

Lições de Potentia Restitutiva

ou da Mola

Robert Hooke

REVISÃO E PREFÁCIO

CARLOS FIOLHAIS

PORQUÊ LER HOOKE?

RICARDO LOPES COELHO

INTRODUÇÃO, TRADUÇÃO E NOTAS

ISADORA MONTEIRO

IEF

INSTITUTO DE
ESTUDOS FILOSÓFICOS

Lições de Potentia Restitutiva

ou da Mola

Robert Hooke

tra
phi
cae

7

TÍTULO

Lições de Potentia Restitutiva
ou da Mola

AUTOR

Robert Hooke

INTRODUÇÃO, TRADUÇÃO E NOTAS

Isadora Monteiro

EDIÇÃO

Instituto de Estudos Filosóficos
URL: <https://www.uc.pt/fluc/uidief/>
Email: iestudosfilosoficos@gmail.com

PREFÁCIO E REVISÃO

Carlos Fiolhais

PORQUÊ LER HOOKE?

Ricardo Lopes Coelho

CONCEÇÃO GRÁFICA

Instituto de Estudos Filosóficos

CAPA

Pormenor de desenho de Robert Hooke

ISBN DIGITAL

978-989-35687-3-6

DOI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13828616>

Lições de Potentia Restitutiva

ou da Mola

Robert Hooke

EDIÇÃO BILINGUE

INTRODUÇÃO, TRADUÇÃO E NOTAS

ISADORA MONTEIRO

PREFÁCIO E REVISÃO

CARLOS FIOLHAIS

PORQUÊ LER HOOKE?

RICARDO LOPES COELHO

IEF

INSTITUTO DE
ESTUDOS FILOSÓFICOS

SUMÁRIO

PREFÁCIO	9
<i>CARLOS FIOLHAIS</i>	
PORQUÊ LER HOOKE	17
<i>RICARDO LOPES COELHO</i>	
INTRODUÇÃO.....	25
<i>ISADORA MONTEIRO</i>	
LECTURES DE POTENTIA RESTITUTIVA, OR, OF SPRING.....	38
LIÇÕES DE POTENTIA RESTITUTIVA OU DA MOLA	39
<i>ROBERT HOOKE</i>	
REFERÊNCIAS	109
AGRADECIMENTOS.....	113

NOTA À COLEÇÃO

Atento à história da filosofia e ao diálogo com os seus maiores textos, refletidamente traduzidos, o IEF (Instituto de Estudos Filosóficos) abraça também a missão de estimular o pensamento e a conceptualização filosófica em língua portuguesa e a recuperação, aprofundamento e divulgação internacional de todo o relevante património filosófico.

A colecção *Traphicae: Traduções Filosóficas de Autores Essenciais* tem o objetivo do IEF como mote e procura a divulgação de textos filosóficos traduzidos filosoficamente, isto é, constituindo-se como uma aproximação às obras publicadas, bem como aos autores, contendo introduções e - na maioria dos casos - aparato crítico que permite estudar, de uma maneira mais sólida, a obra e o autor.

Tem como pressuposto essencial que as edições sejam bilingues - caso raro em Portugal em textos da envergadura dos que propomos. As edições bilingues permitem ao investigador não só cotejar as traduções apresentadas, como tornar a edição original mais comum.

Esta colecção abre-se, também, à recuperação de edições que se encontram esgotadas ou de difícil acesso, sublinhando assim a longa história de traduções e filósofos, por vezes esquecidos.

Os coordenadores

PREFÁCIO

CARLOS FIOLHAIS

(Universidade de Coimbra)

O físico inglês Robert Hooke, contemporâneo de Isaac Newton, é uma das maiores figuras da Revolução Científica, isto é, da criação da ciência moderna que ocorreu nos séculos XVI e XVII. Entre as suas principais contribuições para a ciência está a descoberta da lei da força elástica, que hoje tem o seu nome: a força de deformação de uma mola é directamente proporcional ao deslocamento da sua posição de equilíbrio. Esta lei — descoberta segundo o próprio em 1660, anunciada em 1676 sob a forma de um anagrama em latim e publicada em 1678 no livro *Lições de Potentia Restitutiva ou Da Mola*, escrito no original em inglês e publicado pela Royal Society de Londres, cuja primeira parte está aqui traduzida — é de enorme relevância não só para a física, mas também para a ciência de materiais, que só haveria de surgir no século XIX. Foi encontrada por Hooke por via experimental, sendo por isso um dos primeiros resultados obtidos por aplicação do método científico. De facto, muitas outras forças têm, para além da elástica, comportamento perto do equilíbrio que é descrito pela lei de Hooke.

Experimentalista notável, Hooke notabilizou-se, para além das experiências com molas, por ter observado ao microscópio a estrutura da cortiça, tendo sido o descobridor das células da vida. O seu livro *Micrographia* (1665), também publicado pela Royal Society, é um dos monumentos maiores

da edição científica. Hooke estudou óptica, aprimorando o microscópio e defendendo uma teoria ondulatória da luz.

Outros instrumentos passaram pelas mãos de Hooke, que foi curador de experiências na Royal Society: o relógio portátil de corda (que pode ser visto como uma aplicação prática da lei de Hooke), o barómetro (que ele inventou de raiz), o higrómetro e o anemómetro (sem os quais não haveria meteorologia), etc. Aperfeiçoou a bomba de vácuo, usada pelo seu colega Robert Boyle, também activo na referida sociedade, para estudar gases, e o telescópio, que usou para descobrir a primeira estrela binária e para se aperceber das rotações de Marte e de Júpiter. Foi, pode dizer-se, um homem dos «sete instrumentos», consciente de que os instrumentos eram absolutamente essenciais para a «nova ciência». Dotado de uma curiosidade excepcional, gostava de saber tudo e mais alguma coisa. O seu biógrafo Stephen Inwood, chamou-lhe o «homem que sabia demais» (*The Man who new too much. The inventive life of Robert Hooke, 1635 – 1703*, Macmillan, 2003).

Para além de experimentalista, foi um especulador. A ele se deve a ideia da força da gravitação universal, mais tarde matematizada de forma exacta por Newton na lapidar fórmula da gravitação universal que ele apresentou nos *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural* (1687). Hooke foi pioneiro na descrição quantitativa desta força que não só nos prende ao solo como liga os planetas, prioridade que Newton ignorou. A aversão entre os dois sábios era profunda, o que não admira já que o autor dos *Princípios* não ficou conhecido por cultivar

as relações com os seus colegas. A disputa mais acesa entre os dois teve a ver precisamente com a precedência a respeito da lei da gravitação universal. Mas já se tinham oposto em questões de óptica: Newton defendia uma teoria corpuscular da luz, oposta à ondulatória. Há uma frase famosa atribuída a Newton - «Se vi mais longe é porque estava aos ombros de gigantes» - que está, segundo alguns historiadores de ciência, directamente relacionada com o autor da lei da força elástica de uma maneira nada lisonjeira para Newton. Não havendo retratos de Hooke, conta quem conviveu com ele que era atarracado. Ora, Newton, numa disputa sobre a luz, com aquela frase estava-lhe a chamar anão. Não podia estar aos «ombros» dele...

Esta primeira tradução em português de Hooke é uma bem-vinda contribuição para a cultura científica portuguesa. Devíamos ter na nossa língua versões dos textos mais importantes da história da ciência e esta tardou. Quem estiver de fora da história da ciência desta época, ao ler esta tradução de Isadora Monteiro, muito bem prefaciada e anotada, poderá aprender dois factos pouco conhecidos. Primeiro, que a elasticidade das molas foi aproveitada por Hooke, pendurando pesos em molas, para tentar medir a diminuição da força da gravidade com o afastamento da Terra, embora sem resultados inequívocos. Segundo, e mais espantoso, Hooke ensaiou nesta obra uma teoria microscópica da elasticidade, baseada na ideia de partículas constituintes da matéria em perpétuo movimento. No fundo, apresentou

aqui a primeira teoria cinética da matéria. A teoria cinética dos gases é, tal como a ciência dos materiais, do século XIX, estando associado a nomes da termodinâmica e mecânica estatística como Ludwig Boltzmann e James Clerk Maxwell. Porém, a ideia de calor como forma de energia, associada ao movimento de partículas, é de Hooke, muito antes de haver termodinâmica!

Sendo um polímata, o sábio inglês contribuiu também para a geologia e para a biologia. A Terra, segundo ele, era um planeta muito mais antigo do que a Bíblia dava a entender, tendo sofrido transformações lentas (por exemplo, as montanhas tinham-se elevado em processos naturais) e tinha havido extinção de algumas espécies, no longo percurso da evolução biológica. E ele foi ainda um exímio colaborador do arquitecto Christopher Wren, um dos sócios fundadores da Royal Society em 1660, na reconstrução de Londres depois do grande incêndio de 1666.

Vivia-se no tempo em que a física, sob o nome de filosofia natural, se emancipava da filosofia. E desde logo se percebeu (o filósofo Francis Bacon terá sido o primeiro, no início do século XVII) que a filosofia natural ia ter um tremendo impacto na vida humana. Conhecendo a Natureza era possível minimizar alguns dos seus perigos.

Hooke foi, portanto, um génio. É um pequeno texto de um grande génio que o leitor encontrará a seguir. Vai ler um texto genial, onde a observação, a experimentação e o raciocínio se cruzam, guiados por uma intuição criativa. O

autor não via as partículas, que Demócrito na Grécia Antiga tinha imaginado, mas não hesitou em usá-las no seu modelo do mundo material. Ao ler este ensaio o leitor estará a assistir a um «passo de gigante» na história da física, ainda que o seu autor tivesse fisicamente uma pequena estatura.

Coimbra, 28 de Agosto de 2024

POSSÍVEL QUESTÃO DE LEITOR: PORQUÊ LER HOOKE?

RICARDO LOPES COELHO

(Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)

O estudante de física ouve falar de Hooke em “Lei de Hooke”. A lei aparece nos manuais de física, porém, eles não coincidem na identificação da lei.¹ Por isso, o estudante, qualquer leitor, fica sem saber o que Hooke realmente fez. Algumas teses dos manuais podem ser excluídas, simplesmente ao desfolhar o texto de Hooke que se segue. Ao fazê-lo, não encontra nenhuma equação. Logo, sempre que um manual identifique a lei de Hooke com uma equação, sabe que isso é historicamente falso.

Para outros físicos, a equação da lei de Hooke resulta da introdução do resultado obtido por Hooke na segunda lei de Newton. A segunda lei de Newton, ensinam os manuais, é $F=ma$ (*força = massa vezes aceleração*). A ideia é então a seguinte: a força exercida pela mola, que proviria de Hooke, ocupa o lugar da força em $F=ma$. A ser assim, o leitor pode pensar, que Newton ou um físico dos séc.s XVII ou XVIII, pegou na segunda lei de Newton e introduziu a força que a mola exerce no lugar de F em $F=ma$. Newton não fez isso de certeza. Ele nunca escreveu $F=ma$, nem na obra publicada nem nos manuscritos. (Pourciau 2006) Mais de duas décadas após a morte de Newton apareceu um artigo com o título “Descoberta dum novo princípio de mecânica”, onde, agora

¹ Armstrong, King (1970, p. 451), Bueche, Jerde (1972, p. 263), Ford (1972, p. 220), Eisberg, Lerner (1982, p. 185), Landau, Lifshitz (1986, p. 11), Ohanian (1994, p. 140), Bergmann, Schaefer (1998, p. 99), Hecht (2000, p. 408), Dransfeld et al. (2001, p. 72), Lüders, Pohl (2004, p. 106), Cutnell, Johnson (2006, p. 200).

sim, o princípio é apenas uma equação, e a equação é $F=ma$. (Euler 1752) Os manuais do séc. XVIII nem dizem que a segunda lei de Newton é $F=ma$ nem tratam a lei de Hooke.² O sentido da lei de Newton era outro. (Coelho 2018) Em suma, para o leitor não ser induzido em erro, importa-lhe conhecer a segunda lei de Newton, uma vez que é com ela que alguns manuais contemporâneos relacionam a lei de Hooke.

Pelo que acabámos de ver, nem a lei de Hooke nem a segunda lei de Newton foram expressas algebricamente. Estes autores usaram a *língua natural* para expressarem leis da natureza.³ Eles não são exceções. Hooke escreve:

um pequeno corpo com grande movimento é equivalente a um grande corpo com pouco movimento quanto a todos os seus efeitos sensíveis observáveis na Natureza (p. 55).

Esta ideia provém de Descartes, que formulou a lei de conservação da quantidade de movimento.⁴ Para a exemplificar, ele dizia que um corpo de grandeza igual a 1 e velocidade 2 tem tanto movimento como um corpo de grandeza 2 e velocidade 1. Simbolizando um dos corpos por C e o outro por D, escreveríamos hoje,

$$m_c v_c = m_D v_D.$$

2 Desaguliers (1719), Gravesande (1747), Gibson, (1755), Helsham (1793), Adams (1794), Emerson (1800).

3 A lei de Hooke surge no texto que se segue; a segunda lei de Newton apareceu nos *Princípios Matemáticos da Filosofia da Natureza*. (Newton 1972, p. 13)

4 Com esta relação, o “movimento” de Hooke é feito corresponder à velocidade do corpo em Descartes. Esta correspondência justifica-se pelo conceito de movimento de Hooke (cf. p. 55) e pela passagem citada, nomeadamente quando se lê “quanto a todos os seus efeitos sensíveis observáveis”. O efeito observável do movimento seria então a velocidade.

Uma expressão destas não aparece em Descartes. O que ele diz, di-lo por palavras (Descartes PP, II, § 36). O mesmo vale *mutatis mutandis* para Huygens (1929) ou Leibniz (1686). No séc. XVII, as leis da natureza eram expressas em língua natural. Uma alteração deste procedimento ocorreu nos meados do séc. XVIII, quando Euler (1752) formulou um princípio de mecânica que consistia numa equação, $F=ma$. Porém, quando se tratou de *compreender os fenómenos* com base na equação, surgiram dificuldades conceptuais, que ainda hoje persistem. (Jammer 1997, Coelho 2001). Hooke é, pois, um exemplo duma época na qual a *matemática não se situa entre os fenómenos e a nossa compreensão deles*.

Quando o leitor entrar no texto de Hooke que se segue, vai confrontar-se com as experiências, os resultados e o que ele fez a partir deles, nomeadamente a generalização do movimento vibratório para outros corpos. Vai encontrar uma explicação dos estados da matéria, os harmónicos da música, etc. A certa altura aparece-lhe um número: 1.000.000. Aqui percebemos claramente que ele não tem dados para este número. Ele está a desenvolver uma linha de raciocínio e usa-o para a justificar.

O leitor pode perguntar: para que me serve uma especulação, se estou interessado em ciência? Diferentemente do que se possa pensar e do valor que é atribuído à ciência por não ser especulativa, em ciência especula-se. Quando, no séc. XIX, os físicos admitiram que o calor era movimento, alguns perguntaram-se, que movimento é esse. Para responder à

questão *imaginar* movimentos. (Brush 1976) Também no séc. XIX, alguns autores estudaram o éter para explicar fenômenos electromagnéticos. (Whittaker 1910) Eles estavam a *imaginar*. Hertz, cujo trabalho foi decisivo para a aceitação das ondas electromagnéticas, defendia a tese de que uma teoria física é uma *imagem* criada por nós. A mecânica newtoniana, por exemplo, é uma imagem, segundo Hertz (1894, pp. 1-16).

Em suma, se queremos saber o que é a lei de Hooke, não podemos ficar pelos manuais, mas teremos de ir ao original. Se queremos saber como se fez ciência, não podemos esperar que os manuais nos digam, porque essa não é a sua função. Teremos de ir àqueles que a fizeram, nomeadamente a Hooke.

REFERÊNCIAS

- Adams, G. (1794). *Lectures on natural and experimental philosophy*. Hindmarsh.
- Armstrong, R. L., King, J. D. (1970). *Mechanics, Waves, Thermal Physics*. Prentice-Hall, Inc.
- Bergmann, L., Schaefer, C. (1998). *Lehrbuch der Experimentalphysik* (11 ed., Vol. I). de Gruyter.
- Brush, S. G. (1976). *The Kind of Motion We Call Heat: A History of the Kinetic Theory of Gases in the 19th Century*. North-Holland Publishing Co.
- Bueche, F., Jerde, D. A. (1972). *Principles of Physics* (2 ed.). McGraw Hill.
- Coelho, R. L. (2001). *Zur Konzeption der Kraft der Mechanik*. Waxmann.
- Coelho, R. L. (2018). On the Deduction of Newton's Second Law. *Acta Mechanica*, 229, 2287-2290.
- Cutnell, J., Johnson, K. (2006). *Essentials of Physics*. J. Wiley.
- Desaguliers, J. T. (1719). *Lectures of experimental philosophy*. W. Mears, B. Creake and J. Sackfield.
- Descartes, R. (1973). *Principia Philosophiae* (Ch. Adam, P. Tannery, Eds., Vol. VIII-1). J. Vrin.
- Dransfeld, K., Kienle, P., Kalvius, G. M. (2001). *Physik I: Mechanik und Wärme* (9 ed.). Oldenbourg.

- Eisberg, R. M., Lerner, L. S. (1982). *Física: Fundamentos e Aplicações* (I. J. Albuquerque, Trans.; Vol. 1). McGraw-Hill.
- Emerson, W. (1800). *The principles of mechanics*. G.G. and J. Robinson.
- Euler, L. (1752). Découverte d'un Nouveau Principe de Mécanique. *Mémoires de l'académie des sciences de Berlin*, 6, 185–217. (Opera Omnia, II.5, pp. 81–108)
- Ford, K. W. (1972). *Classical and Modern Physics: A Textbook for Students of Science and Enginnering* (Vol. 1). Xerox College Publishing.
- Gibson, R. (1755). *A course of experimental philosophy; being an introduction to the true philosophy of Sir Isaac Newton*. R. Gibson and O. Nelson
- Gravesande, J. W. (1747). *Mathematical elements of natural philosophy confirm'd by experiments: or, an introduction to Sir Isaac Newton's philosophy* (J. T. Desaguliers, Trans.; 6 ed., Vol. 1). W. Innys, T. Longman and T. Shewell.
- Hecht, E. (2000). *Physics: Calculus* (2 ed., Vol. 1). Brooks/Cole.
- Helsham, R. (1793). *A course of lectures in natural philosophy* (6 ed.). Bryan Robinson.
- Hertz, H. (1894). *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*. J. A. Barth.
- Huygens, C. (1929). De motu corporum ex percussione / Sur le mouvement des corps par percussio. In J. A. Vollgraff (Ed.), *Christiaan Huygens, Oeuvres complètes* (Vol. XVI, pp. 30-33). Martinus Nijhoff.
- Jammer, M. (1997). *Concepts of Mass: In Classical and Modern physics*. Dover Publications.
- Landau, L. D., Lifshitz, E. M. (1986). *Theory of Elasticity* (Sykes, J. B., Reid, W. H., Trans.; Vol. 7). Pergamon Press.
- Leibniz, G. W. (1686) Brevis Demonstratio erroris memorabilis Cartesii, et aliorum circa legem naturae, secundum quam volunt a Deo eandem semper quantitatem motus conservari, qua et in re mechanica abutuntur, *Acta Eruditorum*, p. 161-163. In Leibniz, G. W. (1971) *Mathematische Schriften*, Vol. VI (Gerhardt, C. I., Ed.). G. Olms Verlag.
- Lüders, K., Pohl, R. O. (2004). *Pohls Einführung in die Physik* (19 ed.). Springer.
- Newton, I. (1972). *Isaac Newton's Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Koyré, A., Cohen, B., Eds.). Harvard University Press.
- Ohanian, H. C. (1994). *Principles of Physics* (2 ed.). W. W. Norton and Company.
- Pourciau, B. (2006). Newton's interpretation of Newton's second law. *Arch Hist Exact Sci*, 60, 157–207.
- Whittaker, E. T. (1910). *A History of the Theories of Aether and Electricity: from the age of Descartes to the close of the nineteenth century*. Longmans, Green, and Co.

INTRODUÇÃO

ISADORA MONTEIRO

(Universidade de Lisboa)

Robert Hooke (1635-1703), notável filósofo experimental do século XVII, pode ser, hoje, considerado um “cientista.” Porém, a grandeza do seu trabalho assenta no facto de a ciência e a filosofia não estarem ainda completamente separadas. As suas experiências científicas entrelaçam-se com o mundo metafísico. Este autor foi simultaneamente um homem das letras, das ciências e das artes manuais. O seu legado esteve obscurecido durante um longo período, mas, do século XIX em diante, o seu trabalho passou a ser estudado em pormenor e o seu nome pôde ser memorizado. Não obstante, nenhum retrato foi, até hoje, recuperado nem a sua sepultura foi encontrada. A imagem desempenha um papel significativo na nossa cultura: torna quase palpável uma memória e assume uma via de entrada na nossa realidade sensível. Pensar no seu finamento é desconcertante, mas mais desconcertante é tomar consciência de que não é possível ver quem foi. Ficam tão-só as palavras, com as quais tentamos refazer imagens e contar histórias.

Hooke nasceu na ilha de Wright, no Canal da Mancha, relativamente longe da capital britânica, onde depois trabalhou. A sua família seria de origem modesta e a sua passagem pela Westminster School como aluno não terá sido oficial (Jardine, 2004). Apesar disso, fez parte de uma elite, que marcou de modo significativo o desenvolvimento da ciência moderna. Chapman descreve-o do seguinte modo:

O Robert Hooke dos mitos populares é um sujeito desajustado, descuidado, mal-humorado, mais feliz a trabalhar na sua bancada, a limar um pedaço de metal, ou então a socializar com pedreiros e artesãos; sempre a ser ‘solicitado’ e ‘ordenado’, e geralmente sobrecarregado pelos nobres cavalheiros da ciência, que ele ressentia.¹

Este retrato quase cinematográfico revela uma imagem viva de Hooke em movimento, a trabalhar, a gesticular e a sentir. Quase se vislumbra um rosto exaurido pelas muitas e diversas tarefas que desempenhou dentro e fora da Royal Society. Apesar de não existir um retrato pictórico, dispomos de numerosa documentação.

Hooke entrou para o círculo da ciência como assistente de Robert Boyle (1627-1691), com quem manteve uma longa relação de amizade (Jardine, 2005). Foi, aliás, nos meandros desta colaboração² que nasceu a lei de Boyle (Centore, 1970), atualmente denominada na língua portuguesa lei de Boyle-

1 “Robert Hooke of folk myth is a mis-shapen, unkempt, ill-natured fellow, happiest working at his bench, filing away at a piece of metal, or else socialising with bricklayers and artisans; always being ‘bidden’ and ‘ordered’, and generally overworked by the fine gentlemen of science, whom he resented” (Chapman 2005, *Preface*).

2 Esta lei, aplicada ao estudo de gases, estabelece que o volume é inversamente proporcional à pressão, a temperatura constante. Esta relação é apresentada por Boyle na segunda edição de *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air and its Effects* (1662). As suas conclusões foram alcançadas, em parte, graças ao auxílio de Hooke na construção de uma bomba de ar. Hooke viria a retomar esta relação dois anos depois na sua *Micrographia*: “uma pressão desigual do ar descendente causará uma altura desigual na superfície da água. Em segundo lugar, nesta experiência existe uma tal pressão desigual. (...) Em seguida, como existe uma tal pressão desigual, irei provar a partir disto que existe uma incongruência muito maior do ar com o vidro e outros corpos, do que existe da água com o ar” (Hooke 1664, 11)

-Mariotte³. Hooke é também reconhecido pelo papel que desempenhou na reconstrução de Londres após o Grande Incêndio de 1666. É da sua autoria o plano de construção de *The Monument to the Great Fire of London* localizado perto da London Bridge. Este monumento é não só um marco histórico simbólico, mas também um telescópio zenital ligando a ciência ao espaço público. Hooke atribuía uma enorme importância a este tipo de telescópio, porque considerava que o *experimentum crucis* que poderia comprovar a hipótese de Copérnico consistiria na medição da paralaxe de uma estrela fixa mediante um telescópio zenital. Em *An attempt to prove the motion of the earth from observations* Hooke relata observações de uma estrela fixa na constelação do Dragão entre os meses de julho e outubro de 1669, mas sem alcançar resultados conclusivos (Hooke, 1674). Reconheceu, todavia, que compreender a natureza da gravidade seria uma chave para validar o sistema copernicano. O estudo da gravidade merece ser destacado no trabalho deste filósofo experimental. Os seus contributos para a compreensão da gravidade deram, aliás, origem a uma acesa controvérsia com Isaac Newton (1643-1727).

Hooke e Newton foram desde cedo rivais, como indicam vários historiadores dedicados tanto ao primeiro⁴ como ao

3 O acrescento do nome do abade Edme Mariotte só se deu em países de influência francesa, como Portugal. O abade redescobriu a lei em 1676, 14 anos depois de Boyle, sem ter conhecimento dos resultados deste último.

4 Lisa Jardine (2004) e Allan Chapman (2005), biógrafos de Hooke, por exemplo.

último⁵. As suas desavenças iniciaram-se com a teoria da luz e das cores, mas foi a proposta de uma lei da gravitação universal a base do conflito. Hooke contribuiu decisivamente para o estudo da gravitação e, conseqüentemente, para as conclusões apresentadas por Newton nos seus *Principia*, mas tais contribuições nunca foram reconhecidas por este último.

Relatar uma história e filosofia global da gravitação exigiria percorrer um longo caminho. Neste livro apresentam-se os contributos de Hooke para o estudo e a fundamentação teórica de uma lei da gravitação universal, contributos estes baseados em textos originais do autor anteriores à publicação dos *Principia*, 1687. Os textos do autor que chegaram aos dias de hoje permitem delinear o caminho experimental e filosófico no sentido da compreensão da gravidade.

Na sua famosa obra *Micrographia: or some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries thereupon* (1665), Hooke apresenta pela primeira vez os conceitos de *congruência* e *incongruência*. Estes conceitos providenciam um fundamento teórico para a explicação do modo como os corpos se movimentam devido à gravidade, aqui entendida como uma força ou poder atrativo. *Congruência* e *incongruência* são termos que dizem respeito à afinidade dos corpos entre si. Estabelecem como movimentos fundamentais da Natureza a aproximação e o afastamento, a atração e a repulsão. É também na *Micrographia* que o autor propõe — mais de 50 anos depois de Galileu

5 Richard Westfall (2007), biógrafo de Newton, por exemplo.

(1610) ter afirmado que “a Lua tem montes e vales” que “há na Lua um princípio de gravitação como na Terra”. A Lua e a Terra são semelhantes, não só em constituição, mas também nos princípios que as governam. A gravitação é, portanto, exposta como um fenómeno com impacto fora do mundo terrestre, abrindo portas à ideia de uma lei universal.

Dois anos após a publicação de *Micrographia*, Hooke escreveu um pequeno texto não publicado, *On the inflection of a direct motion into a curve by supervening Attractive principle* (1666), onde o autor, supondo já a Lei da Inércia⁶, exemplifica, por meio de uma experiência com um pêndulo, como é que os corpos descrevem as suas órbitas elípticas (em particular, circulares), em torno do Sol: atraídos pela gravidade desta estrela, que ocupa a posição central, os corpos retiram-se do seu movimento em linha reta e acabam por seguir órbitas elípticas em torno deste astro.

Em *An attempt to prove the motion of the Earth from Observations* (1674, texto mencionado anteriormente, Hooke dá continuidade às observações expostas em *On the inflection of a direct motion*, apresentando um conjunto de preceitos para uma teoria da gravitação universal:

(...) todos os corpos celestes, quaisquer que sejam, possuem uma atração ou poder gravitacional em relação aos seus próprios centros, pelo qual atraem não só as suas partes, impedindo-as

⁶ A Lei da Inércia tem sido sujeita a uma revisão histórica. Apesar de, sobretudo nos manuais, ser atribuída a Newton, tanto René Descartes, em *Princípios de Filosofia*, como Christiaan Huygens, em *The Motion of Colliding Bodies*, como ainda Hooke a supuseram válida ainda antes da publicação dos *Principia*.

de voar, como podemos observar na Terra, mas também atraem todos os outros corpos celestes que se encontram dentro da esfera da sua atividade; e, conseqüentemente, não só o Sol e a Lua têm influência sobre o corpo e o movimento da Terra, assim como a Terra sobre eles, mas também (...) devido à sua força de atração, têm influência considerável sobre os movimentos de cada um deles. A segunda suposição é a seguinte: todos os corpos submetidos a um movimento direto e simples continuarão a avançar numa linha reta até que sejam, por outros poderes efetivos, desviados e dobrados num movimento, descrevendo um círculo, elipse, ou uma outra linha curva composta. A terceira suposição é a de que estes poderes atrativos são tanto mais poderosos na sua operação quanto mais perto os corpos afetados estiverem dos seus próprios centros.⁷

Com tais asserções, é evidente que Hooke estava convencido quer da universalidade da força de gravitação, quer do facto de que essa força exerceria a sua influência não só em certos corpos particulares, como em todos os corpos

7 "(...) all Celestial Bodies whatsoever, have an attraction or gravitating power towards their own Centers, whereby they attract not only their parts, and keep them from flying from them, as we may observe the Earth to do, but that they also attract all the other Celestial Bodies that are within the sphere of their activity; and consequently that not only the Sun and Moon have an influence upon the body and motion of the Earth, and the Earth upon them, but that also (...) by their attractive powers, have a considerable influence upon every one of their motions also. The second supposition is this, That all bodies whatsoever that are put into a direct and simple motion, will so continue to move forward in a streight line, til they are by some other effectual powers deflected and bent into a Motion, describing a Circle, Ellipsis, or some other compounded Curve Line. The third supposition is, That these attractive powers are so much the more powerfull in operating, by how much the nearer the body wrought up on is to their own Centers" (Hooke 1674, 27-28).

situados em torno de um astro central. Podemos também observar neste texto que Hooke, além de adotar novamente a Lei da Inércia, já considera a distância como um fator na intensidade de atração entre os corpos. Mas o seu pensamento prosseguiria em direção a uma teoria da gravitação universal nas *Lectures de Potentia Restitutiva or Of Spring: Explaining the Power of Springing Bodies* (1678).

O livro *Of Spring* é comumente associado à Lei de Hooke, que, por sua vez, é comumente associada à elasticidade dos corpos. É neste texto que Hooke estabelece que «a força de qualquer mola é proporcional à sua tensão. Isto é, se uma certa força estica ou dobra a mola numa certa extensão, duas esticá-la-ão no dobro, três no triplo, e assim por diante.»⁸ Porém, *Of Spring* contém outras preciosidades: além de estar nele escrita a lei que serve para calcular a deformação sofrida por um corpo no qual esteja a ser exercida uma força, é também nessa obra que o autor desenvolve a sua teoria vibratória da matéria. Nas “collections” que acompanham este texto, o autor informa-nos ainda do modo de construir uma fonte de água, de algumas observações meteorológicas e de certas considerações geológicas, relatando, inclusive, o processo de erupção de um vulcão. Cada uma destas coleções necessitaria de um estudo pormenorizado, pelo que aqui apenas dedicámos atenção à primeira parte do texto de Hooke, na qual se expõe a Lei de Hooke acompanhada

8 “The Power of any Spring is in the same proportion with the Tension thereof: That is, if one power stretch or bend it one space, two will bend it two, and three will bend it three, and so forward” (Hooke 1678, 1).

pela sua teoria vibratória da matéria. Ambas são decisivas para a compreensão da perspectiva do autor acerca do cosmos movido pela gravidade.

Estudando atentamente o texto de Hooke, conclui-se que o seu objetivo com a exposição da lei que tem hoje o seu nome não era simplesmente o de analisar a elasticidade dos corpos, mas antes medir a gravitação: “Inventei esta balança para examinar a gravitação dos corpos em direção ao centro da Terra, para examinar se os corpos mais distantes do centro da Terra não perderam um pouco de seu poder ou tendência para ele.”⁹ Após ter relatado as suas experiências com molas, Hooke afirma ter realizado outras experiências com o intuito de analisar a gravitação:

Deste modo, propus-me realizar algumas experiências que pudessem testar este fenómeno no topo do pico de Tenerife. Fiz a mesma experiência no cimo da Torre de São Paulo, antes do grande incêndio; repeti-a também no alto da Abadia de São Pedro em Westminster. Contudo, por estes lugares se situarem a pequenas distâncias do solo não fui capaz de observar qualquer diferença clara.¹⁰

9 “This Scale I contrived in order to examine the gravitation of bodies towards the Center of the Earth, to examine whether bodies at a further distance from a Center of the Earth did not lose somewhat of their power or tendency towards it” (Hooke 1678, 5-6).

10 “Experiments to be tried at the top of the Pike of Teneriff, and attempted the same at the top of the Tower of St. Pauls before the burning of it in the late great Fire; as also at the top and bottom of the Abby of St. Peters in Westminster though these being by but small distances removed from the Surface, I was not able certainly to perceive any manifest difference” (Hooke 1678, 6).

Esta passagem é de extrema importância, por confirmar que Hooke terá tentado medir a força da gravidade no topo destes locais para a poder comparar com a das suas bases. Hooke desenvolve mais extensamente, ainda na primeira parte de *Of Spring*, a sua teoria vibratória da matéria. A partir das suas experiências com molas, Hooke parte, neste texto, para a conceção de um cosmos dinâmico, no qual corpos e movimentos dependem uns dos outros e onde a *congruência* e a *incongruência* se definem agora com base nas ideias de harmonia e desarmonia, à semelhança das notas musicais de uma viola que soam em concordância ou em dissonância. Seria esta força da gravidade, que o autor entende depender da massa dos corpos, a condicionar os movimentos de atração e repulsão na Natureza. Trata-se de uma bela conceção da Natureza, onde a experiência e a metafísica se unem para descortinar um cosmos governado por leis comuns a todos os corpos.

A senda de Hooke na compreensão da força da gravidade não termina nos seus textos expositivos. Uma das fontes mais decisivas é a carta que escreveu a Newton cerca de um ano após a publicação de *Of Spring*, onde podemos ler:

Porém, a minha suposição é a de que a atração está sempre numa proporção dupla da distância ao centro, e, conseqüentemente, que a velocidade estará numa proporção subdupla da atração e por conseguinte, como Kepler supõe, será proporcional à distância. E que, com tal atração, os indicadores unir-se-ão na

mesma parte do círculo e o ponto de acesso mais próximo ao centro será oposto ao mais afastado.¹¹ (Turnbull, 1960)

Após a contestação por Hooke da falta de menção dos seus contributos nos *Principia*, Newton terá argumentado que, enquanto ele próprio apresentara a explicação matemática, Hooke não teria apresentado mais do que suposições (Westfall, 2007). Esta carta torna-se assim decisiva, uma vez que prova que, ao contrário da justificação de Newton, Hooke contribuiu para a explicação matemática da gravitação universal.

Isto não significa que Hooke tenha elaborado todas as suposições apresentadas em *Principia*: significa apenas que contribuiu para a compreensão da gravidade no século XVII, embora o seu papel não tenha sido reconhecido durante muito tempo. Não se pretende com isto desvalorizar de modo nenhum a obra de Newton, mas antes lançar um olhar mais lúcido sobre a história e filosofia da ciência e sobre o processo de construção do conhecimento científico. Conforme refere Hecht (2021), o estudo da gravitação nos séculos XVI e XVII teve contributos de vários autores¹², entre os quais Hooke e Newton. Tal não retira valor aos *Principia* como

11 “But my supposition is that the Attraction always is in a duplicate proportion to the Distance from the Center Reciprocall, and Consequently that the Velocity will be in a subduplicate proportion to the Attraction and Consequently as Kepler Supposes Reciprocall to the Distance. And that with Such an attraction the auge will unite in the same part of the Circle and that the nearest point of accesse to the center will be opposite to the furthest Distant” (Turnbull 1960, 309).

12 Tais como: Horrocks (1618-1641), Roberval (1602-1675), Boulliau (1605-1694), Torricelli (1608-1647), Baliani (1582-1666), Borelli (1608-1679) e Kepler (1571-1630).

um todo, antes nos elucida sobre a multiplicidade de mãos e de cabeças que são necessárias para compreendermos o Universo um pouco melhor.

LIÇÕES DE POTENTIA RESTITUTIVA OU DA MOLA

Explicação do Poder dos Corpos Elásticos¹

ROBERT HOOKE

¹ A obra original inclui o subtítulo “To which are added some Collections”. Como a presente tradução apenas contempla a primeira parte de *Of Spring*, optámos por excluir esta informação da folha de rosto. Estas coleções incluem temas tão diversos como: informações sobre a construção de fontes de água; observações meteorológicas, considerações geológicas e um relato da erupção vulcânica na ilha de La Palma, nas Canárias, em 13 de novembro de 1677.

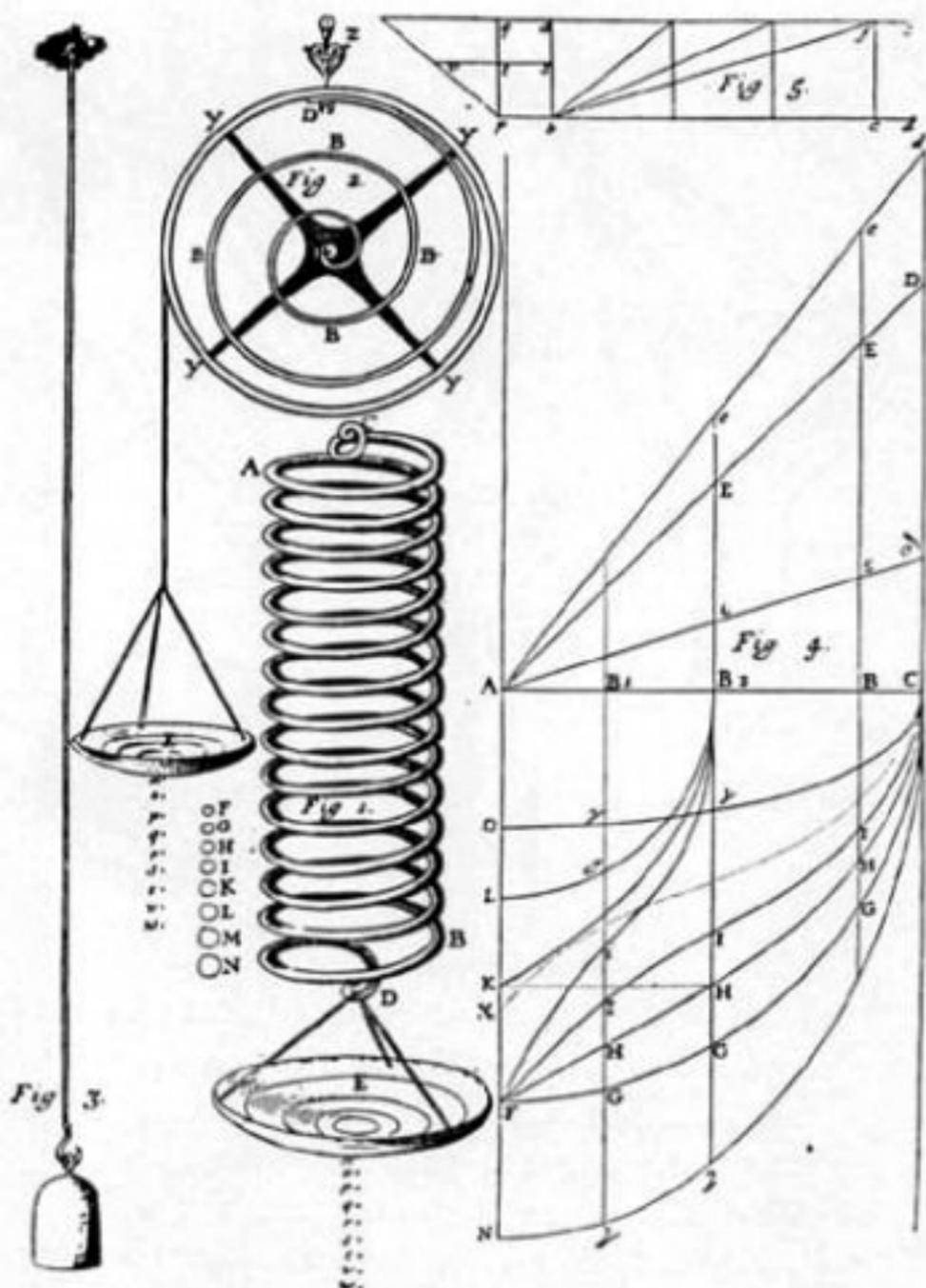


PLATE TO HOOKE'S LECTURE 'OF SPRING' 1678.

FIG. 1. Wire helical spring stretched to points *r, p, q, r, s, t, v, w*, by weights *F, G, H, I, K, L, M, N*.

FIG. 2. Watch spring similarly stretched by weights put in pan.

FIG. 3. The 'Springing' of a string of Brass Wire 36 ft. long.

FIG. 4. Diagram of velocities of springs.

FIG. 5. Diagram of law of ascent and descent of heavy bodies.

Potentia Restitutiva,

O R

S P R I N G.



The Theory of Springs, though attempted by divers eminent Mathematicians of this Age has hitherto not been Published by any. It is now about eighteen years since I first found it out, but designing to apply it to some particular use, I omitted the publishing thereof.

About three years since His Majesty was pleased to see the Experiment that made out this Theory tried at *White-Hall*, as also my Spring Watch.

About two years since I printed this Theory in an Anagram at the end of my Book of the Descriptions of Helioscopes, *viz. c e i i i n o s s s t t u n. id est, Ut tensio sic vis*; That is, The Power of any Spring is in the same proportion with the Tension thereof: That is, if one power stretch or bend it one space, two will bend it two, and three will bend it three, and so forward. Now as the Theory is very short, so the way of trying it is very easie.

Take then a quantity of even-drawn Wire, either Steel, Iron, or Brass, and coil it on an even Cylinder into a Helix of what length or number of turns you please, then turn the ends of the Wire into Loops, by one of which suspend this coil upon a nail, and by the other sustain the weight that you would have to extend it, and hanging on several Weights observe exactly to what length each of the weights do extend it beyond the length that its own weight doth stretch it to, and you shall find that if

B one

The Theory of Springs, though attempted by divers eminent Mathematicians of this Age has hitherto not been Published by any. It is now about eighteen years since I first found it out, but designing to apply it to some particular use, I omitted the publishing thereof.

About three years since His Majesty was pleased to see the Experiment that made out this Theory tried at White-Hall, as also my Spring Watch.

About two years since I printed this Theory in an Anagram at the end of my Book of the Descriptions of Helioscopes, viz. ceiiinossttuu, id est, Vt tensio sic vis; That is, The Power of any Spring is in the same proportion with the Tension thereof: That is, if one power stretch or bend

A teoria da elasticidade, apesar de já ter sido estudada por vários matemáticos eminentes da nossa época não foi, até agora, publicada por nenhum¹. Já passaram aproximadamente 18 anos desde que a descobri, mas, planeando aplicá-la a um uso particular², optei por não a publicar até hoje.

Três anos se passaram desde que Sua Majestade teve o prazer de ver, em Whitehall, a experiência³ que me permitiu elaborar esta teoria, assim como o funcionamento do meu relógio de mola⁴.

Dois anos se passaram desde que a expus através de um anagrama no final do meu livro *Descrições de Helioscópios: c e i i i n o s s s t t u u, id est, Ut tensio sic vis*⁵, isto é: a força⁶ de qualquer mola é proporcional à sua tensão, ou seja, se uma força⁷ estica ou provoca extensão de um espaço, duas

1 É importante realçar o facto de Hooke realçar a originalidade das ideias expostas. Nove anos depois, Newton proporia um método para determinar a força elástica na exposição da sua Terceira Lei do Movimento.

2 O “uso particular” que Hooke menciona é a medida da força gravítica através da elaboração de uma “balança filosófica”, conforme se verá mais à frente no texto.

3 Whitehall é uma rua de Westminster, em Londres, historicamente a zona do centro do governo. Supomos que se trata da experiência na Abadia de Westminster mencionada adiante no texto.

4 Este relógio de mola será motivo de disputa com Huygens. Ver “Hooke’s Vibration Theory and the Isochrony of Springs” (Hesse, 1966)

5 Ao expor a sua teoria através deste anagrama, o autor esperava não perder o direito a reclamar a autoria sobre ela. Tal teoria só foi, contudo, profundamente elaborada no presente texto. Este anagrama foi publicado em *A Description of Helioscopes, And some other instruments* (Hooke, 1676).

6 Hooke não utiliza a palavra “força”, mas “potência”, *power*. Considerando a sua visão mecânica da Natureza, usaremos ao longo do texto a primeira palavra como sinónimo da segunda, deixando, contudo, em aberto a possibilidade de discussão acerca do termo utilizado por Hooke.

7 Note-se que o autor refere a força em geral, não um tipo específico de força.

it one space, two will bend it two, and three will bend it three, and so forward. Now as the Theory is very short, so the way of trying it is very easie.

Take then a quantity of even-drawn Wire, either Steel, Iron, or Brass, and coyl it on an even Cylinder into a Helix of what length or number of turns you please, then turn the ends of the Wire into Loops, by one of which suspend this coyl upon a nail, and by the other sustain the weight that you would have to extend it, and hanging on several Weights observe exactly to what length each of the weights do extend it beyond the length that its own weight doth stretch it to, and you shall find that if one ounce, or one pound, or one certain weight doth lengthen it one line, or one inch, or one certain length, then two ounces, two pounds, or two weights will extend it two lines, two inches, or two lengths; and three ounces, pounds, or weights, three lines, inches,

provocarão extensão de dois espaços, três de três espaços, e assim sucessivamente.⁸ Como a teoria é muito breve, a maneira de a testar será muito simples.⁹

Pegue então numa quantidade de fio de trefilação uniforme, de aço, ferro ou latão, e enrole-o num cilindro, terminando numa hélice, com o comprimento e número de voltas que desejar. De seguida, transforme as pontas do arame em presilhas. De uma das pontas, suspenda o rolo sobre um prego e, da outra, suspenda o peso que pretende pendurar, e, suspendendo diferentes pesos, observe atentamente, enquanto o fio se estende em função do peso que adiciona em comparação com a extensão que atinge sem nenhum peso adicionado.¹⁰ No final desta experiência deverá concluir que uma onça, uma libra¹¹, ou um determinado peso, alongar-se-á numa linha¹², ou numa polegada ou num certo comprimento, assim como duas onças, duas libras ou dois pesos se estenderão por duas linhas, duas polegadas ou dois comprimentos; e três onças, libras ou pesos, em três linhas, polegadas ou

8 A Lei de Hooke conforme é exposta na mecânica clássica.

9 Esta necessidade de que a teoria seja testada é característica da Idade Moderna e relaciona-se com o mote sob o qual a *Royal Society* foi fundada em 1660: *Nullius in Verba*, que em inglês pode ser traduzido como “Take no one’s word for it” (Tinniswood, 2019). Seguindo a opção sugerida pela Professora Cristina Abranches Guerreiro, em português a expressão poderia ser traduzida, literalmente, como “em direção às palavras de ninguém”. No contexto em que foi utilizada como divisa, a ideia subjacente era a de que a palavra, por si só, não bastava para alcançar o total conhecimento da Natureza, tornando-se fundamental a verificação empírica. A obra de Hooke é, pois, exemplificadora do espírito científico da época.

10 O autor refere, por um lado, o peso ou a força e, por outro, a distância.

11 Optou-se por manter as unidades de medida do texto original.

12 Unidade de comprimento antiga, que vale $1/12$ da polegada.

or lengths; and so forwards. And this is the Rule or Law of Nature, upon which all manner of Restituent or Springing motion doth proceed, whether it be of Rarefaction, or Extension, or Condensation and Compression.

Or take a Watch Spring, and coyld it into a Spiral, so as no part thereof may touch another, then provide a very light wheel of Brass, or the like, and fix it on an arbor that hath two small Pivots of Steel, upon which Pivot turn the edge of the said Wheel very even and smooth, so that a small silk may be coyld upon it; then put this Wheel into a Frame, so that the Wheel may move very freely on its Pivots; fasten the central end of the aforesaid Spring close to the Pivot hole or center of the frame in which the Arbor of the Wheel doth move, and the other end thereof to the Rim of the Wheel, then coyling a fine limber thread of silk upon the edge of the Wheel hang a small light scale at the end thereof fit to receive the weight that shall be put thereinto; then suffering the Wheel to stand in its own position by a little index fastned to the frame, and pointing to the Rim of the Wheel, make a mark with Ink, or the like, on that part of the Rim that the Index pointeth at; then put in a drachm weight into the scale, and suffer the Wheel to settle, and make another mark on the Rim where the Index doth point; then add a drachm more, and let the Wheel settle again, and note with Ink, as before, the place of the Rim

comprimentos; e assim por diante. E esta é a *Regra* ou *Lei da Natureza*¹³, sobre a qual todas as formas de movimento de restituição ou de elasticidade procedem, seja em rarefação, em extensão, ou em condensação e compressão.¹⁴

Ou pegue numa mola de relógio e enrole-a em espiral, de modo que nenhuma parte dela possa tocar outra; depois arranje uma roda de latão muito leve, ou um objeto semelhante, e fixe a um mandril que tenha dois pequenos pivôs de aço. Usando os pivôs, vire cuidadosamente a roda, para que se possa enrolar uma pequena seda sobre ela; de seguida, coloque essa roda numa estrutura, de modo que a roda possa mover-se livremente sobre os seus pivôs; prenda a extremidade central da referida mola perto do orifício do pivô, ou do centro da estrutura em que o eixo do mandril se move, e prenda a outra extremidade ao aro da roda. A seguir, envolvendo um fio fino de seda flexível por um pequeno ponteiro preso à estrutura e apontando para a borda da roda, faça uma marca com tinta, ou algo semelhante, na parte da borda para a qual o ponteiro aponta; de seguida, coloque um dracma na balança e deixe a roda assentar, fazendo depois uma outra marca na borda para onde o ponteiro aponta; depois, adicione mais um dracma e deixe a roda assentar, e aponte com tinta como fez anteriormente no lugar do aro da roda para o qual o índice aponta; logo

13 Hooke pretende apresentar uma “Lei da Natureza”, ou seja, uma regra generalizável para todos os casos análogos.

14 O autor menciona “todas as formas de movimento de restituição”, ou seja, todos os movimentos causados por forças regidas pela supramencionada “Lei da Natureza”.

pointed at by the Index; then add a third drachm, and do as before, and so a fourth, fifth, sixth, seventh, eighth, &c. suffering the Wheel to settle, and marking the several places pointed at by the Index, then examine the Distances of all those marks, and comparing them together you shall find that they will all be equal the one to the other, so that if a drachm doth move the Wheel ten degrees, two drachms will move it twenty, and three thirty, and four forty, and five fifty, and so forwards.

Or take a Wire string of twenty, or thirty, or forty foot long, and fasten the upper part thereof to a nail, and to the other end fasten a Scale to receive the weights: Then with a pair of Compasses take the distance of the bottom of the scale from the ground or floor underneath, and set down the said distance, then put in weights into the said scale in the same manner as in the former, trials, and measure the several stretchings of the said string, and set them down. Then compare the several stretchings of the said string, and you will find that they will always bear the same proportions one to the other that the weights do that made them.

The same will be found, if trial be made, with a piece of dry wood that will bend and return, if one end thereof be fixt in a horizontal posture, and to the other end be hanged weights to make it bend downwards.

The manner of trying the same thing upon a body of Air, whether it be for the rarefaction or for the compression

a seguir, adicione um terceiro dracma e faça como antes, seguindo-se um quarto, quinto, sexto, sétimo, oitavo, etc., deixando sempre que a roda assente antes de marcar os vários sítios apontados pelo índice. Quanto terminar este procedimento poderá examinar as distâncias de todas essas marcas, e, comparando-as, perceberá que todas serão iguais umas às outras, de modo que, se um dracma mover a roda dez graus, dois dracmas movê-la-ão 20; três dracmas, 30; quatro 40; cinco 50, e assim por diante.

Ou pegue num arame de 20, 30, ou 40 pés de comprimento e prenda a parte superior a um prego, prendendo a outra extremidade a uma balança onde colocará os pesos; de seguida, com um par de compassos meça a distância da parte inferior da balança ao solo, ou ao chão abaixo, e aponte a distância; depois coloque os pesos na referida balança da mesma maneira que nas tentativas anteriores, meça os vários comprimentos que o referido fio atinge e anote-os. De seguida, compare os vários comprimentos da corda. Concluirá que a relação entre eles é proporcional à relação entre os pesos que os originaram.

A conclusão será a mesma se a experiência for feita com um pedaço de madeira seca e flexível que encolha e estique tendo uma das pontas fixa em posição horizontal e a outra ponta livre para pendurar pesos, fazendo com que a madeira encolha em direção ao solo.

Pode também fazer-se a mesma experiência com um corpo de ar, seja para a rarefação ou para a compressão do mesmo,

thereof I did about fourteen years since publish in my *Micrographia*, and therefore I shall not need to add any further description thereof.

Each of these ways will be more plainly understood by the explanations of the annexed figures.

The first whereof doth represent by AB the coyl or helix of Wire, C the end of it, by which it is suspended, D the other end thereof, by which a small Scale E is hanged, into which putting Weights as FGHIKLMN, singly and separately they being in proportion to one another as 12345678, the Spring will be thereby equally stretcht to *o, p, q, r, s, t, u, w*, that is, if F stretch it so as the bottom of the Scale descend to *o*, then G will make it descend to *p*, H to *q*, I to *r*, K to *s*, L to *t*, M to *u*, and N to *w*, &c. So that xo shall be one space, *xp, 2, xq, 3, xr, 4, xs, 5, xt, 6, xu, 7, xw, 8*.

The second figure represents a Watch Spring coyled in a Spiral by CABBBD, whose end C is fixed to a pin or Axis immovable, into the end of which the Axis of a small light Wheel is inserted, upon which it moves; the end D is fixed to a pin in the Rim of the Wheel yyyy, upon which is coyled a small silk, to the end of which is fixed a Scale to receive the weights. To the frame in which these are contained is fixed the hand or Index z; then trying with the former wei-

experiência esta que fiz há cerca de quatorze anos quando publiquei a minha *Micrographia* e que, portanto, não requer uma descrição adicional.

Cada uma das experiências mencionadas será mais claramente compreendida através das explicações nas figuras em anexo.

A primeira experiência será representada como sendo **AB** a hélice de arame; **C** a extremidade dele que está suspensa; **D** a outra extremidade, da qual é pendurada um pequeno prato de balança representada por **E**, na qual se vão colocando pesos, aqui representados por **F, G, H, I, K, L, M, N**, individual e separadamente, proporcionais a uma força equivalente à ordem de cada letra, representada por, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. A mola será assim igualmente esticada até **o, p, q, r, s, t, u, w**, ocorrendo o seguinte: se **F** se esticar de forma a que a parte inferior da escala desça até **o**, então **G** fará com que desça até **p**, **H** até **q**, **I** até **r**, **K** até **s**, **L** até **t**, **M** até **u** e **N** até **w**, etc. De modo que **xo** deve ser 1 espaço, **xp** 2 espaços, **xq** 3, **xr** 4, **xs** 5, **xt** 6, **xu** 7, e **xw** 8.

A segunda figura representa uma mola de relógio enrolada em espiral por **CABBBDD**, cuja extremidade **C** é fixa a um alfinete ou eixo imóvel, em cuja extremidade está inserido o eixo de uma pequena roda leve, sobre a qual se move; a extremidade **D** é fixada a um alfinete no aro da roda, **yyyy**, sobre a qual é colocada uma pequena seda, no final da qual é fixo um prato de balança na qual se colocarão os pesos. À estrutura em que estes estão contidos é fixo um ponteiro **z**;

ghts put into the Scale E, you will find that if F put into the Scale E sinks the bottom of it x to o, then G will sink it to p, and H to q, I to r, K to s, L to t, and z will point at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 on the Wheel.

The trials with a straight wire, or a straight piece of wood laid Horizontal are so plain they need not an explication by figure, and the way of trying upon Air I have long since explained in my *Micrographia* by figures.

From all which it is very evident that the Rule or Law of Nature in every springing body is, that the force or power thereof to restore it self to its natural position is always proportionate to the Distance or space it is removed therefrom, whether it be by rarefaction, or separation of its parts the one from the other, or by a Condensation, or crowding of those parts nearer together. Nor is it observable in these bodies only, but in all other springy bodies whatsoever,

então, experimentando com os pesos anteriores colocados no prato da balança E, perceberá que, se colocar F em E, a parte inferior dela afundará de x para o, Girá afundá-la para p, e H para q, I para r, K para s, L para t, e z apontará para os números 1,2,3,4,5,6,7,8 identificados na roda.

As experiências feitas com um arame reto, ou com um pedaço de madeira reto colocado em arco horizontal, são tão claras que não precisam de uma explicação por meio de uma figura, e as experiências com um corpo de ar¹⁵, foram já apresentadas na minha *Micrographia* com representação por uma figura.¹⁶

Tendo em conta tudo isto, é bastante evidente que a *Regra* ou *Lei da Natureza*¹⁷ de um corpo flexível, é que a força ou ímpeto que permite o corpo voltar à sua posição natural é sempre proporcional à distância ou ao espaço que o afasta dela, seja por rarefação, ou separação das suas partes umas das outras, ou por compressão, ou por aglomeração dessas partes mais próximas¹⁸. Não é apenas observável nestes corpos, mas em todos os outros corpos sob tensão¹⁹, sejam

15 Hooke refere-se às experiências com líquidos em tubos muito finos apresentadas em *Micrographia: or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies* (1665). Nesta obra, conclui que existem forças de adesão e de coesão explicáveis, nos termos dos seus conceitos de *congruência* e *incongruência*, como resultante da afinidade entre os corpos.

16 Esta figura pode ser encontrada na observação “VI. Of Small Glass Canes”, seguida de “An Attempt for the Explication of this Experiment” (Hooke, 1664, 11-12)

17 Como se pode observar, Hooke fala de “Regra” ou “Lei” da Natureza, ou seja, de um princípio de cariz universal.

18 Hooke identifica aqui uma relação universal entre força e distância.

19 É de destacar a abrangência da sua lei: o autor não refere “corpos elásticos” no seu sentido literal.

whether Metal, Wood, Stones, baked Earths, Hair, Horns, Silk, Bones, Sinews, Glass, and the like. Respect being had to the particular figures of the bodies bended, and the advantagious or disadvantageous ways of bending them.

From this Principle it will be easie to calculate the several strength of Bows, as of Long Bows or Cross-Bows, whether they be made of Wood, Steel, Horns, Sinews, or the like. As also of the *Balistae* or *Catapultae* used by the Ancients, which being once found, and Tables thereof calculated, I shall anon shew a way how to calculate the power they have in shooting or casting of Arrows, Bullets, Stones, Grana- does, or the like.

From these Principles also it will be easie to calculate the proportionate strength of the spring of a Watch upon the Fusey thereof, and consequently of adjusting the Fusey to the Spring so as to make it draw or move the Watch always with an equal force.

From the same also it will be easie to give the reason of the *Isochrone* motion of a Spring or extended string, and of

de metal, madeira, pedra, terracota, cabelo, buzinas, seda, ossos, tendões, vidros, ou outros materiais, respeitando as particularidades dos corpos e as formas vantajosas ou desvantajosas de manipulá-los.

Partindo deste princípio será fácil calcular as diversas resistências dos arcos, longos ou cruzados, sejam eles feitos de madeira, aço, chifres, tendões ou de outros materiais semelhantes²⁰. Tal como era usado pelos Antigos o *balisto* ou *catapulta*²¹, para os quais se fixaram tabelas de medição, mostrarei brevemente como calcular a força destes instrumentos no lançamento²² de flechas, projéteis, pedras, granadas, ou outros materiais semelhantes.

Com estes princípios também será fácil calcular a resistência²³ proporcional da mola de um relógio sobre o caracol do mesmo e, conseqüentemente, ajustá-lo à mola para fazê-la puxar ou mover o relógio sempre com força igual.²⁴

Da mesma forma também será fácil explicar o movimento isócrono²⁵ de uma mola, ou de uma mola em extensão, tal

20 Esta lei tem aplicação prática.

21 Antiga máquina de guerra que arremessava projéteis.

22 Usando esta lei, pode-se calcular a força do lançamento de um projétil.

23 Hooke tem também já em conta a “resistência”, ou seja, a inércia. Note-se que, em 1666, Hooke tinha já escrito *On the inflection of a direct motion into a curve by supervening Attractive principle*. Nesta obra, o autor tinha já demonstrado, por meio de experiências com pêndulos, o modo como, em concordância com a lei da inércia, os corpos celestes realizam órbitas curvilíneas.

24 Exemplo de aplicação da Lei de Hooke na mecânica.

25 A explicação do movimento isócrono é comumente associada a Huygens e a Leibniz. No entanto, Hooke teve também o seu contributo, quase simultâneo ao de Huygens e até mesmo anterior ao de Leibniz.

the uniform sound produced by those whose Vibrations are quick enough to produce an audible sound, as likewise the reason of the sounds, and their variations in all manner of sonorous or springing Bodies, of which more on another occasion.

From this appears the reason, as I shall shew by and by, why a Spring applied to the balance of a Watch doth make the Vibrations thereof equal, whether they be greater or smaller, one of which kind I shewed to the right Honourable the Lord Viscount *Brounker*, the Honourable *Robert Boyle* Esq and Sir *Robert Morey* in the year 1660. in order to have gotten Letters Patents for the use and benefit thereof.

From this it will be easie to make a Philosophical Scale to examine the weight of any body without putting in weights, which was that which I mentioned at the end of my description of Helioscopes, the ground of which was veiled

como a razão para o som uniforme produzido por molas cujas vibrações são suficientemente rápidas para produzir um som audível²⁶; é fácil também explicar a razão dos sons e das suas vibrações em todos os tipos de corpos sonoros ou elásticos; destes falaremos mais noutra ocasião.²⁷

Surge, então, a razão, que apresentarei aos poucos, que explica porque é que uma mola aplicada ao equilíbrio de um relógio faz com que as vibrações do mesmo sejam iguais, quer sejam maiores ou menores. Já tive a oportunidade de mostrar esta explicação ao Honrado Lorde Viscount Brouncker²⁸, ao Honrado Robert Boyle²⁹ e a *Sir* Robert Morey³⁰ no ano de 1660 com o objetivo de obter uma patente de tal descoberta.

Assim, será fácil fazer uma balança filosófica³¹ para examinar o peso de qualquer corpo sem adicionar pesos, que foi o que mencionei no final da minha descrição dos Helioscópios, cuja base foi velada sob este anagrama, *c e*

26 O movimento harmónico simples.

27 A relação entre a teoria vibratória da matéria e o som propriamente dito, já explorada por Gouck (2006), mereceria uma investigação mais aprofundada.

28 Matemático e primeiro presidente da Royal Society. Ver Scott e Hartley (1960)

29 Conforme se refere na introdução desta edição, Robert Hooke iniciou-se no círculo da ciência britânica como assistente de Boyle. De acordo com Jardine (2004) e Drake (1996), Hooke terá sido próximo de Boyle durante toda a sua vida. Apesar de a Lei de Boyle (hoje Lei de Boyle-Mariotte, em Portugal) ter sido formulada com o auxílio de Hooke, não lhe foi dado crédito por tal contributo. Hooke continuou, todavia, a respeitar Boyle, facto que aqui se demonstra com o uso de “honourable”.

30 Militar, filósofo natural e conselheiro real. Ver Martin (1960)

31 Equivalente à criação de uma tabela de valores.

under this Anagram, *cediinnoopsssttuu*, namely, *Vt pondus sic tensio*. The fabrick of which see in the three first figures.

This Scale I contrived in order to examine the gravitation of bodies towards the Center of the Earth, *viz.* to examine whether bodies at a further distance from the Center of the Earth did not lose somewhat of their power or tendency towards it. And propounded it as one of the Experiments to be tried at the top of the Pike of *Teneriff*, and attempted the same at the top of the Tower of *St. Pauls* before the burning of it in the late great Fire; as also at the top and bottom of the Abby of *St. Peters* in Westminster though these being by but small distances removed from the Surface, I was not able certainly to perceive any manifest difference. I propounded the same also to be tried at the bottom and several stations of deep Mines; and *D. Power* did make some trials to that end, but his Instruments not being good, nothing could be certainly concluded from them.

These are the Phenomena of Springs and springy bodies, which as they have not hitherto been by any that I know reduced to Rules, so have all the attempts for the explications of the reason of their power, and of springiness in general, been very insufficient.

d i i n n o o p s s s t t u u, a saber, *Ut pondus sic tensio*³², cujo conteúdo se pode observar nas primeiras três experiências.

Esta balança foi elaborada de modo que eu pudesse examinar a gravitação dos corpos em relação ao centro da Terra³³, ou seja, para poder determinar se os corpos mais distantes do centro da Terra perdem um pouco da sua força de atração tendo em conta a distância. Deste modo, propus-me fazer algumas experiências que pudessem testar este fenómeno no cimo do pico de Tenerife. Fiz a mesma experiência no cimo da torre de São Paulo, antes do grande incêndio; repeli-a também no alto da Abadia de São Pedro, em Westminster. Contudo, por estes lugares se situarem a pequenas distâncias do solo, não fui capaz de observar qualquer diferença clara. Propus que o mesmo fosse feito no fundo de algumas estações mineiras e o Dr. Power chegou a realizar algumas experiências nesse sentido; no entanto, como os instrumentos que possuía não eram de boa qualidade, nada pôde ser concluído dos seus dados.³⁴

Estes são os fenómenos que ocorrem em molas e em corpos flexíveis, que não tinham sido, até aqui, reduzidos a leis por ninguém. Todas as tentativas para as explicações da causa da sua força, e da flexibilidade em geral, tinham sido insuficientes.³⁵

32 Hooke (1676). A expressão latina, que poderia ser literalmente traduzida: "como o peso assim a tensão", contém em si o princípio que Hooke expôs através das suas experiências com molas: o peso (a massa) adicionado na experiência é proporcional à distensão (distância) da mola.

33 Ou seja, a Lei de Hooke foi criada com o propósito de medir a força da gravitação.

34 Hooke testou experimentalmente a sua hipótese.

35 Hooke destaca aqui a originalidade do trabalho apresentado.

In the year 1660. I printed a little Tract, which I called, *An Attempt for the explication of the Phenomena, &c.* of the rising of water in the pores of very small Pipes, Filtres, &c. And being unwilling then to publish this Theory, as supposing it might be prejudicial to my design of Watches, which I was then procuring a Patent for, I only hinted the principle which I supposed to be the cause of these Phaenomena of springs in the 31 page thereof in the English Edition, and in the 38 page of the Latine Edition, translated by *M. Behem*, and printed at Amsterdam, 1662. But referred the further explication thereof till some other opportunity.

The Principles I then mentioned I called by the names of *Congruity* and *Incongruity* of bodies. And promised a further explanation of what I thereby meant on some other occasion. I shall here only explain so much of it as concerns the explication of this present Phaenomenon.

By *Congruity* and *Incongruity* then I understand nothing else but an agreement or disagreement of Bodys as to their Magnitudes and motions

No ano de 1660 imprimi um pequeno tratado a que chamei, *An Attempt for the explication of the Phenomena: of the rising of water in pores of very small Pipes, Filtres*. Não estando disposto a publicar a teoria que agora exponho, supondo que a publicação nessa altura pudesse ser prejudicial ao meu projeto de construção de relógios, para o qual eu procurava uma patente³⁶, apenas sugeri o princípio que supus ser a causa desses fenómenos (na p. 31 da edição em inglês; e na p. 38 da edição em latim, traduzida por M. Behem e impressa em Amesterdão em 1662) referindo que uma explicação mais pormenorizada seria dada noutra altura.

Nomeei os princípios que apresentei nessa época de *congruência* e *incongruência* dos corpos. Na altura prometi uma explicação mais aprofundada.³⁷ Vou então aqui explicar em que consistem estes fenómenos.

Por *congruência* e *incongruência* considero então uma concordância ou discordância dos corpos quanto às suas magnitudes e movimentos.

36 Esta passagem remete para a disputa entre Hooke e Huygens, destacada por Bertoloni Meli do seguinte modo: “In the 1670s he [Hooke] engaged in a major priority dispute with Huygens over the invention of the spring-regulated watch. Much as Huygens did with the pendulum clock, Hooke devised an elaborate instrument from a simple object whose mathematical properties he could investigate. Despite his considerable manual and technical skills, Hooke relied on the help of technicians, especially the London instrument maker Thomas Tompion. Unlike Huygens, Hooke did not write a *magnum opus* but published his findings in articles and short treatises” (Bertoloni Meli 2006, 242).

37 Hooke faz uma breve exposição destes conceitos na sua *Micrographia* (1665).

Those Bodies then I suppose congruous whose particles have the same Magnitude, and the same degree of Velocity, or else an harmonical proportion of Magnitude, and harmonical degree of Velocity. And those I suppose incongruous which have neither the same Magnitude, nor the same degree of Velocity, nor an harmonical proportion of Magnitude nor of Velocity.

I suppose then the sensible Universe to consist of body and motion.

By Body I mean somewhat receptive and communicative of motion or progression. Nor can I have any other Idea thereof, for neither Extention nor Quantity, hardness nor softness, fluidity nor fixedness, Rarefaction nor Densation are the proprieties of Body, but of Motion or somewhat moved.

By Motion I understand nothing but a power or tendency progressive of Body according to several degrees of Velocity.

These two do always counterballance each other in all the effects, appearances, and operations of Nature, and therefore it is not impossible but that they may be one and the same; for a little body with great motion is equivalent to a great body with little motion as to all its sensible effects in Nature.

I do further suppose then that all things in the Universe that become the objects of our senses are compounded of these two (which we will for the present suppose distinct essences, though possibly they may be found hereafter to be only differing conceptions of one and the same essence)

Considero congruentes os corpos cujas partículas tenham a mesma magnitude e o mesmo grau de velocidade, ou então, uma proporção harmónica de magnitude e um grau harmónico de velocidade. Por outro lado, classifico de incongruentes aqueles que não têm nem a mesma magnitude, nem o mesmo grau de velocidade, nem uma proporção harmónica de magnitude nem de velocidade.

Suponho, então, que o universo sensível consiste em corpo e movimento.

Por corpo entendo algo recetivo e comunicativo de movimento ou de progressão. Nem extensão nem quantidade; nem dureza nem maciez; nem fluidez nem fixidez; nem rarefação nem compactação, são propriedades de um corpo, mas antes do movimento ou de algo que se move.

Por movimento, considero um poder ou tendência progressiva do corpo de acordo com vários graus de velocidade.

Estes dois - corpo e movimento - contrabalançam-se em todos os efeitos, aparências e operações da Natureza e, portanto, não é impossível que sejam um e o mesmo; pois um pequeno corpo com grande movimento é equivalente a um grande corpo com pouco movimento quanto a todos os seus efeitos sensíveis observáveis na Natureza.

Suponho, além disto, que todas as coisas no Universo perceptíveis aos nossos sentidos são compostas por esses dois (que, por ora, são essências distintas, embora possam, como veremos a seguir, ser vistas como apenas concepções diferentes de uma única e mesma essência), ou seja, corpo e

namely, *Body*; and *Motion*. And that there is no one sensible Particle of matter but owes the greatest part of its sensible Extension to Motion whatever part thereof it owes to Body according to the common notion thereof: Which is, that Body is somewhat that doth perfectly fill a determinate quantity of space or extension so as necessarily to exclude all other bodies from being comprehended within the same Dimensions.

I do therefore define a sensible Body to be a determinate Space or Extension defended from being penetrated by another, by a power from within.

To make this the more intelligible, Imagine a very thin plate of Iron, or the like, a foot square, to be moved with a Vibrative motion forwards and backwards the flat ways the length of a foot with so swift a motion as not to permit any other body to enter into that space within which it Vibrates, this will compose such an essence as I call in my sense a Cubick foot of sensible Body, which differs from the common notion of Body as this space of a Cubick foot thus defended by this Vibrating plate doth from a Cubick foot of Iron, or the like, throughout solid. The Particles therefore that compose all bodies I do suppose to owe the

movimento. Considero ainda que não existe uma partícula sensível de matéria, mas que esta adquire a sua extensão perceptível através do movimento, independentemente do tipo de movimento que adquire.³⁸

O corpo é algo que preenche perfeitamente uma determinada quantidade de espaço ou de extensão, de modo a excluir, necessariamente, todos os outros corpos de caberem nas mesmas dimensões.

Portanto, defino um corpo sensível como um determinado espaço ou extensão que não o impede de ser penetrado por outro, através de uma força interna.³⁹

Para tornar isto mais claro⁴⁰, imaginemos uma placa de ferro muito fina, ou qualquer objeto semelhante, de um pé quadrado, mexendo-se num movimento vibratório para a frente e para trás ao longo do comprimento de um pé, com um movimento tão rápido que não permita a qualquer outro corpo entrar no espaço dentro do qual a placa vibra. Isto irá compor uma essência a que chamo um pé cúbico de corpo sensível, que difere da noção comum de corpo como algo inteiramente sólido, visto que este espaço de um pé cúbico é ocupado pela vibração causada por um pé cúbico de ferro, ou algo semelhante. Considero, portanto, que as partículas

38 Hooke apresenta aqui a sua teoria vibratória da matéria, de acordo com a qual corpo e movimento são indissociáveis: belíssima conceção de um universo dinâmico cujas partículas se comportam como se de notas musicais se tratassem.

39 Refere-se à força da gravidade.

40 É recorrente Hooke complementar as suas ideias com exemplos facilmente reconhecíveis por um público geral.

greatest part of their sensible or potential Extension to a Vibrative motion.

This Vibrative motion I do not suppose inherent or inseparable from the Particles of body, but communicated by Impulses given from other bodies in the Universe. This only I suppose, that the Magnitude or bulk of the body doth make it receptive of this or-that peculiar motion that is communicated, and not of any other. That is, every Particle of matter according to its determinate or present Magnitude is receptive of this or that peculiar motion and no other, so that Magnitude and receptivity of motion seems the same thing: To explain this by a similitude or example. Suppose a number of musical strings, as ABC+DE, &c. tuned to certain tones, and a like number of other strings, as *a, b, c, d, e, &c.* turned to the same sounds respectively, A shall be receptive of the motion of *a*, but not of that of *b, c, nor d*; in like manner B shall be receptive of the motion of *b*, but not of the motion of *a, c* or *d*. And so of the rest. This is that which I call *Congruity* and *Incongruity*.

Now as we find that musical strings will be moved by Unisons and Eighths, and other harmonious chords, though not in the same degree; so do I suppose that *the particles of matter* will be moved principally by such motions as are

que compõem todos os corpos devem a maior parte da sua extensão sensível ou potencial a um movimento vibratório.⁴¹

Não creio que este movimento vibratório seja inerente ou inseparável das partículas do corpo, creio que é antes comunicado por impulsos que vêm de outros corpos do Universo. Suponho também que a magnitude ou volume do corpo o torna recetivo a este ou aquele movimento que lhe é comunicado em específico e não a qualquer outro. Ou seja, todas as partículas de matéria, dependendo da sua magnitude específica ou atual, são recetíveis a este ou aquele movimento em particular e a mais nenhum, de modo que a magnitude e a recetividade do movimento parecem ser uma e a mesma coisa. Para explicar tudo isto através de um exemplo, imaginemos um certo número de cordas musicais como A, B, C, D, E, que estão afinadas para determinados tons, e imaginemos um número semelhante de outras cordas, como a, b, c, d, e, que estão afinadas para os mesmos sons respetivamente: A deve ser recetivo ao movimento de a, mas não ao de b, c ou d; da mesma forma, B deve ser recetivo ao movimento de b, mas não ao movimento de a, c ou d, e assim sucessivamente. Isto é aquilo a que chamo *congruência* e *incongruência*.

Agora, supondo que as cordas musicais são ordenadas por uníssonos e oitavas (assim como por outros acordes harmoniosos, embora não no mesmo grau) da mesma forma, suponho que as partículas da matéria se movem, sobretudo,

⁴¹ Parece-nos que Hooke considera que o éter ou *menstruum* seria constituído por partículas.

Unisons, as I may call them, or of equal Velocity with their motions, and by other harmonious motions in a less degree.

I do further suppose, A subtil matter that incompasseth and pervades all other bodies, which is the Menstruum in which they swim which maintains and continues all such bodies in their motion, and which is the medium that conveys all Homogenious or Harmonical motions from body to body.

Further I suppose, that all such particles of matter as are of a like nature, when not separated by others of a differing nature will remain together, and strengthen the common Vibration of them all against the differing Vibrations of the ambient bodies.

According to this Notion I suppose the whole Universe and all the particles thereof to be in a continued motion, and every one to take its share of space or room in the same, according to the bulk of its body, or according to the particular power it hath to receive, and continue this or that peculiar motion.

Two or more of these particles joyned immediately together, and coalescing into one become of another nature,

através de movimentos que chamarei uníssonos, ou a uma velocidade equilibrada com o seu movimento, e por outros movimentos harmoniosos em menor grau.

Considero ainda que há uma matéria subtil que envolve e permeia todos os outros corpos. Esta matéria é o *menstruum*, onde eles nadam, sendo ela que mantém todos esses corpos em movimento contínuo, acabando por ser o meio de transmissão⁴² de todos os movimentos homogêneos ou harmônicos de corpo para corpo.

Além disso, suponho ainda que todas as partículas de matéria de natureza semelhante, quando não separadas por outras partículas de natureza diferente, permanecerão juntas e fortalecerão a vibração comum de todas elas contra as diferentes vibrações dos corpos.

De acordo com esta noção, considero que todo o Universo e que todas as suas partículas estão em movimento contínuo,⁴³ e que cada corpo ocupa nele um espaço particular de acordo com a sua massa, ou com a potência particular que tem de receber para continuar este ou aquele movimento peculiar.⁴⁴

Quando duas ou mais dessas partículas se juntam, aglutinam-se numa só. Transformando assim a sua natureza,

42 Sendo o *menstruum* um “meio de transmissão”, ele partilhará de uma natureza vibratória. Se for esta a teoria defendida por Hooke, então o autor teria negado a existência do vácuo. Tudo seria, pois, composto por partículas em constante movimento.

43 Fica claro que o autor considera que tudo está em movimento. Não fica claro, porém, se o *mestruum* está ele próprio em movimento.

44 Esta relação entre o corpo e o espaço particular por ele ocupado sugere que Hooke considera que os corpos recebem a sua potência do espaço que ocupam. Neste caso, sem espaço não haveria corpo.

and receptive of another degree of motion and Vibration, and make a compounded particle differing in nature from each of the other particles.

All bulky and sensible bodies whatsoever I suppose to be made up or composed of such particles which have their peculiar and appropriate motions which are kept together by the differing or dissonant Vibrations of the ambient bodies or fluid.

According to the difference of these Vibrative motions of the Incompassing bulks. All bodies are more or less powerful in preserving their peculiar shapes.

All bodies neer the Earth are incompassed with a fluid subtil matter by the differing Velocity of whose parts all solid bodies are kept together in the peculiar shapes, they were left in when they were last fluid. And all fluid bodies whatsoever are mixed with this fluid, and which is not extruded from them till they become solid.

Fluid bulks differ from solids only in this, that all fluids consist of two sorts of particles, the one this common Menstruum near the Earth, which is interspersed between the Vibrating particles appropriated to that bulk, and so

passam a estar recetivas a outros graus de movimento e de vibração. Formam assim uma partícula composta de natureza diferente de cada uma das partículas individuais iniciais.

Suponho que todos os corpos volumosos e sensíveis são feitos, ou compostos, de partículas que têm os seus movimentos peculiares e apropriados a si, mantendo-se juntos através das vibrações dissonantes dos corpos ou fluidos do ambiente.⁴⁵

Talvez por causa da diferença dos movimentos vibratórios das massas envolventes, todos os corpos tenham a força em si para preservar as suas formas peculiares.⁴⁶

Todos os corpos próximos da Terra são envolvidos por uma matéria subtil líquida.⁴⁷ As partes desta matéria têm uma velocidade variável que faz com que todos os corpos sólidos mantenham as formas particulares com que ficaram no seu último estado fluido. Todos os corpos fluidos estão misturados com esta matéria líquida, que não se separa deles até tomarem uma forma sólida.

A massa dos corpos em forma líquida difere da massa dos corpos sólidos no seguinte aspeto: todos os fluidos consistem em dois conjuntos de partículas, um deles é o *menstruum* que está próximo da Terra e que se intercala entre as partículas vibratórias apropriadas a essa massa e, desse

45 Esta explicação do modo como as partículas se transformam evidencia o carácter filosófico de Hooke: ele procura não só uma explicação experimental e matemática para as suas ideias, mas também a sua fundamentação com base numa teoria filosófica.

46 Esta afirmação sugere que cada corpo possui em si mesmo uma força que o permite ser uno, ou seja, que o impede de desmembrar-se.

47 Supõe-se que a “matéria subtil líquida” seja o *menstruum*.

participating of the motions and Vibrations thereof: And the other, by excluding wholly, or not participating of that motion.

Though the particles of solid bodies do by their Vibrative motions exclude this fluid from coming between them where their motions do immediately touch, yet are there certain spaces between them which are not defended by the motion of the particles from being pervaded by the Heterogeneous fluid menstruum.

These spaces so undefended by the bodies and Vibrative motion of the particles, and consequently pervaded by the subtil incompassing Heterogeneous fluid are those we call the insensible pores of bodies.

According to the bigness of the bodies the motions are, but in reciprocal proportion: That is, the bigger or more powerful the body is, the slower is its motion with which it compounds the particles; and the less the body is, the swifter is its motion.

The smaller the particles of bodies are, the nearer do they approach to the nature of the general fluid, and the more easily do they mix and participate of its motion.

modo, participa dos movimentos e vibrações da mesma; o outro conjunto separa-se do todo e, portanto, não toma parte desse movimento.

Embora as partículas dos corpos sólidos impeçam, através dos seus movimentos vibratórios, o fluido *menstruum* de ficar entre eles no local onde os seus movimentos se tocam, existem certos espaços entre eles que o movimento das partículas não protege de serem impregnados pelo fluido heterogéneo do *menstruum*.

A estes espaços, que são defendidos pelos corpos e pelo movimento vibratório das partículas e que, portanto, são penetrados pelo fluido heterogéneo subtil que os envolve, damos o nome de poros insensíveis dos corpos.⁴⁸

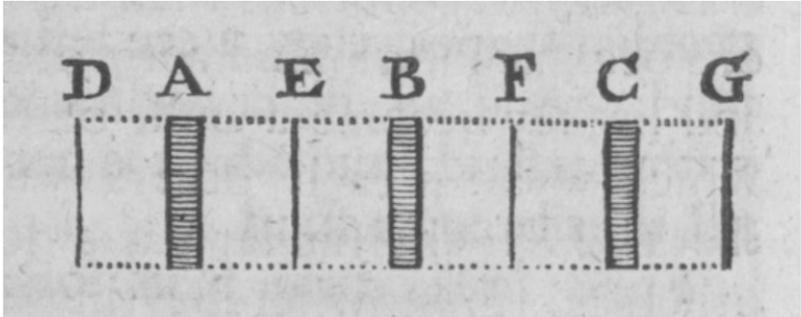
Os movimentos ocorrem em proporção à grandeza dos corpos, ou seja: quanto maior ou mais poderoso é o corpo, mais lento é o movimento com o qual compõe as partículas; e, quanto menor o corpo for, mais rápido será o seu movimento.⁴⁹

Quanto menores são as partículas dos corpos, mais próximas estão da natureza do fluido geral, e mais facilmente se misturam e participam do seu movimento.

⁴⁸ A explicação a que Hooke recorre para compreender os comportamentos dos corpos é de cariz metafísico, mas, apesar de não ser experimentalmente verificada, ela procura estar em consonância com os fenómenos de atração e repulsão observáveis na Natureza. Além disso, não pode deixar de ser realçada a beleza e a elegância que acompanham a sua elaboração.

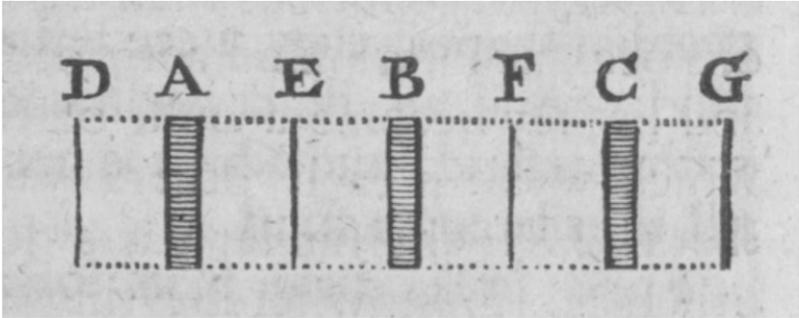
⁴⁹ Ou seja, a intensidade da relação de atração depende da massa.

The Particles of all solid bodies do immediately touch each other; that is, the Vibrative motions of the bodies do every one touch each other at every Vibration.



For explication, Let ABC represent three bodies, each of these bodies I suppose to have a Vibrative motion on either side of it, A between D and E, B between E and F, and C between F and G. I suppose then that B in every one of its Vibrations doth meet A at E, and C at F, and so the motions are continually interchanged: That is, B communicates its motion to A at E, and A at the same time and place communicates its motion to B, which returning to F meets there with C, and communicates its received motion to C, which at the same instant and place communicates its own motion to B, which returns it back to E: So that the Velocity of these bodies is always the same, and each body impresseth on the contiguous bodies such a determinate number of pulses within a certain space of time. Suppose for instance,

As partículas de todos os corpos sólidos tocam-se imediatamente; isto é, os movimentos vibratórios dos corpos fazem com que cada um se toque a cada vibração.⁵⁰



Explicando melhor, suponhamos que A, B, C representam três corpos, e que cada um desses corpos tem um movimento vibratório em cada um dos lados, A entre D e E, B entre E e F, e C entre F e G. Suponho então que, em cada uma das suas vibrações, B encontra A em E, e C em F e, portanto, os movimentos dos corpos estão em trocas constantes. Ou seja, B comunica o seu movimento a A em E, e, ao mesmo tempo e no mesmo lugar, A comunica o seu movimento a B, que voltando para F encontra C, e comunica o movimento recebido a C, que, no mesmo instante e local, comunica o seu próprio movimento a B, que o devolve a E, de modo que a velocidade desses corpos é sempre a mesma, e cada corpo imprime nos corpos contínuos um determinado número de pulsos num certo espaço de tempo. Suponhamos, por exem-

⁵⁰ Esta análise deixa entrever que, para Hooke, tudo na Natureza está em contínua relação.

in every second of time B communicates to A and to C one million of pulses, and hath received as many from each of them, by which means each of them doth preserve its own space of Vibration, according to the power of its Vibration, that neither of the contiguous bodies can enter into it. The extreme particles A and C are repercussed by the motion of the ambient Heterogeneous fluid, whereof though the bodies are of differing magnitudes, yet the body and motion of the one are equivalent to the body and motion of the other, so that whatever the body be less, the motion is quicker; and where the body is bigger, the motion is less. But the Particles of fluid bodies do not immediately touch each other, but permit the mixture of the other Heterogeneous fluid near the Earth, which serves to communicate the motion from particle to particle without the immediate contact of the Vibrations of the Particles.

All solid Bodies retain their solidity till by other extraordinary motions their natural or proper motions become intermixed with other differing motions, and so they become a bulk of compounded motions, which weaken each others Vibrative motions. So that though the similar parts do participate of each others motions, whereby they endeavour to joyn or keep together, yet do they also participate

plo, que em cada segundo e tempo **B** comunica um milhão de pulsos a **A** e **C**, e que tenha recebido o mesmo número de pulsos de cada um deles, permitindo assim que cada um deles preserve o seu próprio espaço de vibração, de acordo com a potência da sua vibração, e fazendo com que nenhum dos corpos contíguos possa penetrar nesse espaço. As partículas extremas **A** e **C** repercutem-se pelo movimento do fluido heterogéneo do meio onde se encontram. Embora os corpos tenham magnitudes diferentes, o corpo e o movimento de um são equivalentes ao corpo e ao movimento do outro, de modo que, para o corpo mais pequeno, o movimento será mais rápido; e, para o corpo maior, o movimento será mais lento. No entanto, as partículas dos corpos fluidos não se tocam imediatamente, antes permitem a mistura de outro fluido heterogéneo próximo da Terra, que serve para comunicar o movimento de partícula em partícula sem o contacto imediato das vibrações das partículas.⁵¹

Todos os corpos sólidos retêm a sua solidez até que, por outros movimentos extraordinários, os seus movimentos naturais ou próprios se misturem com outros movimentos diferentes, levando a que se transformem numa massa de movimentos compostos, que enfraquecem os movimentos vibratórios uns dos outros. De modo que, embora as partes semelhantes participem dos movimentos umas das outras, no meio dos quais elas se esforçam por se juntarem ou por

⁵¹ Esta análise também nos leva a supor que Hooke considerava que toda a ação interfere com o seu meio.

of an Heterogeneous motion which endeavours to separate or keep them asunder. And according to the prevalency of the one or the other is the body more or less fluid or solid.

All bodies whatsoever would be fluid were it not for the external Heterogeneous motion of the Ambient.

And all fluid bodies whatsoever would be unbounded, and have their parts fly from each other were it not for some prevailing Heterogeneous motion from without them that drives them more powerfully together.

Heterogeneous motions from without are propagated within the solid in a direct line if they hit perpendicular to the superficies or bounds, but if obliquely in ways not direct, but different and deflected, according to the particular inclination of the body striking, and according to the proportion of the Particles striking and being struck.

All springy bodies whatsoever consist of parts thus qualified, that is, of small bodies indued with appropriate and peculiar motions, whence every one of these particles hath a particular Bulk, Extension, or Sphere of activity which it defends from the ingress of any other incompassing Heterogeneous body whilst in its natural estate and balance in the Universe. Which particles being all of the same nature, that is, of equal bodies, and equal motions, they readily coalesce and joyn together, and make up one solid body, not perfectly every where contiguous, and wholly excluding the

se manterem juntas, elas também participam de um movimento heterogéneo que se esforça para as manter separadas. E, de acordo com a prevalência de uma ou de outra força, o corpo é mais ou menos fluido ou sólido.

Todos os corpos, quaisquer que sejam, seriam fluidos se não existisse o movimento heterogéneo externo do ambiente.⁵²

E todos os corpos fluidos, quaisquer que sejam, seriam ilimitados e teriam as suas partes afastadas umas das outras, se não fosse a existência de um movimento heterogéneo prevalecente fora deles que os une com mais força.⁵³

Os movimentos heterogéneos que vêm de fora são propagados no interior do sólido numa linha direta se o atingirem perpendicularmente à sua superfície ou aos seus limites, mas, se o atingirem de forma oblíqua e indireta, em movimentos diferenciados e desviados, propagam-se de acordo com a inclinação particular do corpo que atingem e de acordo com a proporção das partículas que estão a ser atingidas.

Todos os corpos flexíveis consistem em partes assim qualificadas, isto é, pequenos corpos dotados de movimentos apropriados e específicos onde cada uma dessas partículas tem um volume, extensão ou esfera de atividade particular que se defende da entrada de qualquer outro corpo heterogéneo no seu estado natural e de equilíbrio no Universo⁵⁴. As partículas que tenham a mesma natureza, ou seja, com

52 Não fica claro em que se baseia esta afirmação.

53 Hooke refere-se à gravitação, ainda que envolta numa explicação metafísica.

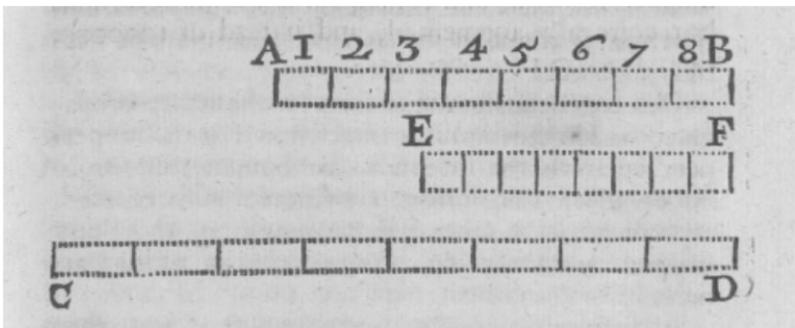
54 Desta afirmação se depreende que a *congruência* e a *incongruência* são a base do funcionamento do cosmos.

above mentioned ambient fluid, but permitting it in many places to pervade the same in a regular order, yet not so much but that they do wholly exclude the same from passing between all the sides of the compounding particles.

The parts of all springy bodies would recede and fly from each other were they not kept together by the Heterogeneous compressing motions of the ambient whether fluid or solid.

These principles thus hinted, I shall in the next place come to the particular explication of the manner how they serve to explain the Phaenomena of springing bodies whether solid or fluid.

First for solid bodies, as Steel, Glass, Wood, &c. which have a Spring both inwards and outwards, according as they are either compressed or dilated beyond their natural state.

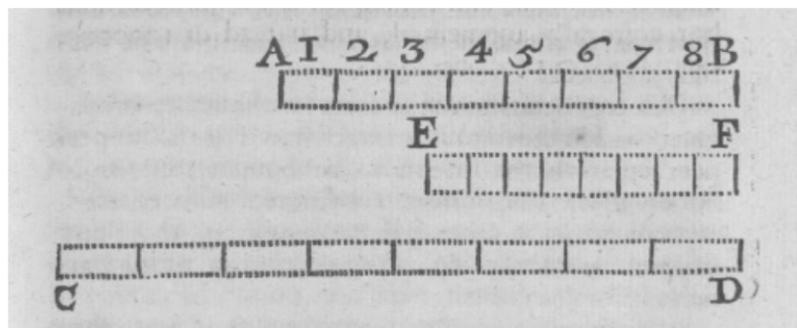


composições e movimentos iguais e que prontamente se aglutinam e unem para formar um corpo sólido, não são em si perfeitamente contíguas e unas: elas excluem o ambiente fluido que envolve o corpo, mencionado antes, mas permitem que este fluido penetre o corpo em muitos lugares de forma consistente, embora não ao ponto de impedirem inteiramente que esse fluido se mova entre as diferentes partículas que compõem o corpo sólido.

As partes de todos os corpos flexíveis recuariam e afastar-se-iam umas das outras se não fossem mantidas juntas pelos movimentos de compressão heterogêneos do ambiente⁵⁵, seja ele fluido ou sólido.

Tendo apresentado estes princípios, passarei então a explicar a maneira como eles permitem compreender os fenômenos dos corpos flexíveis, sejam estes sólidos ou fluidos.⁵⁶

Primeiro, para corpos sólidos, como aço, vidro, madeira, que possuem uma força de restituição, que os estica e encolhe conforme são comprimidos ou dilatados além do seu estado natural.



⁵⁵ Movimentos que o autor pressupõe serem causados pela força da gravitação.

⁵⁶ A sua teoria pode ser aplicada a todos os corpos, sejam eles sólidos ou fluidos.

Let AB represent a line of such a body compounded of eight Vibrating particles, as 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, and suppose each of those Particles to perform a million of single Vibrations, and consequently of occurrences with each other in a second minute of time, their motion being of such a Velocity impressed from the Ambient on the two extreme Particles 1 and 8. First, if by any external power on the two extremes 1 and 8, they be removed further asunder, as to CD, then shall all the Vibrative Particles be proportionably extended, and the number of Vibrations, and consequently of occurrences be reciprocally diminished, and consequently their endeavour of receding from each other be reciprocally diminished also. For supposing this second Dimension of Length be to the first as 3 to 2, the length of the Vibrations, and consequently of occurrences, be reciprocally diminished. For whereas I supposed 1000000 in a second of the former, here can be but 666666 in this, and consequently the Spring inward must be in proportion to the Extension beyond its natural length.

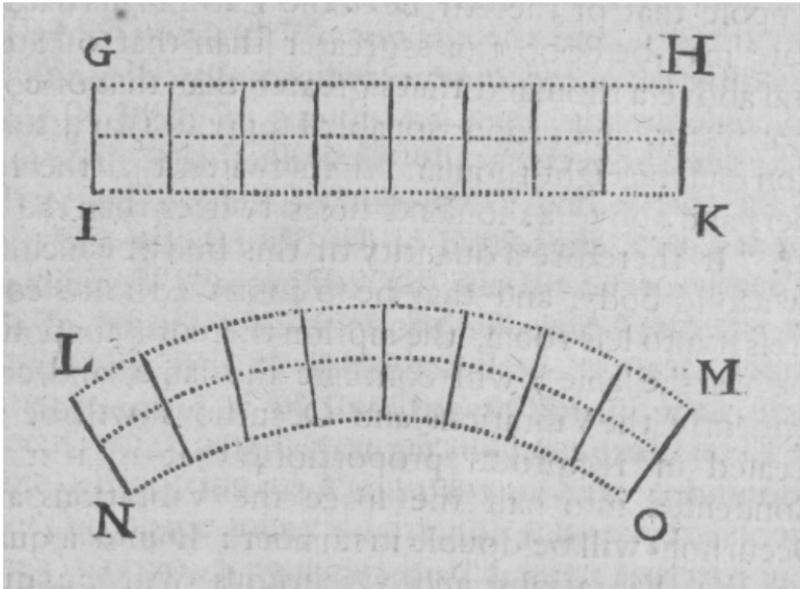
Secondly, if by any external force the extreme particles be removed a third part nearer together than (the external natural force being always the same both in this and the former instance, which is the ballance to it in its natural state) the length of the Vibrations shall be proportionably diminished, and the number of them, and consequently of

Seja **AB** a representação de uma linha de um corpo composto por oito partículas vibrantes, que são 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, e suponha que cada uma dessas partículas execute, no tempo de um segundo, um milhão de vibrações simples, portanto, um milhão de colisões com as restantes partículas, e que a velocidade do seu movimento é comunicada pelo ambiente às duas partículas das extremidades, 1 e 8. Primeiro, se por uma qualquer força externa aplicada aos dois extremos 1 e 8, estes se afastarem mais um do outro, como em **CD**, então todas as partículas vibrantes estender-se-ão proporcionalmente, e o número de vibrações e , portanto, de colisões diminuirá na mesma medida e, consequentemente, também o seu esforço para se afastarem umas das outras. Supondo que este segundo comprimento esteja para o primeiro como 3 está para 2, o comprimento das vibrações e , portanto, das colisões, reduzir-se-á proporcionalmente. Tendo suposto que ocorreriam 1 000 000 vibrações num segundo, agora poderão ocorrer apenas 666 666 vibrações. Assim, a elasticidade deve ser proporcional à extensão do seu comprimento natural.

Em segundo lugar, se as partículas extremas forem comprimidas uma terça parte por qualquer força externa (sendo essa força natural sempre a mesma tanto neste caso como no anterior, tendendo para o equilíbrio no estado natural) o comprimento das vibrações será proporcionalmente diminuído, tal como o seu número, e , portanto, o número de

the occurrences be reciprocally augmented, and instead of 1000000, there shall be 1500000.

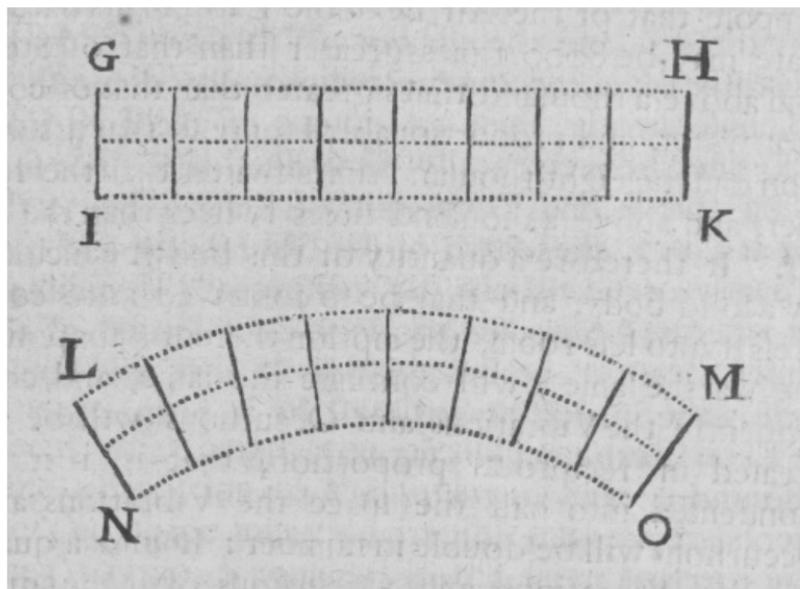
Having thus explained the most simple way of springing in solid bodies, it will be very easie to explain the compound way of springing, that is, by flexure,



supposing only two of these lines joined together as at GHIK, which being by any external power bended into the form LNNO, LM will be extended, and NO will be diminished in proportion to the flexure, and consequently the same proportions and Rules for its endeavour of restoring it self will hold.

colisões reciprocamente, e em vez de 1 000 000, haverá 1 500 000).

Tendo assim explicado a forma mais simples de elasticidade nos corpos sólidos, será agora muito fácil explicar a forma composta de elasticidade, isto é, por flexão.



Supondo que apenas duas dessas linhas, juntas como em **GHIK**, são dobradas por qualquer força externa para tomarem a forma **LMNO**⁵⁷, **LM** será estendida e **NO** será diminuída proporcionalmente à flexão e, conseqüentemente, as mesmas proporções e regras serão aplicáveis ao seu esforço de restauração.

⁵⁷ As gralhas detetadas na correspondência com as figuras foram corrigidas na tradução para português.

In the next place for fluid bodies, amongst which the greatest instance we have is air, though the same be in some proportion in all other fluid bodies.

The Air then is a body consisting of particles so small as to be almost equal to the particles of the Heterogeneous fluid medium encompassing the earth. It is bounded but on one side, namely, towards the earth, and is indefinitely extended upward being only hindred from flying away that way by its own gravity, (the cause of which I shall some other time explain.) It consists of the same particles single and separated, of which water and other fluids do, conjoynd and compounded, and being made of particles exceeding small, its motion (to make its ballance with the rest of the earthy bodies) is exceeding swift, and its Vibrative Spaces exceeding large, comparative to the Vibrative Spaces of other terrestrial bodies. I suppose that of the Air next the Earth in its natural state may be 8000 times greater than that of Steel, and above a thousand times greater than that of common water, and proportionably I suppose that its motion must be eight thousand times swifter than the former, and above a thousand times swifter than the later. If therefore a quantity of this body be inclosed by a solid body, and that be so contrived as to compress it into less room, the motion thereof (supposing the heat the same) will continue the same, and consequently the Vibrations and

Em seguida, discutiremos os corpos fluídos, entre os quais o maior exemplo que temos é o ar, embora o mesmo ocorra em alguma proporção em todos os outros corpos fluidos.

O ar é então um corpo constituído de partículas tão pequenas que são quase iguais às partículas do meio fluído heterogéneo que circunda a Terra.⁵⁸ Ele é limitado apenas de um lado, nomeadamente em direção à Terra, e estende-se indefinidamente para cima, sendo apenas impedido de voar para longe pela sua própria gravidade (cuja causa explicarei noutra altura)⁵⁹. Consiste nas mesmas partículas individuais e separadas que compõem a água e outros fluidos combinados e compostos e, sendo feitos de partículas extremamente pequenas, o seu movimento (para estar em equilíbrio com o resto dos corpos terrestres) é extremamente rápido, e os seus espaços vibratórios são extremamente largos quando comparados com os de outros corpos terrestres. Suponho que os espaços do ar que circundam a Terra, no seu estado natural, sejam 8000 vezes maiores do que o do aço, e mais de mil vezes maiores do que o que os da água comum, e que proporcionalmente o seu movimento deve ser 8000 vezes mais rápido do que o primeiro e mil vezes mais rápido do que o segundo. Se, portanto, uma quantidade deste corpo for rodeada por um corpo sólido, e for comprimida de modo a ocupar menos espaço, o movimento do mesmo (supondo que a temperatura se mantenha igual) continuará inalterado

58 O autor já considerava que o ar seria composto por partículas.

59 Hooke considera que o ar sofre influências da força da gravidade.

Occursions will be increased in reciprocal proportion, that is, if it be Condensed into half the space the Vibrations and Occursions will be double in number: If into a quarter the Vibrations and Occursions will be quadruple, &c.

Again, If the containing Vessel be so contrived as to leave it more space, the length of the Vibrations will be proportionably enlarged, and the number of Vibrations and Occursions will be reciprocally diminished, that is, if it be suffered to extend to twice its former dimensions, its Vibrations will be twice as long, and the number of its Vibrations and Occursions will be fewer by half, and consequently its indeavours outward will be also weaker by half.

These Explanations will serve *mutatis mutandis* for explaining the Spring of any other Body whatsoever.

It now remains, that I shew how the constitutions of springy bodies being such, the Vibrations of a Spring, or a Body moved by a Spring, equally and uniformly shall be of equal duration whether they be greater or less.

I have here already shewed then that the power of all Springs is proportionate to the degree of flexure, *viz.* one degree of flexure, or one space bended hath one power, two hath two, and three hath three, and so forward, And every point of the space of flexure hath a peculiar power, and consequently there being infinite points of the space, there must be infinite degrees of power.

e as vibrações e colisões aumentarão proporcionalmente. Se, por exemplo, o corpo fluido for condensado em metade do espaço, as vibrações e colisões duplicarão em número e, se for comprimido num quarto do espaço original, as vibrações e colisões quadruplicarão.

Novamente, se o recipiente que contém o corpo fluido tiver mais espaço, o comprimento das vibrações aumentará proporcionalmente e o número de vibrações e colisões será reciprocamente diminuído. Isto é, se for permitido estender o corpo para o dobro das suas dimensões, as suas vibrações serão duas vezes mais longas, e o número das suas vibrações e colisões será menor em metade e, conseqüentemente, a sua força de atração em relação ao exterior, também será mais fraca em metade.

Estas explicações servirão, *mutatis mutandis*, para explicar a flexibilidade de qualquer corpo.

Sendo estas as características dos corpos flexíveis, resta agora mostrar como as vibrações de uma mola ou de um corpo movido por uma mola mantêm a sua duração, sejam elas maiores ou menores.

Já mostrei aqui que a força de todas as molas é proporcional ao seu grau de flexão, *viz.* um grau de flexão, ou um espaço dobrado, tem uma força, dois têm duas e três têm três, e assim sucessivamente. E cada ponto do espaço de flexão tem uma força particular e, conseqüentemente, havendo pontos infinitos no espaço, devem existir infinitos graus de força.⁶⁰

60 Hooke considera o Universo uma entidade infinita possuindo “infinitos graus de força”.

And consequently all those powers beginning from nought, and ending at the last degree of tension or bending, added together into one sum, or aggregate, will be in duplicate proportion to the space bended or degree of flexure; that is, the aggregate of the powers of the Spring tended from its quiescent posture by all the intermediate points to one space (be it what length you please) is equal, or in the same proportion to the square of one (supposing the said space infinitely divisible into the fractions of one;) to two, is equal, or in the same proportion to the square of two, that is four; to three is equal or in the same proportion to the square of three, that is nine, and so forward; and consequently the aggregate of the first space will be one, of the second space will be three, of the third space will be five, of the fourth will be seven, and so onwards in an Arithmetical proportion, being the degrees or excesses by which these aggregates exceed one another.

The Spring therefore in returning from any degree of flexure, to which it hath been bent by any power receiveth at every point of the space returned an impulse equal to the power of the Spring in that point of Tension, and in returning the whole it receiveth the whole aggregate of all the forces belonging to the greatest degree of that Tension from which it returned; so a Spring bent two spaces in its return receiveth four degrees of impulse, that is, three in the first space returning, and one in the second; so bent three spaces it receiveth in its whole return nine degrees

E, portanto, todas as forças que começam do nada e terminam no último grau de tensão ou de flexão, somadas ou agregadas estarão em proporção dupla relativamente ao espaço dobrado ou grau de flexão; ou seja, o agregado das forças da mola afastada da sua posição quiescente em todos os pontos intermediários de um espaço (independentemente do comprimento deste) é igual ou está na mesma proporção do quadrado de um (supondo que o referido espaço é infinitamente divisível em frações de um); a dois, é igual ou está na mesma proporção ao quadrado de dois, ou seja, quatro; a três, é igual ou na mesma proporção ao quadrado de três, ou seja, nove; e assim por diante; e, assim, o agregado do primeiro espaço será um, do segundo espaço será três, do terceiro espaço será cinco, do quarto será sete, e assim por diante, em proporção aritmética, sendo os graus ou excessos pelos quais esses agregados se excedem uns aos outros.

Portanto, a mola, ao voltar de qualquer grau de flexão, ao qual foi dobrada por qualquer força recebida em todos os pontos do espaço, volta com um impulso igual à força da mola naquele ponto de tensão⁶¹, e, ao voltar, recebe todo o conjunto de forças pertencentes ao maior grau daquela tensão de onde voltou; assim, uma mola que seja dobrada em dois espaços, ao voltar recebe quatro graus de impulso, ou seja, três no primeiro espaço de retorno e um no segundo; portanto, dobrando três espaços, recebe no seu retorno nove

61 Esta afirmação antecipa a Lei da Ação-reação proposta por Newton.

of impulse, that is, five in the first space returned, three in the second, and one in the third.

So bent ten spaces it receives in its whole return one hundred degrees of impulse, to wit, nineteen in the first, seventeen in the second, fifteen in the third, thirteen in the fourth, eleven in the fifth, nine in the sixth, seven in the seventh, five in the eighth, three in the ninth, and one in the tenth.

Now the comparative Velocities of any body moved are in subduplicate proportion to the aggregates or sums of the powers by which it is moved, therefore the Velocities of the whole spaces returned are always in the same proportions with those spaces, they being both subduplicate to the powers, and consequently all the times shall be equal.

Next for the Velocities of the parts of the space returned they will be always proportionate to the roots of the aggregates of the powers impressed in every of these spaces; for in the last instance, where the Spring is supposed bent ten spaces, the Velocity at the end of the first space returned shall be as the root of 19. at the end of the second as the Root of 36. that is, of $19 + 17$. at the end of the third as the the Root of 51. that is of $19 + 17 + 15$. At the end of the fourth as the Root of 64. that is of $19 + 17 + 15 + 13$. at the end of the tenth, or whole as the Root of 100. that is as $\sqrt{19 + 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1}$, equal to 100.

graus de impulso, ou seja, cinco no primeiro espaço a onde voltou, três no segundo e um no terceiro.

Assim, dobrando dez espaços, a mola recebe no seu retorno ao todo cem graus de impulso, a saber, 19 no primeiro, 17 no segundo, quinze no terceiro, treze no quarto, onze no quinto, nove no sexto, sete no sétimo, cinco no oitavo, três no nono e um no décimo.

Agora, as velocidades comparativas de qualquer corpo movido ocorrem em proporção subdupla⁶² aos agregados ou somas das forças pelas quais ele é movido, pelo que as velocidades de todos os espaços que retornam estarão sempre nas mesmas proporções com esses espaços, sendo ambas subduplas às potências e, portanto, todos os tempos serão iguais.

Assim, as velocidades das partes do espaço em retorno serão sempre proporcionais às raízes dos agregados das forças impressas em cada um desses espaços; pois, na última instância, onde a mola é dobrada dez espaços, a velocidade no final do primeiro espaço retornado será como a raiz de 19. No final do segundo, será como a raiz de 36, isto é, de $19 + 17$. No final do terceiro, será como a raiz de 51, isto é, de $19 + 17 + 15$. No final do quarto, será como a raiz de 64, isto é, de $19 + 17 + 15 + 13$. No final do décimo, ou inteiro, será como a raiz de 100, isto é, a raiz de $19 + 17 + 15 + 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1$, que é igual a 100.

62 “Sub duplicate” em inglês. Não foi encontrada uma palavra em português que possa expressar esta noção, pelo que se optou por usar o termo “subdupla”.

Now since the Velocity is in the same proportion to the root of the space, as the root of the space is to the time, it is easie to determine the particular time in which every one of these spaces are passed for dividing the spaces by the Velocities corresponding the quotients give the particular times.

To explain this more intelligibly, let A in the fourth figure represent the end of a Spring not bent, or at least counterpoised in that posture by a power fixt to it, and movable with it, draw the line ABC, and let it represent the way in which the end of the Spring by additional powers is to be moved, draw to the end of it C at right Angles the Line C [...] D d, and let CD represent the power that is sufficient to bend or move the end of the Spring A to C, then draw the Line DA, and from any point of the Line AC as BB. Draw Lines parallel to CD, cutting the Line DA in E, E, the Lines BE, BE, will represent the respective powers requisite to bend the end of the Spring A to B, which Lines BE, BE, CD will be in the same proportion with the length of the bent of the Spring AB, AB, AC.

And because the Spring hath in every point of the Line of bending AC, a particular power, therefore imagining infinite Lines drawn from every point of AC parallel to CD till they touch the Line AD, they will all of them fill and compose the Triangle ACD. The Triangle therefore ACD will represent the aggregate of the powers of the Spring bent from A to C, and the lesser Triangles ABE, ABE will represent the aggregate of all the powers of the Spring bent from A

Visto que a velocidade está na proporção da raiz do espaço como a raiz do espaço está com o tempo, é fácil determinar o tempo particular em que passam cada um desses espaços, uma vez que, dividindo os espaços pelas velocidades correspondentes, os quocientes dão os tempos particulares.⁶³

Para explicar isto de uma forma mais inteligível, imagine que, na Fig. 4, A representa a ponta de uma mola não esticada, ou pelo menos colocada nessa posição por uma força fixa a ela, e móvel com ela, trace-se a linha ABC, e represente-se a forma como a ponta da mola deve ser movida por forças adicionais. Desenhe no final dela um C e num ângulo reto a linha Cc, Dd, e seja CD a força suficiente para dobrar ou mover a ponta da mola de A para C. De seguida, desenhe a linha DA, e de qualquer ponto da linha AC como B₁ e B₂ desenhe linhas paralelas a CD, cortando a linha DA em E, E. As linhas B₂E e BE representarão as respectivas forças necessárias para dobrar a ponta da mola de A a B. As linhas B₂E, BE e CD estarão na mesma proporção com os comprimentos do desvio da mola AB₂, AB e AC.

E porque a mola tem em cada ponto da linha de esticamento AC, uma força particular, imaginando linhas traçadas de cada ponto de AC paralelas a CD até tocarem a linha AD, elas irão todas preencher e compor o triângulo ACD. Este triângulo representará então o conjunto das forças da mola esticada de A a C, e os triângulos menores AB₂E ABE representarão o conjunto de todas as forças da mola esticada

63 Hooke usa aqui o conceito de velocidade.

to B, B, and the Spring bent to any point of the Line AC, and let go from thence will exert in its return to A all those powers which are equal to the respective ordinates BE, BE, in the Triangles, the sum of all which make up the Triangles ABE, ABE. And the aggregate of the powers with which it returns from any point, as from C to any point of the space CA as to BB, is equal to the Trapezium CDEB, CDEB, or the excesses of the greater Triangles above the less.

Having therefore shewn an Image to represent the flexure and the powers, so as plainly to solve and answer all Questions and Problems concerning them, in the next place I come to represent the Velocities appropriated to the several powers. The Velocities then being always in a subduplicate proportion of the powers, that is, as the Root of the powers impressed, and the powers imprest being as the Trapezium or the excess of the Triangle or square of the whole space to be past above the square of the space yet unpassed; if upon the Center A, and space AC, (C being the point from which the Spring is supposed let go) a Circle be described as CGGF, and ordinates drawn from any point of CA the space to be past, as from B, B, to the said Circle, as BG, BG, these Lines BG, BG, will represent the Velocity of the Spring returning from C to B, B, &c. the said ordinates being always in the same proportion with the Roots of the Trapeziums CDEB, CDEB for putting AC = to a, and AB = b, BG will always be equal to $\sqrt{aa - bb}$, the square of the ordinate being always equal to the Rectangle of the intercepted parts of the Diameter.

de A para B_2 e para B e para qualquer ponto da linha AC. Se for largada, a partir daí, a mola exercerá no seu retorno a A todas as forças que serão iguais às coordenadas B_2E , BE, nos triângulos, cujo conjunto compõe os triângulos AB_2E e ABE. Assim, o agregado das forças com as quais ela retorna de qualquer ponto, como de C a qualquer ponto do espaço CA, ou BB, é igual aos trapézios CDE_2B e CDEB, ou aos excessos dos triângulos maiores acima dos menores.

Tendo, portanto, mostrado uma figura que pretende representar a flexão e as forças, de forma a resolver e a responder claramente a todas as questões e problemas que lhes dizem respeito, passarei a representar as velocidades apropriadas às várias forças. As velocidades, então, estando sempre numa proporção subdupla das forças, isto é, como a fonte das forças exercidas, passando as forças exercidas como o trapézio ou o excesso do triângulo ou quadrado de todo o espaço acima do quadrado do espaço ainda não ultrapassado; se, no centro A, e no espaço AC (sendo C o ponto do qual a mola é solta), o círculo será descrito como CGGGF e as coordenadas extraídas de qualquer ponto de CA o espaço passará a partir de B_2B até ao referido círculo, como B_2G , BG, estas linhas representarão a velocidade da mola ao regressar de C para B_2B , estando as ditas coordenadas sempre na mesma proporção com a fonte dos trapézios CDE_2B , CDEB, visto que, fazendo $AC = a$ e $AB = b$, BG será sempre igual à raiz quadrada de $aa - bb$, sendo o quadrado da ordenada igual ao retângulo das partes interceptadas do diâmetro.

Having thus found the Velocities, to wit, BG, BG, AF, to find the times corresponding, on the Diameter AC draw a Parabola CHF whose Vertex is C, and which passeth through the point F. The Ordinates of this Parabola BH, BH, AF, are in the same proportion with the Roots of the spaces CB, CB, CA, then making GB to HB as HB to IB, and through the points CIIF drawing the curve CIIF, the respective ordinates of this curve shall represent the proportionate time that the Spring spends in returning the spaces CB, CB, CA.

If the powers or stiffness of the Spring be greater than what I before supposed, and therefore must be expressed by the Triangle CdeA. then the Velocities will be the Ordinates in an Ellipse as C [...] N, greater than the Circle, as it will also if the power be the same, and the bulk moved by the Spring be less. Then will the S-like Line of times meet with the Line AF at a point as X within the point F. But if the powers of the Spring be weaker than I supposed, then will CδεεA represent the powers, and CγγO the Ellipsis of Velocity, whose Ordinates Bγ, Bγ, AO will give the particular Velocities, and the S-like Line of time will extend beyond N. The same will happen supposing the body (moved by the Spring) to be proportionately heavy, and the powers of the Spring the same with the first.

And supposing the power of the Spring the same as at first, bended only to B₂, and from thence let go B₂EA is the Triangle of its powers, the Ordinates of the Circle BgL are the Lines of its Velocity, and the Ordinates of the S-like Line BiF are the Lines of time.

Tendo assim encontrado as velocidades, a saber, BG , B_2G , AF , para encontrar os tempos correspondentes, desenhe no diâmetro AC uma parábola CGF cujo vértice é C e que passa pelo ponto F . As coordenadas desta parábola BH , B_2H , AF , estão na mesma proporção com as raízes dos espaços CB , CB_2 e CA , passando então de CB a HB e a IB , e traçando a curva através dos pontos $CHIF$, as coordenadas desta curva devem representar o tempo proporcional que a mola gasta em voltar aos espaços CB , CB_2 e CA .

Se a força ou a rigidez da mola for maior do que eu supus antes e, portanto, for expressa pelo triângulo $CdeA$, então as velocidades serão as coordenadas na elipse como $C\gamma\gamma N$, maiores do que o círculo, como também acontecerá se a força for a mesma e o volume movido pela mola menor. Então, a linha de tempo com a forma de um S encontrar-se-á com a linha AF num ponto como X perto de F . Mas, se as forças da mola forem mais fracas do que supus, então $C\delta\epsilon\epsilon A$ representarão as forças, e $C\gamma\gamma O$ a elipse da velocidade, cujas coordenadas $B\gamma$, $B_2\gamma$, AO darão as velocidades particulares, e a linha de tempo com a forma de S estender-se-á além de N . O mesmo acontecerá se o corpo (movido pela mola) for proporcionalmente pesado e as forças da mola as mesmas que a da primeira.

E, supondo que a força da mola seja a mesma da primeira, esticada apenas para B_2 , e a partir daí solta, B_2EA é o triângulo das suas forças, as coordenadas do círculo BgL são as linhas da sua velocidade, e as coordenadas da linha com a forma de um S , BiF , são as linhas do tempo.

Having thus shewed you how the Velocity of a Spring may be computed, it will be easie to calculate to what distance it will be able to shoot or throw any body that is moved by it. And this must be done by comparing the Velocity of the ascent of a body thrown with the Velocity of the descent of Gravity, allowance being also made for the Resistance and impediment of the medium through which it passes. For instance, suppose a Bow or Spring fixed at 16 foot above a Horizontal floor, which is near the space that a heavy body from rest will descend perpendicularly in a second of time. If a Spring deliver the body in the Horizontal line with a Velocity that moves it 16 foot in a second of time, then shall it fall at 16 foot from the perpendicular point on the floor over which it was delivered with such Velocity, and by its motion shall describe in the Air or space through which it passes, a Parabola. If the Spring be bent to twice the former Tension, so as to deliver the body with double the Velocity in a Horizontal Line, that is, with a Velocity that moves 32 foot in a second, then shall the body touch the floor in a point very near at 32 foot from the aforesaid perpendicular point, and the Line of the motion of the body, so shot shall be moved in a Parabola, or a Line very near it, I say very near it, by reason that the Impediment of the medium doth hinder the exactness of it. If it be delivered

Tendo assim mostrado como a velocidade de uma mola pode ser calculada, será fácil agora calcular a que distância ela poderá atirar ou arremessar qualquer corpo que seja movido por ela. Isto deve ser feito comparando a velocidade de subida de um corpo arremessado, com a velocidade de descida da gravidade, levando-se em conta também a resistência e a inércia do meio por onde ele passa.⁶⁴

Por exemplo, imagine um arco ou uma mola fixada cinco metros acima de um piso horizontal, que está próximo do espaço em que um corpo pesado em repouso descera perpendicularmente durante m segundo. Se uma mola largar o corpo na linha horizontal⁶⁵ com uma velocidade que o mova 16 pés num segundo, então ele deverá cair a 16 pés do ponto perpendicular no chão no qual foi arremessado a essa velocidade. O seu movimento deve descrever no ar, ou no espaço por onde passa, uma parábola. Se a mola for dobrada o dobro da tensão anterior, de modo a arremessar o corpo com o dobro da velocidade em linha horizontal, ou seja, com uma velocidade que se move 32 pés por segundo, então o corpo deverá tocar o chão num ponto muito perto a 32 pés do referido ponto perpendicular, e da linha do movimento do corpo, então o lance deve ser movido na parábola, ou numa linha muito perto dela. Digo muito perto dela, porque a resistência do meio⁶⁶ impede a sua exatidão. Se for

64 Aqui Hooke coloca vários fatores em análise: velocidade, distância, movimento forçado (arremesso), resistência e inércia.

65 A sua análise vale para movimentos na vertical e horizontal.

66 Hooke toma já em conta o atrito.

with treble, quadruple, quintuple, sextuple, &c. the first Velocity it shall touch the floor at almost treble, quadruple, quintuple, sextuple, &c. the first distance. I shall not need to shew the reason why it is moved in a Parabola, it having been sufficiently demonstrated long since by many others.

If the body be delivered by the Spring at the floor, but shot by some Angle upwards, knowing withwhat Velocity the same is moved when delivered, and with what Inclination to the Perpendicular the same is directed, and the true Velocity of a falling body, you may easily know the length of the Jactus or shot, and the time it will spend in passing that length.

This is found by comparing the time of its ascent with the time of the descent of heavy bodies. The ascent of any body is easily known by comparing its Velocity with the Angle of Inclination.

Let ab then in the fifth Figure represent 16 foot, or the space descended by a heavy body in a second minute of time. If a body be shot from b , in the Line bf with a Velocity as much swifter than that equal motion of 16 foot in a second, as this Line bf is longer than ab the body shall fall at e ; for in the same space of time that the oblique equal motion would make it ascend from bd to ac , will the accelerated direct motion downward move it from ac to bd , and therefore at the end of the space of one second, when the motions do equal and balance each other, the body must be in the

atirada com o triplo, quádruplo, quántuplo, sêxtuplo, etc. da primeira velocidade, a mola deverá tocar no solo quase no triplo, quádruplo, quántuplo, sêxtuplo, etc., da primeira distância. Não precisarei de explicar por que razão se move numa parábola, pois isso já foi suficientemente demonstrado por muitos outros.⁶⁷

Se o corpo for lançado pela mola no chão, mas disparado num dado ângulo para cima, sabendo a velocidade com que o mesmo se move, e com que inclinação relativamente perpendicular, é direcionado, bem como a verdadeira velocidade de um corpo em queda, será fácil saber o comprimento do *factus* ou lançamento e o tempo que demorará a passar por esse comprimento.

Isto pode ser deduzido comparando o tempo da subida com o tempo de descida dos corpos pesados. A velocidade de subida de qualquer corpo é facilmente conhecida comparando a sua velocidade com o ângulo de inclinação.

Então seja *ab*, na Fig. 5, 16 pés, ou seja, o espaço que um corpo pesado desce num segundo minuto de tempo. Se um corpo for disparado de *b*, na linha *bf*, com uma velocidade mais rápida do que 16 pés por segundo, como esta linha *bf* é maior do que *ab*, ele cairá em *e*; pois no mesmo espaço de tempo em que o movimento igual oblíquo o faria subir de *bd* para *ac*, o movimento direto acelerado para baixo movê-lo-á de *ac* para *bd* e, portanto, no fim do espaço de um segundo, quando os movimentos se balançam recípro-

67 Nomeadamente Galileu.

same Horizontal Line in which it was at first, but removed asunder by the space be , and for the points it passeth through in all the intermediate spaces this method will determine it.

Let the Parallelogram $abpq$ then represent the whole Velocity of the ascent of a body by an equal motion of 16 foot in a second, and the Triangle pqr represent the whole Velocity of the accelerated descending motion, pb is then the Velocity with which the body is shot, and p is the point of rest where the power of Gravity begins to work on the body and make it descend. Now drawing Lines parallel to aqr , as stu , st gives the Velocity of the point t ascending, and tu the Velocity of the same point t descending.

Again, $pbst$ signifies the space ascended, and ptu the space descended, so that subtracting the descent from the ascent you have the height above the Line bd , the consideration of this, and the equal progress forwards will give the intermediate Velocities, and determine the points of the Parabola.

Now having the *factus* given by this Scheme or Scale, appropriated to the particular Velocity, wherewith any body is moved in this or that line of Inclination, it will be easie to find what Velocity in any Inclination will throw it to any length; for in any Inclination as the square of the Velocity thus found in this Scale for any inclination is to the square of any other Velocity, so is the distance found by this Scale to the distance answering to the second Velocity.

camente, o corpo deve estar na mesma linha horizontal em que estava no princípio, mas esticado ao longo do espaço bc . Este método determinará os pontos pelos quais passou em todos os espaços intermédios.

Seja o paralelograma $abpq$ uma representação de toda a velocidade de ascensão de um corpo por um movimento igual de 16 pés por segundo, e o triângulo pqr uma representação de toda a velocidade de aceleração ao descer, pb é então a velocidade à qual o corpo é atingido, e p é o ponto de repouso onde a força da gravidade começa a atuar sobre o corpo, fazendo-o descer. Agora, desenhando retas paralelas a aqr , como stu , st , tem-se a velocidade do ponto t ascendente, e tu a velocidade do mesmo ponto descendente.

De novo, $pbst$ significa o espaço de subida, e ptu o espaço de descida, de modo que, subtraindo a descida da subida, chega-se à altura acima da linha bd . Considerando esta e o progresso igual para frente, chegaremos às velocidades intermediárias e determinaremos os pontos da parábola.

Agora, tendo o *factus* estabelecido por este esquema ou escala, adaptado a cada velocidade, onde qualquer corpo é movido nesta ou naquela linha de inclinação, será fácil descobrir a velocidade a que, numa dada inclinação, se deverá lançar o corpo para que este atinja um determinado comprimento pois, em qualquer inclinação, o quadrado da velocidade que se encontre representado na escala para qualquer inclinação, está para o quadrado de qualquer outra

I have not now time to inlarge upon this speculation, which would afford matter enough to fill a Volume, by which all the difficulties about impressed and received motions, and the Velocities and effects resulting would be easily resolved.

(...)

velocidade como a distância representada na escala está para a distância correspondente a qualquer outra velocidade.

Não tenho agora tempo para me alongar nesta especulação que poderia ocupar um volume. Creio ter deixado informação suficiente para que todas as dificuldades sobre movimentos forçados e recebidos, efeitos resultantes e velocidades possam ser facilmente resolvidas.

(...)

REFERÊNCIAS

FONTES PRIMÁRIAS:

- Descartes, René. [1644] 2016. *Princípios de Filosofia*. Traduzido por João Gama. Coimbra: Edições 70
- Hooke, Robert. 1665. *Micrographia: or some Physiological Descriptions of Minute Bodies*. London: Jo. Martyn e Ja. Allestry, printers to the Royal Society
- Hooke, Robert. 1666. *On the inflection of a direct motion into a curve by supervening Attractive principle*. Royal Society Library: RB/1/20/341666
- Hooke, Robert. 1674. *An attempt to prove the motion of the Earth from Observations*. London: Printed by T. R. for John Martyn Printer to the Royal Society at the Bell in St Pauls Church yard
- Hooke, Robert. 1676. *A description of Helioscopes, And some other instruments*. London: Jonh Martyn, printer to the Royal Society
- Hooke, Robert. 1678. *Lectures de Potentia Restitutiva or Of Spring: Explaining the Power of Springing Bodies*. London: Jonh Martyn, printer to the Royal Society in St. Pauls Church Yard
- Hooke, Robert. 1705. *The Posthumous Works of Robert Hooke: containing his Cutlerian Lectures and other Discourses*. London: Sam Smith and Benj. Walford, printers to the Royal Society at the Princes Arms in St. Pauls Church Yard
- Huygens, Christiaan. 1977. "The motion of Colliding Bodies". *Isis* 68(4):574-597. Traduzido por Richard J. Blackwell. Chicago: The University of Chicago Press on behalf of The History of Science Society

FONTES COMPLEMENTARES:

- Bertoloni Meli, Domenico. 2006. *Thinking With Objects – The Transformation of Mechanics in the Seventeenth Century*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press

- Centore, FF. 1970. *Robert Hooke's Contributions to Mechanics*. The Hague: Martinus Nijhoff
- Chapman, Allan. 2005. *England's Leonardo – Robert Hooke and the Seventeenth-Century Scientific Revolution*. Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing
- Drake, Ellen Tan. 1996. *Restless Genius – Robert Hooke and His Earthly Thoughts*. New York: Oxford University Press
- Gal, Ofer. 2005. "The Invention of Celestial Mechanics", *Early Science and Medicine* 10(4): 529-534
- Gouk, Penelope. 2006. "The role of acoustics and music theory in the scientific work of Robert Hooke", *Annals of Science* 37(5):573-605
- Hecht, Eugene. 2021. "The true story of Newtonian gravity", *American Journal of Physics* 89: 683- 692
- Hesse, Mary B. 1962. *Forces and Fields – The concept of Action at Distance in the History of Physics*. New York: Dover Publications
- Hunter, Michael; Schaffer, Simon (coord). 1989. *Robert Hooke – New studies*. Woodbridge: Boydell Press
- Jardine, Lisa. 2004. *The Curious Life of Robert Hooke: The Man Who Measured London*. London: Harper Perennial
- Koyré, Alexandre. 1952. "An Unpublished Letter of Robert Hooke to Isaac Newton", *Isis* 43: 312-337
- Newton, Isaac. [1687] 1999. *The Principia: Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Translated by Bernard Cohen; Anne Whitman. Berkeley: University of California Press
- Martin, D.C. 1960. "Sir Robert Moray, F.R.S (1608-1673)", *Notes and Records* 15:1
- Sacco, Francesco. 2020. *Real, Mechanical, Experimental: Robert Hooke's Natural Philosophy*. England: Springer
- Scott, J.F; Hartley, Harold. 1960. "William, Viscount Brouncker, P.R.S (1620-1684)." *Notes and Records*. 15:147-157
- Tinniswood, Adrian. 2019. *The Royal Society & The Invention of Modern Science*. Basic Books.
- Turnbull, Herbert Westren. 1960. *The correspondence of Isaac Newton V.II 1676-1687*. Cambridge: University Press for the Royal Society.
- Westfall, Richard. 2007. *The Life of Isaac Newton*. Cambridge: Cambridge University Press
- Westfall, Richard. 1967. "Hooke and The Law of Universal Gravitation: A Reappraisal of a Reappraisal." *The British Journal for the History of Science*, 3 (3):245-261

ILUSTRAÇÕES:

As ilustrações que acompanham a tradução pertencem ao exemplar do texto original de Robert Hooke disponibilizado pelo repositório da Carnegie Mellon University e inserido na Posner Memorial Collection. Este exemplar encontra-se em acesso aberto e dispõe de uma licença Creative Commons.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Ricardo Lopes Coelho agradeço a supervisão da minha tese de mestrado em torno do trabalho de Robert Hooke, assim como as sugestões acerca da presente edição. O seu forte sentido crítico e pedagógico desempenhou um papel significativo no meu desenvolvimento académico. Gostaria ainda de agradecer o seu pertinente contributo nesta edição: "Porquê ler Hooke?".

Ao Professor Carlos Fiolhais agradeço não só a revisão completa deste trabalho, mas também o seu enriquecimento por meio de um generoso prefácio que realça a distinção do trabalho de Hooke.

Agradeço também a todos aqueles que, na esfera pessoal, me têm acompanhado: ao Augusto, à Catarina, à Débora, ao João, à Margarida, à Maria, ao Pedro, à Sara e à Silvana. À Maria Cintra devo um agradecimento especial pela verificação da tradução, e à Sara Coelho agradeço o apoio na revisão textual. Ao João Amorety agradeço a leitura do primeiro rascunho da tradução. Ao Pedro Carvalho e à Débora Duarte agradeço e restituo a força destes dias.

Finalmente, agradeço à Fundação para a Ciência e Tecnologia e à Academia das Ciências de Lisboa pela atribuição de uma bolsa de doutoramento [FCT/ACL PRT/BD/154421/2022] que tem permitido a prossecução deste caminho em torno da História e Filosofia das Ciências. A respeito do projeto de doutoramento em desenvolvimento, deixo ainda um agradecimento aos meus atuais orientadores: à Professora Cristina Abranches Guerreiro, ao Professor Henrique Leitão e ao Professor Luís Tirapicos.

Hooke foi, portanto, um génio. É um pequeno texto de um grande génio que o leitor encontrará a seguir. Vá ler um texto genial, onde a observação, a experimentação e o raciocínio se cruzam, guiados por uma intuição criativa. O autor não via as partículas, que Demócrito na Grécia Antiga tinha imaginado, mas não hesitou em usá-las no seu modelo do mundo material. Ao ler este ensaio o leitor estará a assistir a um «passo de gigante» na história da física, ainda que o seu autor tivesse fisicamente uma pequena estatura.

CARLOS FIOLHAIS

tra
phi
cae

7