino vegetal)*, *Infinito + 1* e da coleção, para pais e professores, *Ensinar e Aprender Realmente! Melhor*.

Albert Einstein contou uma vez que, aos 16 anos de idade, se imaginou a cavalgar um raio de luz, à velocidade máxima de 300.000 km/s, numa corrida com outro raio luminoso. Porém, ao contrário do que dita o senso comum, o segundo raio não seguia empatado com o raio de Einstein; isso significaria que estava parado relativamente ao jovem sonhador alemão. Não..., o segundo raio seguia muito à frente, disparado à sua velocidade habitual de 300.000 km/s, pois as leis físicas, e é isso que define as leis, são iguais para todas as pessoas, imóveis ou em movimento.

A partir desta simples divagação intelectual Einstein viria a revolucionar a nossa visão do mundo. Sendo assim, e uma vez que praticamente toda a gente já ouviu falar da *Relatividade*, cavalguemos juntos a luz do saber a fim de compreender essa fantástica ideia.

ISBN 978-989-561-015-0



9 789895 610150

625