



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESTUDO SOBRE A RADIAÇÃO TÉRMICA

LUCAS MATHEUS ALVES GONTIJO

GOIÂNIA – GO
DEZEMBRO DE 2020

ESTUDO SOBRE A RADIAÇÃO TÉRMICA

LUCAS MATHEUS ALVES GONTIJO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como pré-requisito necessário para a obtenção da aprovação na disciplina MAF1319, TCC II, bem como para a conclusão do curso de Licenciatura Plena em Física. Monografia realizada sob a orientação do professor Dr. Clóves Gonçalves Rodrigues.

GOIÂNIA – GO
DEZEMBRO DE 202

Agradecimentos

Aos meus pais,
Luiz Antônio Gontijo e Marlene Alves de Souza pela vida que me foi dada e pelo apoio em momentos difíceis da minha vida.

Ao Professor Clóves Gonçalves Rodrigues pela orientação incrivelmente atenciosa e profissional.

Resumo

O conceito clássico de energia mecânica só foi completamente formulado na primeira metade do século XIX. Já o conceito clássico de energia térmica só foi completamente formulado no fim do século XIX, após o desenvolvimento da teoria eletromagnética de Maxwell. A procura do entendimento dos fenômenos do calor é que proporcionaram a construção e o desenvolvimento do conceito de energia térmica. Neste trabalho apresentamos a evolução do conceito de calor e radiação térmica ao longo do tempo, seguindo uma ordem cronológica e de evolução das ideias e dos princípios em questão. Para isto, foi realizada uma vasta pesquisa bibliográfica sobre o assunto. As principais equações, que são a base teórica da radiação térmica, foram deduzidas pelo formalismo da mecânica estatística e suas consequências analisadas.

SUMÁRIO

Capítulo 1 O Conceito Primordial do Calor	06
Capítulo 2 O Conceito de Calor: Flogístico	13
Capítulo 3 O Conceito de Calor: Calórico	16
Capítulo 4 O Conceito de Calor: Forma de Movimento	19
Capítulo 5 O Conceito de Calor: Radiação Térmica	21
Capítulo 6 Demonstração das Principais Equações da Radiação Térmica	31
Capítulo 7 Conclusão	43
Bibliografia	44
Apêndice A Distribuição de Boltzmann	45
Anexo: Biografia dos Principais Personagens Citados na Monografia	52

Capítulo 1

O Conceito Primordial do Calor

1.1 O Conceito de Energia Térmica

O conceito clássico de energia mecânica só foi completamente formulado na primeira metade do século XIX. Já o conceito clássico de energia térmica só foi completamente formulado no fim do século XIX, após o desenvolvimento da teoria eletromagnética de Maxwell. Esse conceito foi sendo construído à medida que se procurava entender os fenômenos caloríficos.

1.2 O conceito de calor: elemento fogo

Desde que Prometeu, segundo conta a *Mitologia Grega*, criou o Homem do limo da terra e animou-o com o fogo roubado dos Deuses, os fenômenos caloríficos, de uma certa maneira, estavam ligados ao fogo, razão pela qual se procurou entendê-lo.

Na busca do elemento essencial (*arché*) na Natureza, os filósofos pré-socráticos tinham opiniões diferentes. Por exemplo, Tales de Mileto (c. 624-c. 546) acreditava ser a *água* tal elemento. Por outro lado, o *ar* seria esse elemento na concepção de Anaxímenes de Mileto (c. 570-c. 500), enquanto Xenófanes de Colofonte (c. 570-c. 480) afirmava ser a *terra*, e Heráclito de Éfeso (c. 540-c. 480) afirmava ser

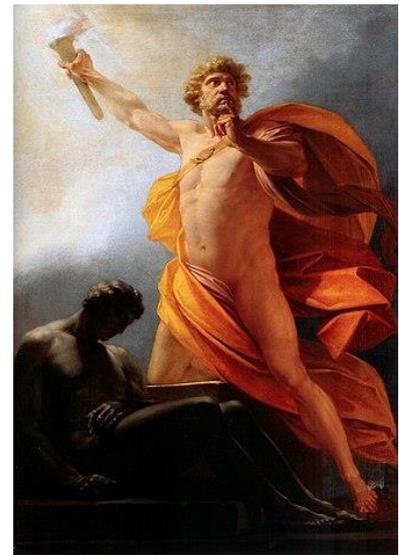


Figura 1.1 Prometeu leva o fogo à humanidade (por Heinrich Friedrich Füger, 1817).

o *fogo* a essência da Natureza. No entanto, para Empédocles de Akragas (atual Agrigento) (c. 490-c. 430), esses quatro elementos (água-ar-terra-fogo) é que seriam os elementos naturais, uma vez que a combinação adequada deles é que formaria todas as coisas.

Para os filósofos pré-socráticos, a *arché* ou *arqué* (em grego antigo: ἀρχή), seria o elemento que deveria estar presente em todos os momentos da existência de todas as coisas do mundo. Nesta linha destacamos os seguintes filósofos:

- **Tales de Mileto: a água**

Para Tales de Mileto, a arché seria a água. Jostein Gaarder observa que provavelmente ao visitar o Egito, Tales observou que os campos ficavam fecundos após serem inundados pelo Nilo. Tales então viu que o calor necessita de água, que o morto resseca, que a natureza é úmida, que os germens são úmidos, que os alimentos contêm seiva, e concluiu que o princípio de tudo era a água. É preciso observar que Tales não considerava a arché água como nosso pensamento de água líquida, e sim, na água em todos os seus estados físicos. Tudo, então, seria a alteração dos diferentes graus desta. Aristóteles atribuiu a Tales a ideia de uma causa material como origem de todo o universo.

“... a água é o princípio de todas as coisas...”

- **Anaximandro de Mileto: o Ápeiron**

Rudini observa que Anaximandro tinha um argumento contra Tales: o ar é frio, a água é úmida, e o fogo é quente, e essas coisas são antagônicas entre si, portanto o elemento primordial não poderia ser um dos elementos visíveis, teria que ser um elemento neutro, que está presente em tudo, mas está invisível. Anaximandro foi um dos pré-socráticos que mais se diferenciou na sua concepção da arché por não a ver como um elemento determinado, material. Considerava o *infinito* como o princípio das coisas, e o chamou de Éter. Considerava, então, que o limitado não poderia ser a origem das coisas limitadas. Explica que: as coisas nascem do infinito através de um processo de separação dos contrários (seco-úmido). Anaximandro ainda afirmaria que os primeiros animais nasceram no elemento líquido e, pouco a pouco, vieram para o ambiente seco, mudando o seu modo de viver por um processo de adaptação ao ambiente, o que é extremamente coerente com as teorias evolucionistas de Charles Darwin.

“... o ilimitado é imortal e indissolúvel...”

- **Anaxímenes de Mileto: o ar**

Anaxímenes de Mileto, discípulo de Anaximandro, discorda de que os contrários podem gerar várias coisas. Colocou o ar como Arché, porque o ar, melhor que qualquer outra coisa, se presta às variações, e também devido à necessidade vital deste para os seres vivos. A rarefação e condensação do ar formam o mundo. A alma é ar, o fogo é ar rarefeito; quando acontece uma condensação, o ar se transforma em água, se condensa ainda mais e se transforma em terra, e por fim em pedra. Destacou-se por ser o primeiro a fornecer a causa dinâmica que faz todas as coisas derivarem do princípio uno (condensação e rarefação).

“... do ar dizia que nascem todas as coisas existentes, as que foram e as que serão, os deuses e as coisas divinas...”

- **Xenófanes de Cólofon: a terra**

O elemento primordial para Xenófanes é a terra, através do elemento terra desenvolve sua cosmologia. Sua filosofia tinha sua lógica, pois, afinal, tudo o que existe começa na terra e tudo volta para a terra, tanto animais quanto plantas. Apesar de tudo, ainda temos aqueles que acreditam que a água seja o começo e questionam o porquê da terra como justificativa, se a maior parte do planeta era feita de água. Tal questão era respondida com a justificativa de que o fundo do oceano era feito de terra.

“... tudo sai da terra e tudo volta à terra...”

- **Heráclito de Éfeso: o fogo**

Heráclito atribuiu o fogo como princípio de todas as coisas. “O fogo transforma-se em água, sendo que uma metade retorna ao céu como vapor e a outra metade transforma-se em terra. Sucessivamente, a terra transforma-se em água e a água, em fogo”. Mas Heráclito era mobilista e afirmava que todas as coisas estão em movimento como um fluxo perpétuo. Ou seja, usa o fogo apenas como símbolo de todo este movimento. Heráclito imaginava a realidade dinâmica do mundo sob a forma de fogo, com chamas vivas e eternas, governando o constante movimento dos seres.

“... descemos e não descemos nos mesmos rios; somos e não somos...”

- **Pitágoras de Samos: o número**

Os pitagóricos interessavam-se pelo estudo das propriedades dos números – para eles o número (sinônimo de harmonia) era considerado como essência das coisas – é constituído então da soma de pares e ímpares, noções opostas (limitado e ilimitado) respectivamente, números pares e ímpares expressando as relações que se encontram em permanente processo de mutação. Teriam chegado à concepção de que todas as coisas são números.

“... o princípio das matemáticas é o princípio de todas as coisas...”

Os pitagóricos se dispersam e passam a atuar amplamente no mundo helênico, levando a todos os setores da cultura o ideal de salvação do homem e da polis através da proporção e da medida.

- **Empédocles de Agrigento: os quatro elementos**

Empédocles acreditava que a natureza possuía quatro elementos básicos, ou raízes: a terra, o ar, o fogo e a água. Não é certo, portanto, afirmar que “tudo” muda. Basicamente, nada se altera. O que acontece é que esses quatro elementos diferentes simplesmente se combinam e depois voltam a se separar para então se combinarem novamente. O que unia e desunia os quatro elementos eram dois princípios: o amor e o ódio. Os quatro elementos e os dois princípios seriam eternos e imutáveis, mas as substâncias formadas por eles seriam pouco duradouras. Jostein Gaardner afirma que talvez Empédocles tenha visto uma madeira queimar, alguma coisa aí se desintegra. Alguma coisa na madeira estala, ferve, é a água, a fumaça é o ar, o responsável é o fogo, e as cinzas são a terra. As verdades não seriam mais absolutas, como nos eleatas, mas proporcionais à medida humana. As coisas são imóveis, mas o que percebemos com os sentidos não é falso. Então, as duas forças atuariam nas substâncias, o amor e o ódio. O amor agiria como força de atração e união, o ódio como força de dissolução. Em quatro fases, existe a alternância dos dois. Estabelece um ciclo, com a tensão da convivência dessas forças motrizes.

- **Anaxágoras de Clazomena: as homeomerias**

Anaxágoras achava que a natureza era composta por uma infinidade de partículas minúsculas, invisíveis a olho nu. Assim, em tudo existia um pouco de tudo. Segundo Jostein Gaardner, de certa forma, nosso corpo também é construído dessa forma. Se retiro uma célula da pele de meu dedo, o núcleo desta célula contém não apenas a descrição da minha pele. Em cada uma das células existe uma descrição detalhada da estrutura de todas as outras células do meu corpo. Em cada uma das células existe, portanto, “um pouco de tudo”. O todo está também na menor das partes. Anaxágoras chamou as infinitas partículas de homeomerias, ou sementes invisíveis, que diferiam entre si nas qualidades. Todas as coisas resultariam da combinação das diferentes homeomerias.

“... todas as coisas estavam juntas, ilimitadas em número e pequenez, pois o pequeno era ilimitado ...”

- **Demócrito: os átomos**

Os atomistas seguiram a linha de que a natureza era composta por partículas infinitas. Diziam que tudo que realmente existia era constituído de átomos e de vazio (este último os espaços entre os átomos). Considera que nada pode surgir do nada, assim, os átomos eram eternos, imutáveis e indivisíveis. O que acontecia, era que eles eram irregulares e podiam

ser combinados para dar origem aos corpos mais diversos. Demócrito é considerado o mais lógico dos pré-socráticos. Convém acrescentar, contudo, que o suposto equívoco de Demócrito seria, grosso modo, um erro de nomenclatura dos descobridores do átomo. Ao teorizarem e, posteriormente, visualizarem a estrutura atômica, deram-lhe o nome de “átomo” em referência às ideias de Demócrito. O fato dessa estrutura ser composta e, portanto, divisível, deve-se mais a um erro de atribuição do que à má fundamentação da visão atomista.

Um dos pré-socráticos, Diógenes de Apolônia, explicou o raciocínio que levou os filósofos desse período à ideia de *arché*:

“[...] Todas as coisas são diferenciações de uma mesma coisa e são a mesma coisa. E isto é evidente. Porque se as coisas que são agora neste mundo - terra, água, ar e fogo e as outras coisas que se manifestam neste mundo -, se alguma destas coisas fosse diferente de qualquer outra, ele seria diferente e diferenciava sua natureza própria e se não permanecesse, então não permaneceria puro, e através disso descobriu que ocorreu muitas mudanças e diferenciações, então as coisas não poderiam, de nenhuma maneira, misturar-se umas as outras, nem fazer bem ou mal umas as outras, nem a planta poderia brotar da terra, nem um animal ou qualquer outra coisa vir a existência, se todas as coisas não fossem compostas de modo a serem as mesmas. Todas as coisas nascem, através de diferenciações, de uma mesma coisa, ora em uma forma, ora em outra, retomando sempre a mesma coisa.”

A concepção quaternária da Natureza foi defendida pelo filósofo grego Platão (c. 428-c. 348). Assim, em seu livro *Timeu* relacionou-os com os poliedros regulares pitagóricos da seguinte maneira: água-icosaedro, ar-octaedro, terra-hexaedro e fogo-tetraedro. Ainda para Platão, o quinto elemento pitagórico, o dodecaedro, simbolizava o Universo como um todo.

Um outro defensor da concepção quaternária da Natureza foi Aristóteles (c. 384-c. 322). No entanto para ele, os quatro elementos essenciais seriam os seguintes: *frio (tò psychrón)*, *quente (tò thermón)*, *úmido (tò hygrón)* e *seco (tò xerón)*. Os elementos empedoclianos eram decorrentes de uma combinação desses elementos. Assim, teríamos: *água*: frio-úmido; *ar*: quente-úmido; *terra*: frio-seco; *fogo*: quente-seco.

A ideia unitária da Natureza, também foi defendida pelos filósofos gregos Demócrito de Abdera (c.470-c. 380) e Leucipo de Mileto (c. 460-c. 370) ao afirmarem que todas as

coisas do Universo eram formadas por um único tipo de partícula – o átomo (indivisível, em grego) –, eterno e imperecível. Entretanto, para explicar as diversas propriedades das substâncias, admitiam que esses elementos primordiais diferiam geometricamente por sua forma e posição, e que, por serem infinitamente pequenos, só poderiam ser percebidos pela razão. Por exemplo, para esses atomistas, o fogo era constituído de átomos esféricos.

Assim como os gregos antigos, os chineses e os hindus também procuraram encontrar princípios básicos que pudessem explicar o Universo. Com efeito, para o filósofo chinês Zou Yan (360-c. 260) os elementos fundamentais do Universo eram: *água*, *metal*, *madeira*, *fogo* e *terra*. No entanto, esses elementos não eram considerados como meras substâncias, já que eram governados pelo dualismo básico dos princípios cósmicos do *yin* (terra, fêmea, passivo, absorvente) e do *yang* (céu, macho, ativo, penetrante).

Os filósofos hindus, por sua vez, acreditavam que os elementos primordiais do Universo eram manifestações da *alma* (*atman*) ou essência desse mesmo Universo. Assim é que, para esses filósofos, haviam cinco *elementos*-manifestações que se ligavam aos sentidos da seguinte maneira: *éter*-audição, *ar*-tato, *fogo*-visão, *água*-paladar e *terra*-olfato. Para um desses filósofos, Kanada, que floresceu nas primeiras décadas que antecederam a nossa era Cristã ou *Annus Dominus* (A.D.), os elementos empedoclianios eram feitos de átomos indestrutíveis.

A decadência do Império Romano do Ocidente, com sede em Roma, ocorria em 476 A.D., com a queda do imperador Rômulo Augusto, após a invasão germânica, e a invasão da Espanha, pelos mouros, em 711 A.D., fizeram crescer o Império Islâmico que havia sido construído pelo profeta Maomé (571-632) e seus seguidores. Para a construção desse Império, que se tornou o centro cultural do mundo a partir do século VIII A.D., foi importante, inicialmente, a tradução de textos gregos e hindus, seguida do desenvolvimento de uma ciência árabe que, por exemplo, introduziu uma ideia nova na concepção quaternária grega da Natureza. Assim, para o alquimista árabe Abu Musa Jabir Ibn Hayyan (Geber) (c. 721-c. 815), os quatro elementos empedoclianios combinavam-se para dar lugar apenas a dois: o *enxofre* e o *mercúrio*, sendo que o primeiro deles constituía o princípio da combustão (fogo). O segundo, por seu lado, estava ligado ao elemento líquido (água) e teria, também, o princípio das propriedades metálicas. Em suas experiências, Geber observou que a cal (hoje denominada óxido) que se forma na calcinação (terra) de um metal (chumbo, por exemplo) pesa mais que o próprio metal antes de ser queimado.

Muito mais tarde, o divulgador dessas ideias árabes no Ocidente, o médico alquimista suíço Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim (Paracelso) (1493-1541),

incorporou o sal como sendo o princípio da solidificação (terra) das substâncias. Contudo, a “não-conservação do peso” observada na combustão dos metais permanecia e, portanto, necessitava de uma explicação.

Capítulo 2

O Conceito de Calor: Flogístico

Em 1669, o químico alemão Johann Joachim Becher (1635-1682) publicou o livro intitulado *Física Subterrânea* no qual apresentou a ideia de que os sólidos eram classificados em três tipos de “terra”: *terra pinguis* ou *terra gordurosa* (combustível), *terra lapida* ou *terra vitrificável* (esta era equivalente ao “sal” paracelsiano), e *terra mercurialis* ou *terra mercurial*. Assim, para Becher, a combustão era devida à terra combustível (pinguis), já que era esse tipo de “terra” que se liberava quando uma substância se queimava.

Uma teoria mais geral das *terras combustíveis* foi formulada pelo médico e químico alemão Georg Ernst Stahl (1660-1734) no livro publicado em 1697, e intitulado “*Experimenta, observationes, animadvertiones Chymical et Physical*”, no qual chamou-as de *flogístico* (do grego *phlogiston*, que significa consumido pelo fogo).

Assim, para Stahl, a extração de um metal de sua cal metálica queimando-a com carvão de madeira se devia ao fato de que a cal retirava flogístico do carvão. Por outro lado, quando o metal era calcinado (hoje, oxidado) pela queima do carvão, ele perdia o seu flogístico. Por outro lado, para explicar por que os metais aumentavam de peso quando se calcinavam, isto é, quando perdiam flogístico, Stahl admitiu que este possuía a propriedade de leveza por ter *peso negativo*. Desse modo, Stahl elaborou uma teoria que explicava os fatos até então conhecidos de maneira extremamente clara, qual seja, a da levitabilidade do flogístico.

Apesar de suas contradições, o flogístico stahliano dominou o pensamento científico por todo o século XVIII, principalmente na Química, uma vez que os gases descobertos neste século tinham seu nome ligado ao flogístico. Por exemplo, em 1772, o químico escocês Daniel Rutherford (1749-1819) observou que no ar totalmente viciado pela respiração de ratos ou por sua queima havia, além do ar fixo, um outro ar irrespirável, denominado por ele de *ar flogisticado* (conhecido hoje como nitrogênio: N), já que não servia mais à respiração e à combustão, dois processos que dependem da emissão de flogístico. É oportuno destacar que o ar fixo (hoje conhecido como gás carbônico: CO₂) foi descoberto pelo químico escocês Joseph Black (1728-1799), em 1754, ao observar que a pedra de cal (conhecido hoje como carbonato

de cálcio: CaCO_3), sob a ação do calor, se transforma na cal viva (hoje chamado de óxido de cálcio: CaO) e desprende um gás que, ao se combinar novamente com esse óxido, reproduz o carbonato.

Um outro tipo de gás relacionado com o flogístico foi descoberto pelo químico inglês Joseph Priestley (1733-1804), 1774, ao perceber o seu desprendimento, ao aquecer, com uma lente (“vidro ustório”), uma cal de cor vermelho-tijolo, resultante do aquecimento por mercúrio, cal essa denominada por ele de *mercurius calcinatus per se* (hoje denominado de óxido de mercúrio: HgO). Por outro lado, ao notar que a chama de uma vela colocada em um recipiente contendo aquele gás tornava-se extraordinariamente viva, chamou-o de *ar perfeito* ou *ar deflogisticado* (chamado hoje de oxigênio: O_2), uma vez que apresentava propriedades opostas às do ar flogisticado. Aliás, esse tipo de gás também havia sido descoberto pelo farmacêutico e químico sueco Karl Wilhelm Scheele (1742-1786), em 1772 (anunciado somente em 1777), ao aquecer determinados compostos, hoje ditos oxigenados. Como acreditava que esse tipo de “ar” favorecia a combustão, chamou-o de *ar de fogo* ou *ar empíreo*.

Uma outra questão também explicada pelo flogístico era a relacionada com composição da água. Com efeito, em 1781, ao explodir com uma centelha elétrica uma mistura de ar inflamável (hoje, hidrogênio: H_2) e o ar deflogisticado (hoje, O_2), Priestley observou que uma espécie de *orvalho* cobria a face interna da garrafa que continha essa mistura. No entanto, não deu muita atenção a esse fato dizendo apenas que o *ar comum deposita sua mistura quando flogisticado*. Ainda em 1781, o físico e químico inglês Henry Cavendish (1731-1810), ao repetir essa experiência de Priestley, percebeu que o “orvalho” era água pura. Contudo, partidário do flogístico stahlian e crente na concepção quaternária grega da Natureza, Cavendish não admitiu a ideia natural de que a água era uma substância composta formada pelo ar deflogisticado (O_2) e pelo ar inflamável

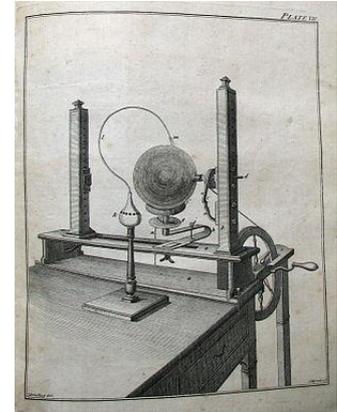


Figura 2.2 Máquina elétrica de Priestley para amadores experimentalistas, ilustrada na primeira edição de *Familiar Introduction to Electricity* (Introdução Familiar à Eletricidade, em português) (1768), que ele comercializou sem sucesso com seu irmão Timothy.



Figura 2.3 Cavendish. Nascimento: 10 de outubro de 1731, Nice; Morte: 24 de fevereiro de 1810 (78 anos), Londres.

(H₂), e sim que tais ares eram, respectivamente, o elemento água sem e com flogístico, segundo afirmou em 1784.

Capítulo 3

O Conceito de Calor: Calórico

A teoria do flogístico começou a ser questionada pelo químico francês Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), em experiências realizadas sobre a combustão, a partir de 1772. Nessas experiências, formulou a hipótese de que as substâncias ganham peso ao serem queimadas, porque absorvem uma espécie de “ar”, o *ar deflogisticado* descoberto independentemente, por Scheele (1772-1777) e Priestley (1774), conforme vimos no Capítulo 2, e denominado de oxigênio (gerador de ácido), pelo próprio Lavoisier, em 1777. Nessa ocasião, ele atribuiu a causa do calor a um “fluido imponderável” e denominou de *Matière du feu* (*matéria de fogo*) que, dependendo de sua quantidade, formava um dos três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. Destaque-se que a matéria de fogo lavoisieriana só recebeu o nome de *calórico* no livro intitulado “*Método da Nomenclatura Química*”, publicado em 1787, por Lavoisier e pelos químicos franceses Conde Antoine François Fourcroy (1755-1809), Conde Claude Louis Berthollet (1748-1822) e Barão Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816).

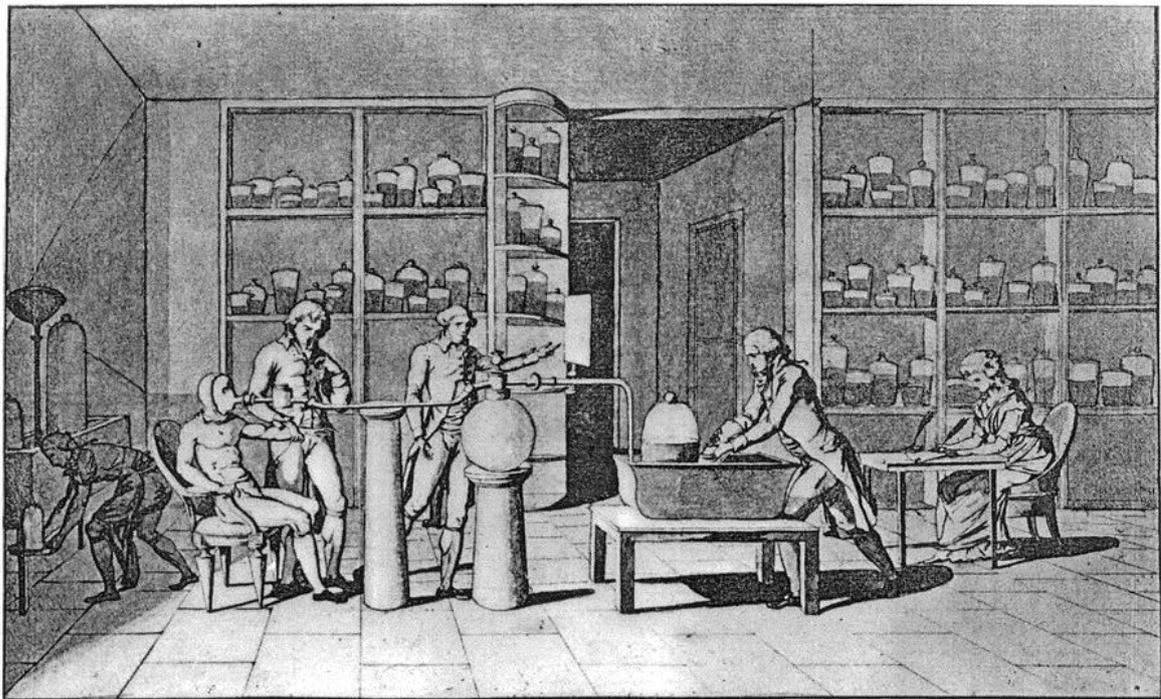


Figura 3.1: Madame Lavoisier (à direita) ajudando o marido em sua pesquisa científica da respiração humana.

A teoria do calórico, este considerado como um fluido imponderável que era capaz de penetrar em todo o espaço e fluir através das substâncias, foi bastante desenvolvida por Lavoisier em seu famoso livro “*Tratado Elemental de Química*”, publicado em 1789. Aliás, nesse livro, Lavoisier utiliza a ideia que tivera, em 1783, de que a água era composta de hidrogênio e oxigênio, bem como formulou de maneira clara e precisa a sua famosa lei da conservação da matéria: *Na Natureza nada se perde e nada se cria, há somente alterações e modificações* (o princípio da conservação da matéria foi enunciado pelo cientista russo Mikhail Lomonossov 14 anos antes de Lavoisier)¹, base de sua *teoria da combustão*. Observe-se que, embora Lavoisier havia mostrado que a água não era um dos elementos gregos primordiais da Natureza, sua estrutura química atual, ou seja, H_2O , só ficou evidenciada com a hipótese apresentada, em 1811, pelo físico italiano Conde Amedeo Avogadro (1776-1856), sobre a distinção entre *átomo* e *molécula*, corroborando, desse modo, a ideia que Gassendi tivera, em 1647, sobre essa distinção.

A ideia de perda ou de ganho de uma “partícula ígnea”, muito utilizada pelos defensores do flogístico, também foi a base dos defensores do calórico, uma vez que os cientistas do final do século XVIII e das primeiras décadas do século XIX achavam que a adição e a subtração do calórico lavoisieriano explicava, respectivamente, a expansão e a contração térmicas, isto é, o aumento e a diminuição da temperatura dos corpos. Contudo, uma observação experimental realizada pelo físico francês Jean André Deluc (1727-1817), em 1776, sobre a

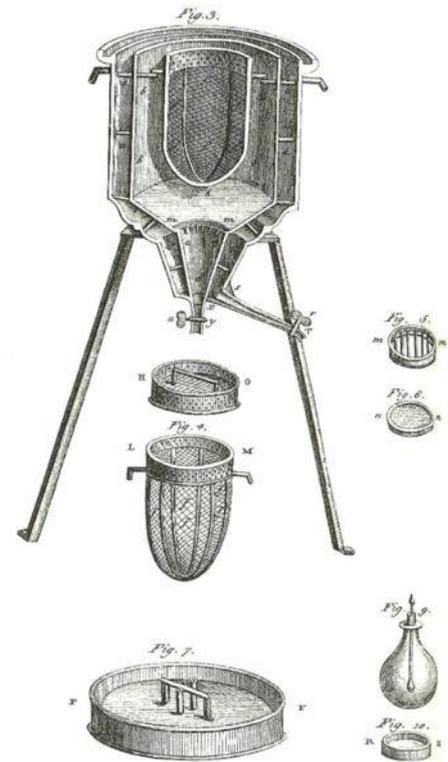


Figura 3.2 Ice-calorímetro de Lavoisier.

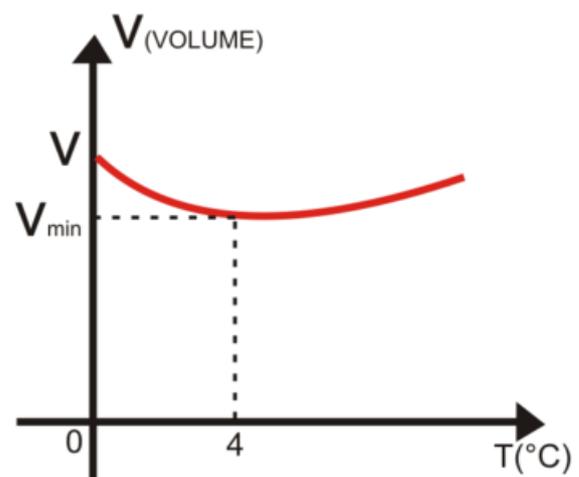


Figura 3.3 Dilatação anômala da água.

¹ A lei da conservação das massas foi publicada pela primeira vez em 1760, em um ensaio de Mikhail Lomonosov. No entanto, a obra não repercutiu na Europa Ocidental, cabendo ao francês Antoine Lavoisier o papel de tornar mundialmente conhecido o que hoje se chama lei de Lavoisier.

dilatação irregular da água (veja Fig. 3.3), não se enquadrava naquela explicação, uma vez que, quando a temperatura da água diminui a partir de 4°C , seu volume aumenta ao invés de diminuir. Além do mais, não se conseguia “pesar” esse fluido.

Capítulo 4

O Conceito de Calor: Forma de Movimento

Além da ideia de um fluido imponderável como sendo responsável pelos fenômenos caloríficos, uma outra ideia, tão antiga quanto aquela, foi ainda apresentada para explicar esses mesmos fenômenos. Com efeito, o filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626), em 1620, afirmou ser o calor *uma forma de movimento*. Essa afirmativa foi defendida pelos também ingleses, os físicos Robert Boyle (1627-1691) e Robert Hooke (1653-1703), em 1665, e o filósofo John Locke (1631-1704), em 1722. Mais tarde, em 1740, o cientista russo Mikhail Vasilyevich Lomonosov (1711-1765) afirmou: *A causa do calor e do frio era devida ao movimento mútuo de diminutas e imperceptíveis partículas*. Essa ideia seria retomada pelo físico anglo-norte-americano Sir Benjamin Thompson, Conde Rumford (1753-1814), conforme veremos em continuação.

Estimulado pelas experiências do médico inglês George Fordyce (1736-1802), realizadas em 1785, com o objetivo de saber se havia qualquer mudança de peso quando a água é congelada, Rumford realizou experiências semelhantes a partir de 1787. Assim, em uma dessas experiências, tomou dois frascos idênticos e colocou neles água e mercúrio, respectivamente, depois de lacrá-los, pesou-os com cuidado nas temperaturas 61° F e 30° F. Ora, como esses dois líquidos têm calores específicos bastante diferentes, se o calórico tivesse peso, Rumford esperava encontrar diferença nas duas medidas; porém não encontrou nenhuma diferença.

Com o objetivo de testar a teoria do calórico, Rumford continuou a realizar experiências. Uma primeira desconfiança dessa teoria ele teve quando era Ministro da Guerra, na Baviera. Ao inspecionar a fabricação de canhões de bronze, observou que os blocos desse metal tornavam-se incandescente à medida que a broca os perfurava; e mais ainda, que o bronze continuava a esquentar mesmo que a broca estivesse cega. Ora, segundo aquela teoria, o bronze esquentava-se ao receber o calórico da broca, uma vez que esta, quando afiada, não tinha capacidade de retê-lo, transferindo-o, portanto, ao canhão. Assim, como explicar que o canhão se esquentava mesmo quando a broca não apresentava mais fio? Convencido de que o calor era gerado devido à fricção, Rumford realizou a seguinte experiência. Mergulhou na água um canhão a ser perfurado, a fim de que o calor produzido pela broca passasse a esse

líquido. Em seguida, atrelou uma parelha de cavalos ao eixo da broca (Fig. 3.1), fazendo-a girar. Depois de mais de duas horas e meia girando a broca, o movimento dos cavalos havia fervido a água da mesma maneira que a broca fizera ao perfurar o canhão. Em vista disso, em trabalhos publicados em 1798 e 1799, Rumford escreveu, em resumo, que: *O calor é uma forma de movimento, e não tem peso*. Conclusão semelhante a essa foi obtida pelo químico inglês Sir Humphry Davy (1778-1829) ao realizar, ainda em 1799, experiências sobre a produção de calor por atrito.

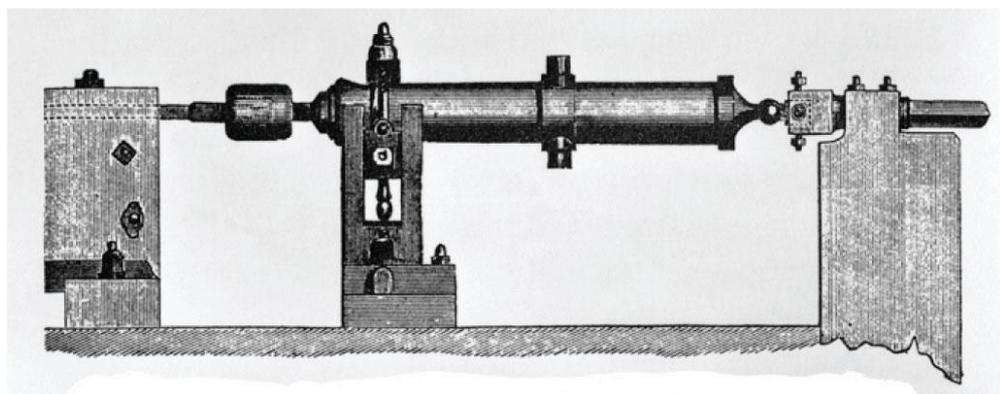
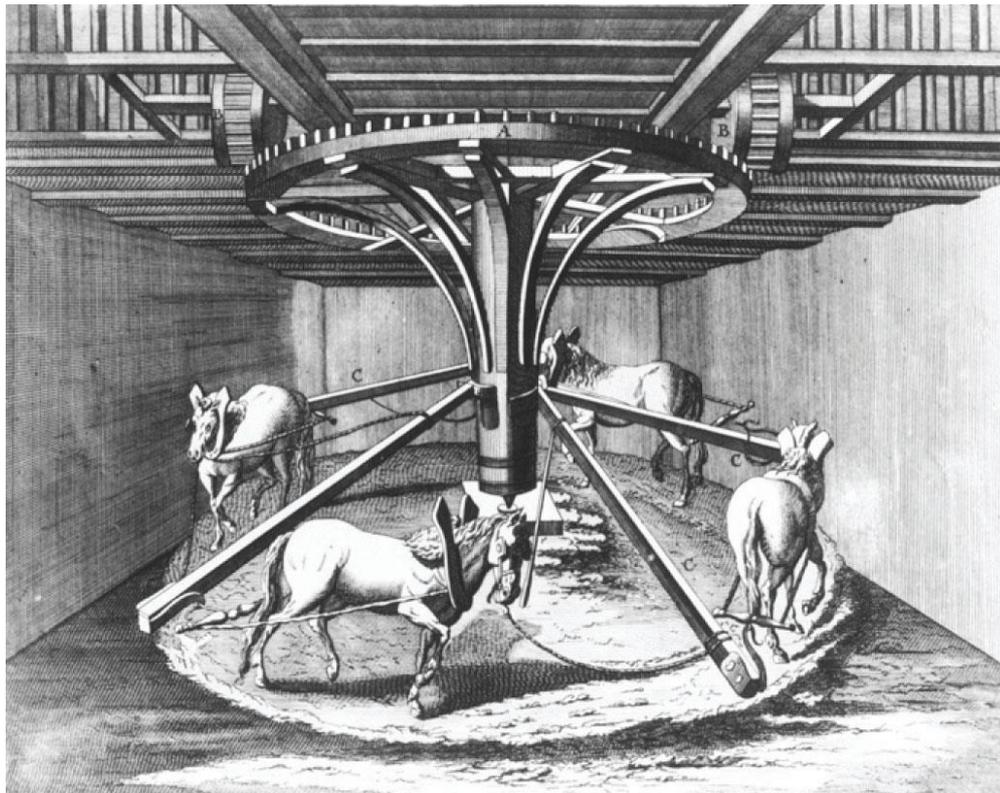


Figura 3.1

Capítulo 5

O Conceito de Calor: Radiação Térmica

Apesar das evidências apontadas pelas experiências de Rumford e Davy sobre a natureza mecânica do calor, realizadas no final do século XVIII e relatadas no capítulo anterior, o calórico ainda seria utilizado para explicar essas e outras experiências, nas primeiras décadas do século XIX, conforme veremos mais adiante. Antes, vejamos algumas evidências sobre um outro aspecto daquela natureza, ou seja, o aspecto da radiação apresentado pelo calor.

Em 1792, o físico suíço Pierre Prévost (1751-1839) publicou o livro intitulado “*Pesquisas Físico-Mecânicas sobre o Calor*” no qual apresentou a hoje conhecida lei das trocas de Prévost: *Um corpo deve receber tanto calor quanto pode irradiar*. Um pouco depois, em 1800, o astrônomo alemão Sir William Herschel (1738-1822) realizou experiências nas quais observou que as temperaturas das cores do espectro solar (veja Fig. 5.1), obtidas com um termômetro enegrecido, aumentavam à medida que se aproximavam da extremidade vermelha do espectro, sendo que a temperatura mais alta se encontrava além do vermelho, fato que o levou a apresentar a hipótese dos *raios infravermelhos* que, inclusive, podiam ser refletidos e refratados como se fossem raios luminosos, conforme Herschel mostrou em novas experiências. É interessante ressaltar que, logo em 1801, o físico alemão Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) descobriu a presença de raios invisíveis além do violeta no espectro solar, os chamados *raios ultravioletas*.

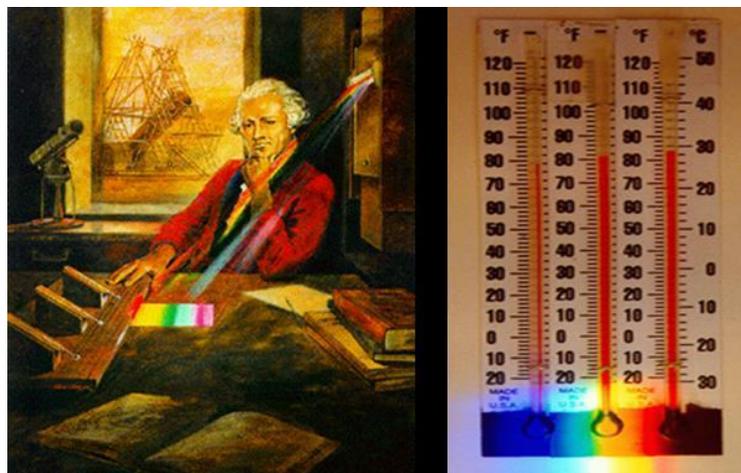


Figura 5.1 Experiência de William Herschel.

O aspecto da radiação apresentado pelo calor e observado por Prévost, também foi objeto de estudo por parte de Rumford e de outros físicos no primeiro quartel do século XIX. Assim em 1804, para demonstrar que o calor se propagava no vácuo, Rumford colocou

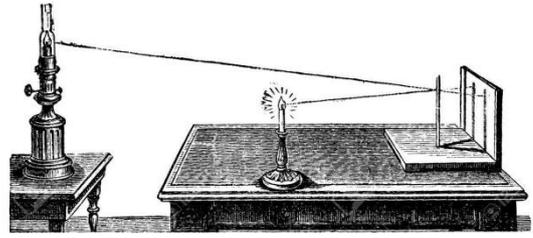


Figura 5.2 Tipos de sombras do fotômetro Rumford, (Industrial encyclopedia E. -O. Lami – 1875).

um termômetro no interior de um balão rarefeito, e o levou, fechado, a um recipiente com água quente. Ao submergi-lo, observou uma pequena alteração na temperatura do termômetro. Em outros tipos de experiências, registrou que a temperatura de um corpo enegrecido se relacionava com a intensidade da radiação solar, e que as superfícies que irradiavam calor mais fracamente eram aquelas que o refletiam mais intensamente.

Ainda no ano de 1804, novas experiências sobre a radiação calorífica foram realizadas pelo físico e matemático escocês Sir John Leslie (1766-1832), obtendo resultados semelhantes aos de Rumford. Por seu lado, e também em 1804, o físico francês Jean Baptiste Biot (1774-1862) estudou a condução do calor em barras metálicas, ocasião em que fez a distinção entre radiação interna e externa.

Em 1807, o matemático francês Barão Jean Baptiste Fourier (1768-1830) estudou a difusão do calor em corpos de formas especiais. Em 1809, Prévost observou que se dois corpos recebem diferentes quantidades de calor, a sua emissão será diferente. Em 1811, Fourier estudou a difusão do calor em corpos infinitos. Em 1816, Biot mediu o fluxo de calor em barras metálicas. Por fim, em 1822, Fourier publicou seu famoso livro intitulado “*Teoria Analítica do Calor*”, no qual apresentou sua famosa equação da difusão do calor. Em notação matemática atual:

$$\Delta T(\vec{r}, t) + \frac{1}{\kappa} \frac{\partial T(\vec{r}, t)}{\partial t} = 0 \quad (5.1)$$

onde T é a temperatura do material e κ a sua condutividade térmica.

É oportuno salientar que, antes, em 1814, o físico alemão Joseph von Fraunhofer (1787-1826) observou a presença de linhas escuras no espectro solar, as famosas raias de Fraunhofer (veja Fig. 5.3). O espectro emitido por um átomo quando é aquecido, é discreto, que contém apenas alguns raios. Em seguida, aparece listras coloridas (linhas de emissão) em um fundo preto. Por outro lado, a luz do sol branco parcialmente absorvida (linhas de absorção) por os átomos aquecidos, mostra em menor intensidade de luz para os mesmos comprimentos de onda que esses comprimentos de emissão. Após a dispersão da luz absorvida, aparecem listras escuras ou pretas sobre um fundo iridescente (espectro de

Fraunhofer, acima). Estas propriedades das moléculas e átomos são visíveis, não só no espectro visível, mas também em toda a radiação de ondas de rádio a ondas gama.



Figura 5.3 Selo alemão comemora o 200º aniversário do nascimento de Fraunhofer (Alemanha, 1987).

Conforme dissemos anteriormente, a ideia do calórico foi utilizada para explicar os fenômenos caloríficos e, principalmente, os três estados apresentados pela matéria. Desse modo, em 1817 e 1820, J. B. Emmett propôs que o átomo era envolvido por uma atmosfera de calórico cuja densidade diminuía mais rapidamente do que a intensidade da força gravitacional newtoniana (1665). Assim, enquanto a gravidade atraía os átomos, a atmosfera calórica causava repulsão entre eles. Se a atração suplantasse a repulsão, teríamos o estado sólido, se igualasse, resultaria o estado líquido, e se fosse inferior, decorria o estado gasoso. Observe-se que a repulsão calórica obedecia a uma lei logarítmica análoga à lei da atmosfera proposta pelo astrônomo inglês Edmund Halley (1656-1742), em 1686. Observe-se, também, que uma das previsões teóricas desse modelo, qual seja, a de que a dilatação de um corpo não é uma função uniforme da temperatura, foi confirmada experimentalmente pelos físicos franceses Pierre Dulong (1785-1838) e Alexis Petit (1791-1820), em 1818.

A teoria do calórico também seria utilizada pelo físico francês Nicolas Sadi Carnot (1796-1832) em seu famoso livro intitulado “*Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo e sobre as Máquinas Próprias para desenvolver essa Potência*”, publicado em 1824. Nesse livro, Carnot descreveu sua *máquina de calor* como uma máquina ideal, sem atrito, que realizava um ciclo completo, de modo que a substância usada – vapor, gás ou outra qualquer – é levada de volta aos eu estado inicial. Nesse ciclo, mais tarde denominado de *ciclo de Carnot*, o calórico era transformado em “força mecânica” e essa transformação dependia

apenas da diferença de temperatura entre a fonte quente (caldeira) e a fonte fria (condensador).

Muito embora Carnot, em uma série de notas escritas em 1832, ano de sua morte, procurasse comparar a “queda” do calórico em sua máquina com a queda da água de uma caixa com água, ou seja, procurasse determinar o que mais tarde seria conhecido como o *equivalente mecânico do calor J*, este só foi determinado nas experiências realizadas em 1842 e 1843, respectivamente, pelos ingleses, o médico Julius Robert Mayer (1814-1878) e o físico James Prescott Joule (1818-1889).

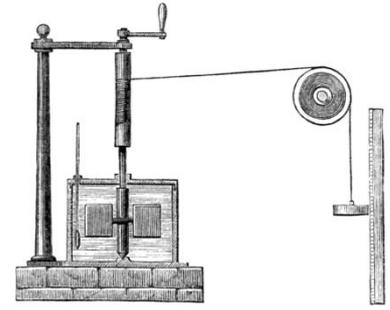


Figura 5.4 Aparato de Joule para a medição do equivalente mecânico do calor no qual o trabalho realizado pelo peso de um objeto em queda é convertido em calor transferido à água.

Ainda em 1843, o engenheiro dinamarquês Ludwig August Colding (1815-1888), ao determinar o *equivalente mecânico do calor J* estudando o atrito entre o latão e outros materiais, afirmou que: *Em todos os fenômenos naturais só se troca a forma de energia*. Essa forma inicial da *Lei da Conservação da Energia* seria completada pelo físico e fisiologista alemão Hermann von Helmholtz (1821-1894), em 1847, e é hoje conhecida como a *Primeira Lei da Termodinâmica*. É importante frisar que a produção de trabalho na máquina de Carnot foi mais bem compreendida graças aos trabalhos do físico alemão Rudolf Julius Clausius (1822-1888), principalmente quando, em 1865, introduziu o conceito de *entropia (S)*, e apresentou a formulação das *Leis da Termodinâmica*:

- Primeira lei: *A energia do Universo é constante.*
- Segunda lei *Segunda Lei: A entropia do Universo tende para um máximo.*

É oportuno lembrar que o físico austríaco Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906) apresentou, em 1877, uma interpretação probabilística para a entropia S .

Depois dessa rápida digressão sobre máquinas térmicas, voltemos à radiação calorífica. Um dos primeiros físicos preocupados em medir essa radiação foi o dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), em 1823. Contudo, somente em 1851, o físico sueco A. F. Svanberg (1806-1807) inventou o *bolômetro*, um tipo de termômetro para tal medição. Ao realizar experiências sobre a absorção e a emissão da radiação calorífica por uma placa de sal de rocha, o físico escocês Balfour Stewart (1828-1887), em 1858, concluiu que: *O poder emissor de cada espécie de substância é igual ao seu poder absorvor, para cada espécie de raio (comprimento de onda) do calor radiante.*

Novas experiências sobre a emissão (e) e a absorção (a) do calor por parte dos corpos foram realizadas, em 1859, pelo físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), ocasião em que deduziu que a relação entre essas grandezas é uma função do comprimento de onda (λ) da radiação emitida ou absorvida por um corpo que se encontra em uma temperatura T , ou seja: $(e/a)_\lambda = I(\lambda, T)$. Logo depois em 1860, ele introduziu o conceito de *corpo negro* ou *radiador integral*, como sendo um corpo que absorve toda a radiação que nele incide, isto é, $(e/a)_\lambda = 1$. Destaque-se que Kirchhoff achava que o resultado de suas pesquisas poderia explicar as raiais de Fraunhofer, observadas em 1814, referidas anteriormente.

Para o posterior entendimento da radiação térmica (calorífica) é oportuno, agora, destacar dois resultados que foram deduzidos pelo físico e matemático escocês James Clerk Maxwell (1831-1879). Assim, em 1860, ele demonstrou que as velocidades das moléculas de um gás são distribuídas segundo a lei das distribuições dos erros, desenvolvida pelo físico e matemático alemão John Karl Friedrich Gauss (1777-1855), em 1795. Segundo essa lei, a energia cinética das moléculas é proporcional à temperatura absoluta T . Essa lei foi generalizada por Boltzmann, em 1872, e hoje é conhecida como a *lei de Maxwell-Boltzmann*. O segundo resultado ocorreu em 1865, quando Maxwell mostrou que um distúrbio eletromagnético em um meio uniforme se propagava como uma onda, mais tarde conhecida como *onda eletromagnética*. E mais ainda, que, no vácuo, a velocidade de propagação dessa onda seria igual a velocidade da luz. Essa teoria eletromagnética foi desenvolvida por Maxwell e apresentada em seu famoso livro intitulado “*Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo*”, publicado em 1873; sua confirmação experimental deve-se ao físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894), ao produzir, em 1887, as primeiras ondas eletromagnéticas, chamadas de *ondas hertzianas*.

Um resultado importante sobre a radiação térmica foi conseguido pelo físico austríaco Josef Stefan (1835-1893) no ano de 1879. Assim, ao realizar experiências para determinar a velocidade com que os corpos se esfriam, ele mediu a área sob as curvas do espectro radiante e, em consequência dessa medida, chegou empiricamente à seguinte lei: $R \propto T^4$, onde R representa a intensidade da radiação (energia por unidade de área e por unidade de tempo) emitida por um corpo em uma dada temperatura T . Em linguagem atual, essa “lei de Stefan” é dada por:

$$R = \int_0^{\infty} I(\lambda, T) d\lambda \quad (5.2)$$

Essa lei representou um desafio aos cientistas no sentido de explicá-la. Portanto, a primeira coisa a se fazer era determinar a função $I(\lambda, T)$, já referida por Kirchhoff, em 1859,

conforme vimos anteriormente. Uma das primeiras tentativas para determiná-la foi a do físico alemão Eugen Lommel (1837-1899), ocorrida no ano anterior a essa lei, ou seja, em 1878, quando usou um modelo mecânico para descrever as vibrações térmicas de um sólido.

Uma das primeiras demonstrações matemáticas da *lei de Stefan* foi realizada por Boltzmann ao considerar, em 1884, a radiação eletromagnética no interior de um corpo negro como um gás. Para isso, ele usou a termodinâmica de Carnot e a teoria eletromagnética de Maxwell. Desse modo, Boltzmann mostrou que $R = \sigma T^4$, onde σ passou a ser conhecida como a *constante de Stefan-Boltzmann*. Registre-se que essa demonstração foi feita sem o conhecimento da função $I(\lambda, T)$.

O entendimento do espectro da radiação do corpo negro dificultou-se um pouco mais quando, em 1886, o físico e astrônomo norte-americano Samuel Pierpont Langley (1834-1906) começou a realizar medidas com o bolômetro que havia construído, em 1878. Assim, ao medir a intensidade da radiação solar na região de vários comprimentos de onda, inclusive a região infravermelha, e da radiação emitida pelo cobre quente, ele observou o deslocamento do máximo da intensidade de cada radiação com o aumento de temperatura. Essa observação experimental foi demonstrada matematicamente pelo físico alemão Wilhelm Wien (1864-1938), em 1893, e hoje conhecida como a *lei do deslocamento de Wien*: $T \cdot \lambda_{max} = constante$.

Muito embora o físico alemão Vladimir Alexandrovich Michelson (1860-1927) tivesse, em 1888, usado a distribuição de velocidades maxwellianas para determinar $I(\lambda, T)$, uma primeira determinação empírica dela foi realizada, em 1896, nos trabalhos independentes de Wien e do físico alemão Louis Paschen (1865-1940), nos quais encontraram a seguinte expressão:

$$I(\lambda, T) = c_1 \lambda^{-5} \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) \quad (5.3)$$

onde c_1 e c_2 são constantes.

Neste momento, é interessante ressaltar um resultado teórico obtido pelo físico e matemático inglês Sir Joseph J. Larmor (1857-1942) que foi importante para explicar, fenomenologicamente, a radiação térmica. Com efeito, em 1897, Larmor demonstrou que uma carga elétrica acelerada irradiava ondas eletromagnéticas. Assim, a radiação térmica seria decorrente da aceleração das cargas elétricas próximas à superfície de um corpo em processo de agitação. No entanto, o fato de ser contínuo o espectro emitido por um corpo a uma dada temperatura deve-se ao modo aleatório como aquelas cargas são aceleradas.

A busca por uma função $I(\lambda, T)$ que se ajustasse aos resultados experimentais prosseguiu com os trabalhos do físico inglês John William Strutt, Lord Rayleigh (1842-1919). Assim, em junho de 1900, ele observou que a *fórmula de Paschen-Wien* só se aplicava a pequenos comprimentos de onda, ou seja, para $\lambda \cdot T \ll 1$. Em vista disso, ao considerar a intensidade da radiação térmica como proporcional aos tons normais de vibração dos osciladores moleculares que compõem as paredes do corpo negro, Rayleigh obteve uma nova expressão para $I(\lambda, T)$, qual seja:

$$I(\lambda, T) = c'_1 T \lambda^{-4} \exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) \quad (5.4)$$

onde c'_1 e c_2 são ainda constantes.

Contudo, essa *fórmula de Rayleigh* só valia para $\lambda \cdot T \gg 1$, conforme foi demonstrado, experimentalmente, pelos físicos alemães Heinrich Leopold Rubens (1865-1922) e Ferdinand Kurlbaum (1857-1927), em outubro de 1900. Como essa fórmula divergia para $\lambda \cdot T \ll 1$, ou seja, para altos valores de frequências da radiação, tal resultado ficou conhecido como a “*catástrofe do ultravioleta*”.

A solução para esse impasse começou ainda em outubro de 1900. Mais precisamente no dia 19 desse mês, o físico alemão Max Karl Planck (1858-1947) apresentou à *Sociedade de Física de Berlim* um trabalho no qual discutiu as fórmulas empíricas de Paschen-Wien e de Rayleigh para a curva de radiação do corpo negro. Contudo, como a primeira delas (de Paschen-Wien) falhava para $\lambda \cdot T \gg 1$ e a segunda (de Rayleigh) se ajustava com essa curva, Planck fez uma interpolação entre as duas, chegando heurísticamente à seguinte expressão:

$$I(\lambda, T) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{\exp\left(-\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1} \quad (5.5)$$

onde c_1 e c_2 permanecem constantes. É fácil mostrar que essa *fórmula de Planck* se reduz à *fórmula de Paschen-Wien*, para $\lambda \cdot T \ll 1$, e à *fórmula de Rayleigh*, para $\lambda \cdot T \gg 1$.

Para poder demonstrar a sua fórmula heurística, Planck tentou todos os recursos da Termodinâmica pré-Boltzmann usadas por seus predecessores. No entanto, como não encontrou nenhum erro nos cálculos de Rayleigh, utilizou então a interpretação probabilística da entropia proposta por Boltzmann em 1877, conforme já referimos. Porém, para realizar o cálculo da entropia dos osciladores moleculares, de frequência ν , que compunham as paredes do corpo negro cuja radiação era objeto de estudo, teve de admitir a hipótese de que a energia desses osciladores variava discretamente, ou seja: $\varepsilon = h \nu$. Inicialmente, Planck pensava que essa hipótese fosse apenas um artifício matemático, pois pretendia fazer $h \rightarrow 0$. Observou, em seguida, que sua fórmula só se ajustava aos resultados experimentais se h tivesse um valor

finito. Assim, no dia 14 de dezembro de 1900, ainda perante à *Sociedade de Física de Berlim*, Planck leu o trabalho no qual há a demonstração de sua fórmula, bem como apresentou valores para h e para as constantes c_1 e c_2 , ou seja:

$$h = 6,55 \times 10^{-27} \text{ erg.s,} \quad (5.6a)$$

$$c_1 = hc^2, \quad (5.6b)$$

$$c_2 = \frac{hc}{k}, \quad (5.6c)$$

onde c é a velocidade da luz no vácuo e k é a *constante de Boltzmann*, nome dado por Planck para homenagear um dos maiores nomes (talvez até o criador) da Mecânica Estatística.

Apesar da hipótese revolucionária sobre a *variação discreta da energia*, aceita com alguma reserva até mesmo pelo próprio Planck, os físicos continuaram a procura da função $I(\lambda, T)$ por intermédio da hoje chamada Física Clássica. Esta, como é bem conhecida, tem como base a hipótese fundamental da *variação contínua da energia*. Desse modo, em maio de 1905, Rayleigh obteve $I(\lambda, T) = 64 \pi \lambda^{-4} k T$ e, logo em julho, o físico inglês Sir James Jeans (1877-1946) corrigiu um erro nessa expressão de Rayleigh, e apresentou a hoje célebre *fórmula de Rayleigh-Jeans*:

$$I(\lambda, T) = 8\pi\lambda^{-4} kT \quad (5.7)$$

Ao concluir este item referente ao conceito de energia térmica, devemos assinalar que o físico Albert Einstein (1879-1955), ainda em 1905, usou a hipótese quântica de Planck para explicar o efeito fotoelétrico, e que Paschen, em 1908, descobriu as raias espectrais do hidrogênio na região do infravermelho. Registre-se que os físicos, o suíço Johann Jakob Balmer (1825-1898), em 1885, e o sueco Johannes Robert Rydberg (1854-1919), em 1890, propuseram uma fórmula empírica para determinar o comprimento de onda das linhas espectrais do hidrogênio na região visível.

Tratemos em mais detalhes sobre a explicação dos espectros. Os espectros dos elementos foram inicialmente explicados por meio de expressões matemáticas que envolviam séries de números inteiros. A primeira expressão foi encontrada pelo matemático Johann Jakob Balmer (1825-1898), que estudou a regularidade das posições das raias do hidrogênio. Ele chegou à seguinte expressão:

$$\frac{1}{\gamma} = R \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$

onde $n_1 = 2$ e $n_2 > 2$.



Figura 5.5 Jakob Balmer.

Nesta expressão, R é conhecida como a constante de Rydberg, em homenagem ao físico Johannes Robert Rydberg (1854-1919), e vale $1,01 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$. Variando o valor de n_2 , podia-se encontrar a frequência de diversas raias do espectro do hidrogênio. Esta sequência de raias é conhecida como a série de Balmer. Mais tarde, foi possível medir raias espectrais na região do ultravioleta e se descobriu que, colocando $n_1 = 1$ e fazendo $n_2 > 1$, era possível explicar estas outras raias. Esta ficou conhecida como a série de Lyman, em homenagem ao físico Theodore Lyman (1874-1954). Várias outras séries foram descobertas por Louis Karl Heinrich Friedrich Paschen (1865- 1947), Frederick Sumner Brackett (1896-1988) e August Herman Pfund (1879-1949).



$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{(n_1 + c_1)^2} - \frac{1}{(n_2 + c_2)^2} \right)$$

Figura 5.6 Robert Rydberg e um pedaço do documento original que detalha a fórmula de Rydberg.

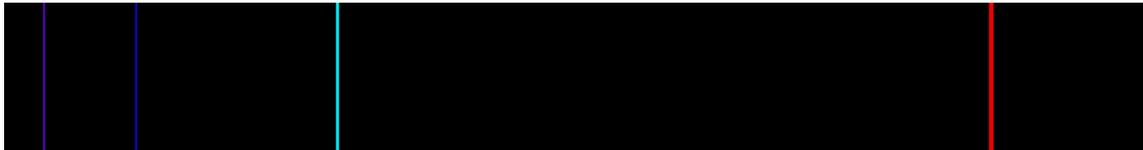


Figura 5.7 As quatro linhas de emissões de hidrogênio visíveis no espectro na série de Balmer.



(a) Theodore Lyman



(b) Louis Paschen



(c) Frederick Brackett

Figura 5.8

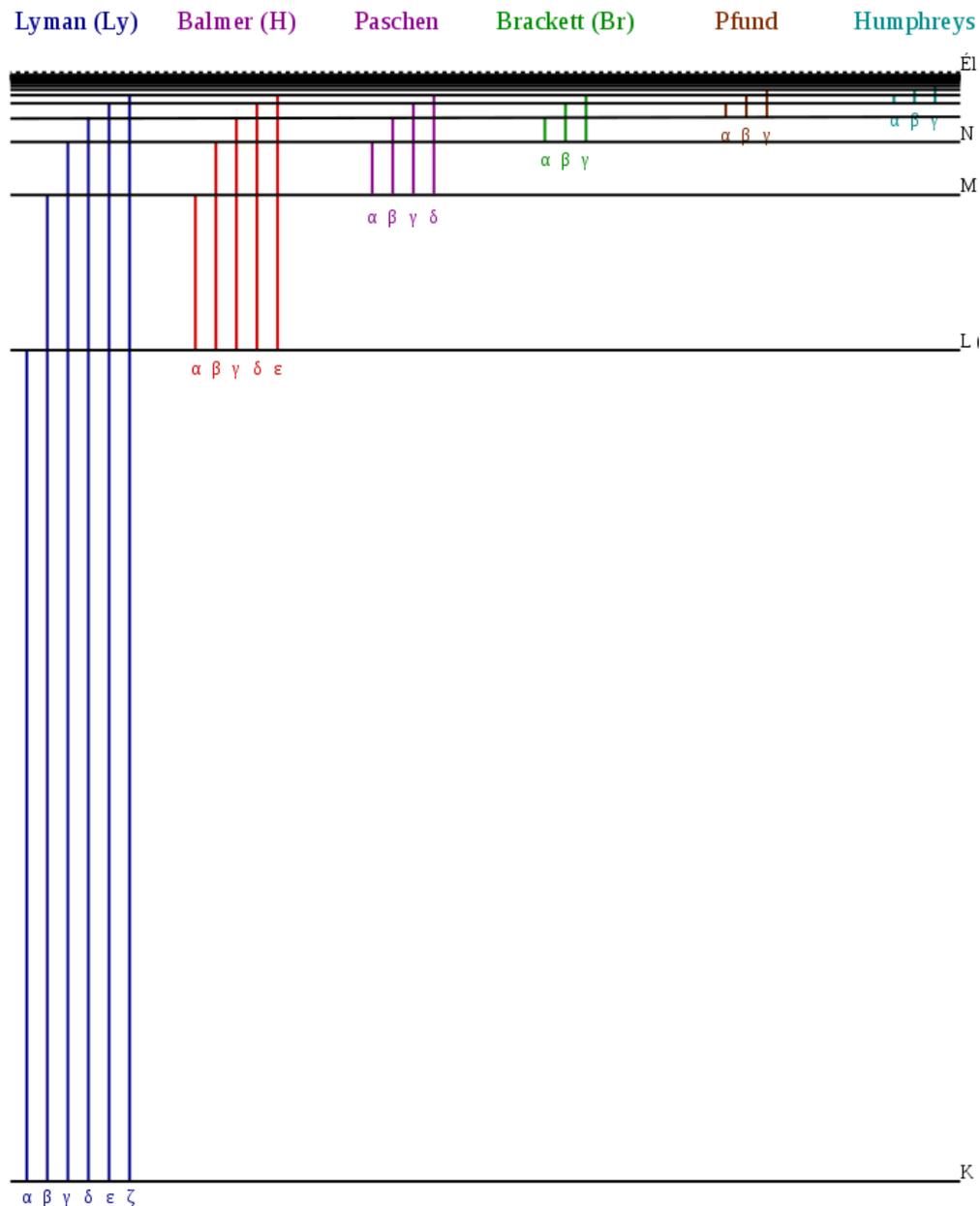


Figura 5.9 Principais séries do espectro do átomo de hidrogênio.

Alguns anos mais tarde, todas estas séries foram elegantemente explicadas pelo físico dinamarquês Niels Bohr. No seu modelo de átomo, Bohr postulou que os elétrons só podiam girar em órbitas bem determinadas em redor do núcleo e que cada órbita, ou orbital possuía uma energia total (energia cinética mais energia potencial eletrostática) bem determinada. Os elétrons ficam indefinidamente nestas órbitas, podendo ir para outra órbita, desde que obedeça ao princípio da conservação de energia: quando um elétron passa de um nível para o outro, de menor energia, emite energia em forma de uma onda eletromagnética.

Pela medida dos espectros dos elementos, pode-se, conhecendo as frequências das raias, determinar a diferença de energia entre dois níveis. Analisando todas as raias espectrais, foi possível montar o esquema dos possíveis níveis de energia dos diversos elementos.

Capítulo 6

Demonstração das Principais Equações da Radiação Térmica

Neste capítulo serão demonstradas e analisadas as principais equações sobre a radiação térmica apresentadas no Capítulo 5.

6.1 A Teoria de Planck da Radiação de Cavidade

Numa reunião da Sociedade Alemã de Física, no dia 14 de dezembro de 1900, Max Planck apresentou o seu artigo “Sobre a Teoria da Lei de Distribuição do Espectro Normal”. Este artigo, que a princípio atraiu pouca atenção, foi o início de uma revolução na Física. A data de sua apresentação é considerada como sendo a do nascimento da física quântica, embora só um quarto de século mais tarde a mecânica quântica moderna, base da nossa concepção atual da natureza, tenha sido desenvolvida por Schroedinger e outros. Diversos caminhos convergiram nessa concepção, cada um deles mostrando um dos aspectos onde falhava a física clássica.

Ao tentar solucionar a discrepância entre a teoria e a experiência, Planck foi levado a considerar a hipótese de uma violação da lei de equipartição da energia sobre a qual a teoria se baseava. A Fig. 6.1 ilustra os resultados experimentais para a densidade de energia $\rho_T(\nu)$ de uma cavidade de corpo negro.

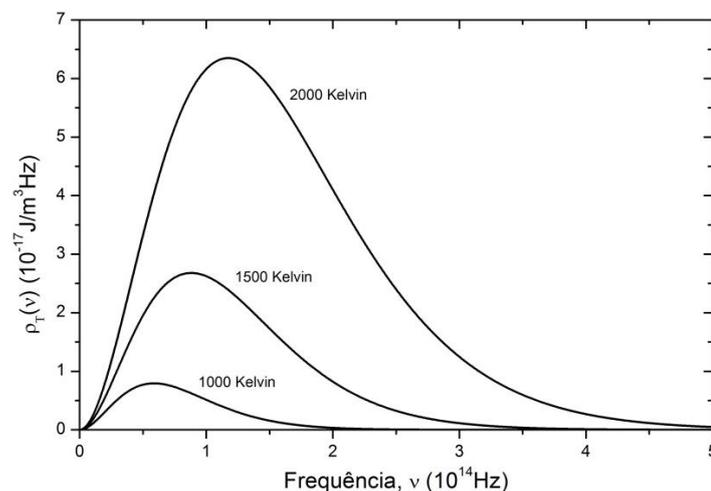


Figura 6.1 $\rho_T(\nu)$ em (10^{-17} J/m³.Hz) versus frequência em (10^{14} Hz).

Para baixas frequências nota-se que a energia total média $\bar{\mathcal{E}}$ tende a $k_B T$ quando a frequência ν se aproxima de zero, isto é:

$$\lim_{\nu \rightarrow 0} \bar{\mathcal{E}} = k_B T \quad (6.1)$$

A discrepância para altas frequências poderia ser eliminada se por algum motivo houvesse um corte, isto é, se a energia total média $\bar{\mathcal{E}}$ tendesse a zero quando a frequência tendesse ao infinito, ou seja:

$$\lim_{\nu \rightarrow \infty} \bar{\mathcal{E}} = 0 \quad (6.2)$$

Planck descobriu que nas circunstâncias que predominam no caso da radiação de corpo negro, a energia média das ondas estacionárias é uma função da frequência, ou seja:

$$\bar{\mathcal{E}} = \bar{\mathcal{E}}(\nu) \quad (6.3)$$

com as propriedades indicadas pelas expressões (6.1) e (6.2). Isto contradiz a lei de equipartição da energia que associa à energia média $\bar{\mathcal{E}}$ um valor independente da frequência.

A origem da lei de equipartição surge de um resultado mais compreensível da teoria cinética clássica: a distribuição de Boltzmann. Os argumentos que levam à distribuição de Boltzmann estão desenvolvidos no Apêndice A. Vamos aqui utilizar uma forma especial da distribuição de Boltzmann

$$P(\mathcal{E}) = \frac{e^{-\mathcal{E}/k_B T}}{k_B T} \quad (6.4)$$

na qual $P(\mathcal{E})d\mathcal{E}$ é a probabilidade de encontrar um dado ente de um sistema com energia no intervalo entre \mathcal{E} e $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$, quando o número de estados de energia para o ente nesse intervalo independe de \mathcal{E} . Supõe-se que o sistema contém um grande número de entes do mesmo tipo em equilíbrio térmico a uma temperatura T , e k_B representa a constante de Boltzmann. As energias dos entes no sistema que estamos considerando, um conjunto de ondas estacionárias oscilando em movimento harmônico simples em equilíbrio térmico em uma cavidade de corpo negro, são governadas pela Equação (6.4).

A função de distribuição de Boltzmann nos dá as informações completas sobre as energias dos entes no nosso sistema, incluindo é claro, o valor médio das energias $\bar{\mathcal{E}}$. Este valor médio pode ser obtido da seguinte forma:

$$\bar{\mathcal{E}} = \frac{\int_0^{\infty} \mathcal{E} P(\mathcal{E}) d\mathcal{E}}{\int_0^{\infty} P(\mathcal{E}) d\mathcal{E}} \quad (6.5)$$

O integrando do numerador da Eq. (6.5) é a energia \mathcal{E} com peso dado pela probabilidade que o ente tem de ser encontrado com esta energia. Integrando-se sobre todas as energias possíveis,

obtem-se o valor médio dessa energia. O denominador é a probabilidade de encontrar o ente com qualquer energia ϵ , portanto, será igual a um se a função $P(\epsilon)$ estiver normalizada.

A grande contribuição de Planck surgiu quando ele descobriu que poderia obter o corte necessário indicado pela expressão (6.2) se ele modificasse o cálculo que leva de $P(\epsilon)$ até $\bar{\epsilon}$, tratando a energia ϵ como se ela fosse uma variável discreta em vez de uma variável contínua, como sempre foi considerado na Física Clássica. Quantitativamente, isto pode ser feito reescrevendo a expressão (6.5) em termos de uma soma, em vez de uma integral, ou seja:

$$\bar{\epsilon} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} \epsilon P(\epsilon)}{\sum_{n=0}^{\infty} P(\epsilon)} \quad (6.6)$$

Planck supôs que a energia ϵ poderia apenas ter certos valores discretos, em vez de qualquer valor, e que os valores discretos de energia fossem uniformemente distribuídos. Assim Planck tomou:

$$\epsilon = 0, \Delta\epsilon, 2\Delta\epsilon, 3\Delta\epsilon, 4\Delta\epsilon, \dots \quad (6.7)$$

como o conjunto de valores possíveis de energia. Aqui $\Delta\epsilon$ é o intervalo constante entre valores possíveis e sucessivos de energia.

Planck descobriu que ele poderia obter $\bar{\epsilon} = k_B T$ quando a diferença entre energias sucessivas $\Delta\epsilon$ era pequena, e $\bar{\epsilon} = 0$ quando $\Delta\epsilon$ era grande. Como ele precisava obter o primeiro resultado para baixos valores da frequência ν , e o segundo para grandes valores de ν , ele precisava fazer de $\Delta\epsilon$ uma função crescente de ν . Alguns cálculos lhe mostravam que se poderia tomar a relação mais simples possível entre $\Delta\epsilon$ e ν e com essa propriedade. Assim Planck supôs que essas grandezas fossem proporcionais:

$$\Delta\epsilon \propto \nu \quad (6.8)$$

Escrevendo (6.8) em forma de equação em vez de proporcionalidade tem-se:

$$\Delta\epsilon = h\nu \quad (6.9)$$

onde h é uma constante de proporcionalidade. De início Planck acreditou que a constante h se cancelaria em algum momento e a expressão final não dependeria de h . Mas não foi isto que aconteceu. Inicialmente Planck tinha dúvidas se a constante h era simplesmente um artifício matemático ou se possuía algum significado físico. Levando-se em conta a Eq. (6.9) pode-se expressar (6.7) da seguinte forma:

$$\epsilon = n h \nu \quad (6.10)$$

onde $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$.

Dessa forma a distribuição de Boltzmann dada pela Eq. (6.4) fica:

$$P(\varepsilon) = \frac{e^{-nh\nu/k_B T}}{k_B T} \quad (6.11)$$

Para calcular a energia média $\bar{\varepsilon}$ substituímos (6.10) e (6.11) em (6.6):

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} nh\nu \cdot \frac{e^{-nh\nu/k_B T}}{k_B T}}{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-nh\nu/k_B T}}{k_B T}}$$

Fazendo $\alpha = h\nu/k_B T$, temos:

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon} &= \frac{\sum_{n=0}^{\infty} n\alpha \cdot e^{-n\alpha}}{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-n\alpha}}{k_B T}} \\ \bar{\varepsilon} &= \alpha k_B T \frac{\sum_{n=0}^{\infty} n e^{-n\alpha}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha}} \end{aligned} \quad (6.12)$$

Note que:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\alpha} \ln \left(\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} \right) &= \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha}} \sum_{n=0}^{\infty} -n e^{-n\alpha} \\ -\frac{d}{d\alpha} \ln \left(\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} \right) &= \frac{\sum_{n=0}^{\infty} n e^{-n\alpha}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha}} \end{aligned}$$

e assim a expressão (6.12) pode ser escrita como:

$$\bar{\varepsilon} = -\alpha k_B T \frac{d}{d\alpha} \ln \left(\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} \right) \quad (6.13)$$

Temos que:

$$\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} = 1 + e^{-\alpha} + e^{-2\alpha} + e^{-3\alpha} + \dots$$

fazendo $x = e^{-\alpha}$, ficamos com:

$$\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} = 1 + x + x^2 + x^3 + \dots$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} = (1 - x)^{-1}$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} e^{-n\alpha} = (1 - e^{-\alpha})^{-1} \quad (6.14)$$

Substituindo (6.14) em (6.13):

$$\bar{\epsilon} = -\alpha k_B T \frac{d}{d\alpha} [\ln(1 - e^{-\alpha})^{-1}]$$

$$\bar{\epsilon} = \alpha k_B T \frac{d}{d\alpha} \ln(1 - e^{-\alpha})$$

$$\bar{\epsilon} = \alpha k_B T \frac{e^{-\alpha}}{1 - e^{-\alpha}} = \frac{\alpha k_B T}{e^{\alpha} (1 - e^{-\alpha})}$$

$$\bar{\epsilon} = \frac{\alpha k_B T}{e^{\alpha} - 1} \quad (6.15)$$

Lembrando que $\alpha = hv/k_B T$ temos:

$$\bar{\epsilon} = \frac{(hv/k_B T) k_B T}{e^{hv/k_B T} - 1}$$

e finalmente

$$\bar{\epsilon} = \frac{hv}{e^{hv/k_B T} - 1} \quad (6.16)$$

Analisemos os limites desta função para $v \rightarrow 0$ e $v \rightarrow \infty$. Fazer $v \rightarrow 0$ e $v \rightarrow \infty$ é o mesmo que fazer $\alpha \rightarrow 0$ e $\alpha \rightarrow \infty$ na Eq. (6.15). Assim:

a) Para $v \rightarrow 0$ (ou $\alpha \rightarrow 0$)

Temos que:

$$e^{\alpha} = 1 + \alpha + \frac{\alpha^2}{2!} + \frac{\alpha^3}{3!} + \dots$$

e se $\alpha \ll 1$ podemos fazer: $e^{\alpha} \simeq 1 + \alpha$, e a Eq. (6.15) fica:

$$\bar{\epsilon} = \frac{\alpha k_B T}{1 + \alpha - 1} = \frac{\alpha k_B T}{\alpha} = k_B T \quad (\text{para } v \rightarrow 0)$$

ou seja:

$$\lim_{\nu \rightarrow 0} \bar{\epsilon} = k_B T$$

b) Para $\nu \rightarrow \infty$ (ou $\alpha \rightarrow \infty$)

Pela Eq. (6.15):

$$\begin{aligned} \bar{\epsilon} &= \frac{\alpha k_B T}{e^\alpha - 1} = \frac{\alpha k_B T}{1 + \alpha + \frac{\alpha^2}{2!} + \frac{\alpha^3}{3!} + \dots - 1} \\ \bar{\epsilon} &= \frac{\alpha k_B T}{\alpha + \frac{\alpha^2}{2!} + \frac{\alpha^3}{3!} + \dots} = \frac{\alpha k_B T}{\alpha \left(1 + \frac{\alpha}{2!} + \frac{\alpha^2}{3!} + \dots \right)} \\ \bar{\epsilon} &= \frac{k_B T}{1 + \frac{\alpha}{2!} + \frac{\alpha^2}{3!} + \dots} \\ \lim_{\nu \rightarrow \infty} \bar{\epsilon} &= \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \bar{\epsilon} = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \left(\frac{k_B T}{1 + \frac{\alpha}{2!} + \frac{\alpha^2}{3!} + \dots} \right) \\ \lim_{\nu \rightarrow \infty} \bar{\epsilon} &= 0 \end{aligned}$$

Dessa forma, verifica-se que a expressão para $\bar{\epsilon}$ dada por (6.16) satisfaz às condições experimentais indicadas pelas expressões (6.1) e (6.2).

Em uma carta a R. W. Wood, Planck chamou o seu postulado limitado de “um ato de desespero”. Ele escreveu: “Eu sabia que o problema (do equilíbrio entre matéria e radiação) é de fundamental significado para a Física; eu sabia a fórmula que reproduz a distribuição de energia no espectro normal; uma interpretação teórica tinha que ser encontrada a qualquer custo, não interessando quão alto”. Por mais de uma década, Planck tentou encaixar a ideia quântica dentro da teoria clássica. Em cada tentativa ele parecia recuar de sua ousadia original, mas sempre gerava novas ideias e técnicas que a teoria quântica mais tarde adotou. Aparentemente, o que finalmente o convenceu da correção e do profundo significado de uma hipótese quântica foi o fato dessa hipótese levar a uma formulação mais exata da terceira lei da termodinâmica e do conceito estatístico da entropia.

Inserindo o resultado obtido expresso na Eq. (6.16) na expressão para a densidade de energia do espectro do corpo negro:

$$\rho_T(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \bar{\mathcal{E}} \quad (6.17)$$

tem-se:

$$\rho_T(\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \frac{h\nu}{e^{h\nu/k_B T} - 1} \quad (6.18)$$

Deve-se ressaltar que Planck não alterou a distribuição de Boltzmann. O que Planck fez foi tratar a energia das ondas estacionárias eletromagnéticas, oscilando senoidalmente com o tempo, como grandeza discreta em vez de contínua.

6.2 A Lei de Stefan

Seja a quantidade $R_T(\nu)$, denominada de radiância espectral, que é definida de forma que $R_T(\nu)d\nu$ seja igual à energia emitida por unidade de tempo em radiação de frequência compreendida no intervalo de ν a $\nu + d\nu$ por unidade de área de uma superfície a uma temperatura absoluta T . A unidade de radiância espectral $R_T(\nu)$ será, portanto:

$$[R_T(\nu)] = \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{Hz}}$$

As primeiras medidas precisas de $R_T(\nu)$ foram feitas por Lummer e Pringsheim em 1899. Eles utilizaram um instrumento que era basicamente igual aos espectrômetros de prisma usados nas medidas dos espectros ópticos, diferindo apenas nos materiais especiais que eram necessários para que as lentes e prismas fossem transparentes à radiação térmica de frequência relativamente baixa. A dependência observada experimentalmente de $R_T(\nu)$ em função de ν e T é semelhante à mostrada para $\rho_T(\nu)$ na Figura (6.1).

A “radiância” R_T é definida como a integral da radiância espectral $R_T(\nu)$ sobre todas as frequências ν . Assim a radiância R_T será a energia total emitida por unidade de tempo por unidade de área por um corpo negro a uma temperatura T . A unidade de R_T será, portanto:

$$[R_T] = \frac{\text{energia}}{\text{tempo} \times \text{área}} = \frac{\text{potência}}{\text{área}} = \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

A radiância R_T pode, então ser obtida pela expressão:

$$R_T = \int_0^{\infty} R_T(\nu) d\nu \quad (6.19)$$

A lei de Stefan foi enunciada pela primeira vez em 1879 sob a forma de uma equação empírica:

$$R_T = \sigma T^4 \quad (6.20)$$

onde $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ é chamada de constante de Stefan-Boltzmann. Vejamos como obter teoricamente a lei empírica de Stefan.

Sabia-se que a radiância espectral $R_T(\nu)$ estava relacionada com a densidade de energia pela expressão:

$$R_T(\nu)d\nu = \frac{c}{4} \rho_T d\nu \quad (6.21)$$

Substituindo em (6.21) a expressão para a densidade de energia dada pela Eq. (6.18), a qual foi obtida utilizando a fórmula de Planck temos:

$$R_T(\nu)d\nu = \frac{c}{4} \frac{8\pi h\nu^3}{c^3(e^{h\nu/k_B T} - 1)} d\nu \quad (6.22)$$

Introduzindo a expressão (6.22) na Eq. (6.19) temos:

$$R_T = \int_0^{\infty} \frac{2\pi h\nu^3}{c^2(e^{h\nu/k_B T} - 1)} d\nu$$

$$R_T = \frac{2\pi h}{c^2} \int_0^{\infty} \frac{\nu^3}{e^{h\nu/k_B T} - 1} d\nu$$

Fazendo a transformação:

$$q = \frac{h\nu}{k_B T} \rightarrow d\nu = \frac{k_B T}{h} dq$$

com:

$$\nu = \frac{k_B T}{h} q \rightarrow \nu^3 = \left(\frac{k_B T}{h}\right)^3 q^3$$

a integral assume a forma:

$$R_T = \frac{2\pi h}{c^2} \int_0^{\infty} \left(\frac{k_B T}{h}\right)^3 \frac{q^3}{e^q - 1} \frac{k_B T}{h} dq$$

$$R_T = \frac{2\pi h}{c^2} \left(\frac{k_B T}{h}\right)^4 \int_0^{\infty} \frac{q^3}{e^q - 1} dq$$

A solução da integral da expressão anterior é bem conhecida e o seu resultado é:

$$\int_0^{\infty} \frac{q^3}{e^q - 1} dq = \frac{\pi^4}{15} \quad (6.22)$$

e a radiância R_T fica:

$$R_T = \frac{2\pi(k_B)^4}{c^2 h^3} \cdot T^4 \cdot \frac{\pi^4}{15}$$

e finalmente:

$$R_T = \sigma T^4 \quad (6.23)$$

onde:

$$\sigma = \frac{2\pi^5(k_B)^4}{15c^2 h^3} \simeq 5,67 \times 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}^4} \quad (6.24)$$

6.3 A Lei do Deslocamento de Wien

A Fig. 6.1 mostra também que a radiância espectral $R_T(\nu)$ se desloca para maiores frequências à medida que a temperatura T do corpo negro aumente. Este resultado é chamado de lei do deslocamento de Wien:

$$\nu_{max} \propto T \quad (6.25)$$

onde ν_{max} é a frequência ν na qual $R_T(\nu)$ tem seu valor máximo para uma dada temperatura T . Quando T cresce, ν_{max} se desloca para frequências mais altas.

Como $c = \lambda\nu$, sendo c a velocidade da luz, a lei de deslocamento de Wien expressa em (6.25) pode ser escrita como:

$$\lambda_{max} \cdot T = c_W \quad (6.26)$$

onde λ_{max} é o comprimento de onda λ no qual a radiância espectral $R_T(\nu)$ atinge o seu valor máximo para uma dada temperatura T do corpo negro e c_W é a constante de Wien cujo valor determinado experimentalmente é:

$$c_W \simeq 2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} \quad (6.27)$$

Vejamos como determinar teoricamente a lei de deslocamento de Wien.

Primeiro é necessário expressar o espectro de corpo negro de Planck em função do comprimento de onda λ em vez da frequência ν . Assim, é conveniente colocar a expressão da densidade de energia $\rho_T(\nu)$, Eq. (6.18), em função do comprimento de onda λ , ou seja, determinar $\rho_T(\lambda)$. A quantidade $\rho_T(\lambda)$ é definida a partir da igualdade:

$$\rho_T(\lambda)d\lambda = -\rho_T(\nu)d\nu \quad (6.28)$$

sendo que o sinal menos deve ser introduzido porque $\rho_T(\lambda)$ e $\rho_T(\nu)$ são ambas quantidades positivas, porém, $d\nu$ e $d\lambda$ tem sinais opostos: um acréscimo na frequência ν causa um decréscimo correspondente no comprimento de onda λ . Da relação:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = c\lambda^{-1} \quad (6.29)$$

temos:

$$\frac{d\nu}{d\lambda} = -c\lambda^{-2} \Rightarrow d\nu = -\frac{c}{\lambda^2} d\lambda \quad (6.30)$$

Substituindo (6.30) em (6.28) temos:

$$\rho_T(\lambda)d\lambda = \rho_T(\nu)\frac{c}{\lambda^2}d\lambda \quad (6.31)$$

Se fizermos $\nu = c/\lambda$ na Eq. (6.18) e substituirmos em (6.31) temos:

$$\rho_T(\lambda)d\lambda = \frac{8\pi(c/\lambda)^2}{c^3} \cdot \frac{hc/\lambda}{e^{hc/\lambda k_B T} - 1} \cdot \frac{c}{\lambda^2} d\lambda$$

$$\rho_T(\lambda)d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \cdot \frac{d\lambda}{e^{hc/\lambda k_B T} - 1} \quad (6.32)$$

Assim a densidade de energia $\rho_T(\lambda)$ é:

$$\rho_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda k_B T} - 1)} \quad (6.33)$$

Fazendo na Eq. (6.33) a seguinte transformação:

$$x = \frac{hc}{\lambda k_B T} \quad (6.34)$$

a equação (6.33) fica:

$$\rho_T(x) = \frac{Ax^5}{e^x - 1} = Ax^5(e^x - 1)^{-1} \quad (6.35)$$

onde:

$$A \equiv 8\pi hc \left(\frac{k_B T}{hc}\right)^5.$$

Derivando a Eq. (6.35) em relação a x :

$$\frac{\partial \rho_T}{\partial x} = 5Ax^4 \cdot (e^x - 1)^{-1} - Ax^5 (e^x - 1)^{-2} \cdot e^x$$

e igualando a zero esta última expressão para determinar o ponto de máximo:

$$0 = Ax^4(e^x - 1)^{-1}[5 - x \cdot (e^x - 1)^{-1}e^x]$$

$$0 = 5 - \frac{xe^x}{e^x - 1} \Rightarrow 0 = \frac{5e^x - 5 - xe^x}{e^x - 1} \Rightarrow xe^x - 5e^x + 5 = 0.$$

Multiplicando esta última expressão por: $e^{-x}/5$, temos:

$$\frac{x}{5} - 1 + 5 \frac{e^{-x}}{5} = 0$$

$$\frac{x}{5} + e^{-x} = 1$$

Neste ponto podemos solucionar a equação anterior pelo método gráfico, fazendo:

$$F(x) = \frac{x}{5} + e^{-x}$$

e

$$G(x) = 1$$

e plotando as duas funções $F(x)$ e $G(x)$ num mesmo gráfico como mostra a Fig. 6.2.

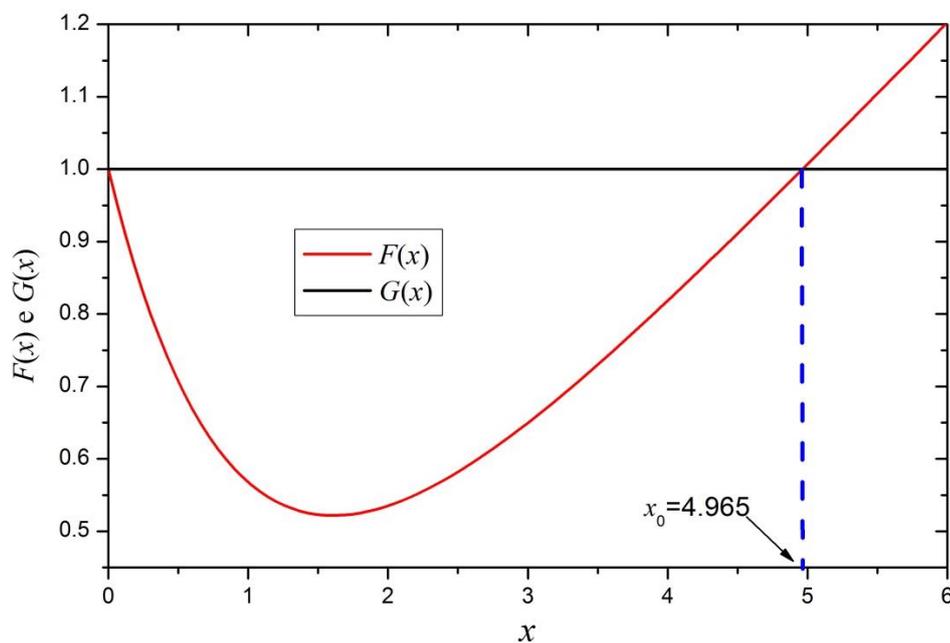


Figura 6.2 Gráfico de $F(x)$ e $G(x)$.

Plotando $F(x)$ e $G(x)$ no mesmo gráfico, podemos determinar o ponto x em que estas duas curvas se cruzam, obtendo que:

$$x_0 \simeq 4,965 . \quad (6.36)$$

Voltando à Eq. (6.34):

$$x_0 = \frac{hc}{k_B T} \frac{1}{\lambda_{max}} \Rightarrow \lambda_{max} \cdot T = \frac{hc}{k_B x_0}$$

Substituindo os valores de h , c , k_B , e x_0 temos:

$$\lambda_{max} \cdot T \simeq 2,899 \times 10^{-3} \text{ m. K}, \quad (6.37)$$

sendo o valor à direita da expressão (6.37) a constante de Wien, C_W , apresentada em (6.27).

Capítulo 7

Conclusão

Foi possível com base nesta pesquisa, discutir e ordenar as ideias sobre o conceito fundamental de calor e radiação térmica, transcorrendo sobre conceitos primordiais até os mais modernos, os quais são fundamentais e básicos para a criação e operação de modernos aparelhos com altas tecnologias embarcadas, os quais são cada vez mais necessários em uma sociedade que necessita cada vez mais de recursos tecnológicos para uma melhor condição de vida. Foi possível obter pelo formalismo da mecânica estatística as principais equações da radiação térmica, sendo estas deduzidas de forma bem detalhada, e os seus consequentes resultados analisados: a lei de Planck da radiação de cavidade, a Lei de Stefan e a Lei do Deslocamento de Wien.

O conhecimento fundamental sobre radiação térmica e o calor é de fundamental importância para uma sociedade moderna que deseja através do conhecimento científico melhorar e desenvolver uma nação.

Bibliografia

EISBERG, Robert e RESNICK, Robert. Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas, sétima edição, ed. Campus, Rio de Janeiro.

INFELD, Leopold e EINSTEIN Albert, A evolução da Física. Zahar Editores. Rio de Janeiro, 1980.

Rodrigues, Clóves G., Notas de Termodinâmica, 2020.

SERWAY, Raymond A. e JEWETT, John W. Princípios de Física. Mecânica Clássica - Volume 1. 5 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

YOUNG, Hugh David e FREEDMAN, Roger A. Freedman. Física 2 - Termodinâmica e Ondas. 12 ed. Massachusetts (EUA): Addison-Wesley, 2008.

Apêndice A

A Distribuição de Boltzmann

Apresentamos aqui um argumento numérico simples que leva a uma aproximação da distribuição de Boltzmann, e então um argumento geral ainda mais simples que verifica a forma exata da distribuição. Consideremos um sistema que contém um grande número de entes físicos do mesmo tipo que estão em equilíbrio térmico a uma temperatura T . Para estar em equilíbrio, eles devem ser capazes de trocar energia entre si. Nas trocas, as energias dos entes vão flutuar, e em qualquer instante de tempo alguns vão ter energia maior que a energia média, e outros vão ter energia menor que a energia média. No entanto, a teoria clássica da mecânica estatística requer que essas energias \mathcal{E} sejam distribuídas segundo uma distribuição de probabilidade definida, cuja forma é especificada por T . Uma razão disso é que o valor médio $\bar{\mathcal{E}}$ da energia de cada ente é determinado pela distribuição de probabilidades, e $\bar{\mathcal{E}}$ deve ter um valor definido para um T particular.

Para ilustrar essas ideias, consideremos um sistema que consiste de entes, do mesmo tipo, que pode conter energia. Um exemplo seria um conjunto de molas idênticas, onde cada uma delas contém energia se seu comprimento está variando. Suponhamos que o sistema esteja isolado do meio que o circunda, de forma tal que a quantidade total de energia seja constante, e suponhamos também que os entes podem trocar energia entre si através de algum mecanismo, de forma tal que os constituintes do sistema possam ficar em equilíbrio térmico entre si. Apenas com o objetivo de simplificar os cálculos subsequentes, vamos também supor que a energia de cada ente está restrita a um dos valores $\mathcal{E} = 0, \Delta\mathcal{E}, 2\Delta\mathcal{E}, 3\Delta\mathcal{E}, 4\Delta\mathcal{E}, \dots$. Posteriormente, faremos com que o intervalo $\Delta\mathcal{E}$ tenda a zero de forma que todos os valores da energia sejam permitidos. Para simplificar ainda mais, vamos inicialmente supor que haja apenas quatro (um número pequeno escolhido arbitrariamente) entes no sistema e que a energia total do sistema tenha o valor $3\Delta\mathcal{E}$ (que também arbitrariamente é escolhido como sendo um dos pequenos múltiplos inteiros de $\Delta\mathcal{E}$ que a energia, pela hipótese acima, deve ter). Posteriormente vamos generalizar isto a sistemas que tenham um grande número de entes e qualquer energia total.

Devido a que os quatro entes podem trocar energia entre si, podem ocorrer todas as possíveis divisões da energia total $3\Delta\mathcal{E}$ entre os quatro entes. Na Figura A-1, mostramos todas as possíveis divisões, indicadas pela letra i . Para $i = 1$, três entes têm energia $\mathcal{E} = 0$ e o quarto tem $\mathcal{E} = 3\Delta\mathcal{E}$, nos dando a energia total exigida $3\Delta\mathcal{E}$. Na realidade, há quatro formas diferentes de obter tal divisão, porque qualquer um dos quatro entes pode ser o que está no estado de energia $\mathcal{E} = 3\Delta\mathcal{E}$. Indicamos esse fato no algarismo da coluna “números de divisões duplicadas distintas”. Um segundo tipo possível de divisão, indicado por $i = 2$, é tal que dois

entes têm $\mathcal{E} = 0$, o terceiro tem $\mathcal{E} = \Delta\mathcal{E}$, e o quarto tem $\mathcal{E} = 2\Delta\mathcal{E}$. Há doze divisões duplicadas neste caso, como verificaremos no próximo parágrafo. A terceira divisão possível, $i = 3$, também tem quatro formas duplicadas de fazer com que um ente tenha $\mathcal{E} = 0$ e os outros três tenham tem $\mathcal{E} = \Delta\mathcal{E}$, dando a energia total exigida $3\Delta\mathcal{E}$.

No cálculo do número de divisões duplicadas contamos como distintos qualquer rearranjo dos entes entre diferentes estados de energia. No entanto, qualquer rearranjo de entes no mesmo estado de energia não é contado, porque entes do mesmo tipo com a mesma energia não podem ser distinguidos experimentalmente uns dos outros. Isto é, *os entes idênticos são tratados como se fossem distinguíveis*, exceto para rearranjos dentro do mesmo estado de energia. O número total de rearranjos (permutações) dos quatro entes é $4! \equiv 4 \times 3 \times 2 \times 1$. O número de formas diferentes de ordenação de quatro objetos é $4!$, já que há quatro possibilidades de qual o objeto escolhido primeiro, três possibilidades de qual dos três restantes é tornado a seguir, duas escolhas de qual é o seguinte, e uma única escolha para o último objeto. O número total de escolhas é de $4 \times 3 \times 2 \times 1 \equiv 4!$ Para n objetos o número de ordenações diferentes é $n \equiv n(n-1)(n-2) \dots 1$. Mas rearranjos dentro do mesmo estado de energia não contam. Assim, por exemplo, no caso $i = 2$, o número de divisões duplicadas distintas é reduzido de $4!$ para $4!/2! = 12$, porque já $2!$ rearranjos no estado $\mathcal{E} = 0$ que não são contados como distintos. Nos casos $i = 1$ ou $i = 3$, o número de tais divisões é reduzido de $4!$ Para $4!/3! = 4$, já que há $3!$ rearranjos no estado $\mathcal{E} = 0$ ou $\mathcal{E} = \Delta\mathcal{E}$, que não são contados como distintos.

Indicador de divisões	$\mathcal{E} = 0$	$\mathcal{E} = \Delta\mathcal{E}$	$\mathcal{E} = 2\Delta\mathcal{E}$	$\mathcal{E} = 3\Delta\mathcal{E}$	$\mathcal{E} = 4\Delta\mathcal{E}$	Número de divisões duplicadas distintas	P_i
$i = 1$	$\sqrt{\sqrt{\sqrt{\quad}}}$			$\sqrt{\quad}$		4	4/20
$i = 2$	$\sqrt{\sqrt{\quad}}$	$\sqrt{\quad}$	$\sqrt{\quad}$			12	12/20
$i = 3$	$\sqrt{\quad}$	$\sqrt{\sqrt{\sqrt{\quad}}}$				4	4/20
$n'(\mathcal{E})$	40/20	24/20	12/20	4/20	0/20		

Figura A-1: Ilustração de um cálculo simples que leva a uma aproximação da distribuição de Boltzmann.

Fazemos agora a última hipótese: *todas as divisões possíveis da energia do sistema ocorrem com a mesma probabilidade*. Então a probabilidade de que ocorra as divisões de um dado tipo é proporcional ao número de divisões duplicadas distintas deste tipo. A

probabilidade relativa, P_i , é exatamente igual a este número dividido pelo número total de tais divisões. As probabilidades relativas estão listadas na coluna assinalada P_i , na Figura A-1.

Vamos agora calcular $n'(\mathcal{E})$ o número provável de entes no estado de energia \mathcal{E} . Consideremos o estado de energia $\mathcal{E} = 0$. Para divisões do tipo $i = 1$, há três entes nesse estado, e a probabilidade relativa P_i de que estas divisões ocorram é $4/20$; para $i = 2$, há dois entes neste estado, e $P_i = 12/20$; para $i = 3$, há um ente, e $P_i = 4/20$. Portanto $n'(0)$, o número provável de entes no estado $\mathcal{E} = 0$, é $3 \times (4/20) + 2 \times (12/20) + 1 \times (4/20) = 40/20$. Os valores de $n'(\mathcal{E})$ calculados da mesma forma para os outros valores de \mathcal{E} estão listados na parte inferior da Figura A-1, marcada com $n'(\mathcal{E})$. Observe que a soma destes números é quatro, de forma que encontramos um total correto de quatro entes em todos os estados. Os valores de $n'(\mathcal{E})$ também são mostrados como pontos de um gráfico, na Figura A-2. A curva sólida na Figura A-2 é a função exponencial decrescente

$$n(\mathcal{E}) = Ae^{-\mathcal{E}/\mathcal{E}_0} \quad (\text{A.1})$$

onde A e \mathcal{E}_0 são constantes que foram determinadas para dar a melhor curva que se ajusta aos pontos que representam os resultados de nosso cálculo. A queda rápida em $n'(\mathcal{E})$ quando \mathcal{E} cresce reflete o fato que se um dos entes toma uma grande parte da energia total do sistema, o restante deve necessariamente ter uma energia reduzida, e assim um número consideravelmente reduzido de formas de dividir essa energia entre seus constituintes. Isto é, há muito menos divisões da energia total do sistema quando uma parte relativamente grande da energia está concentrada em um ente.

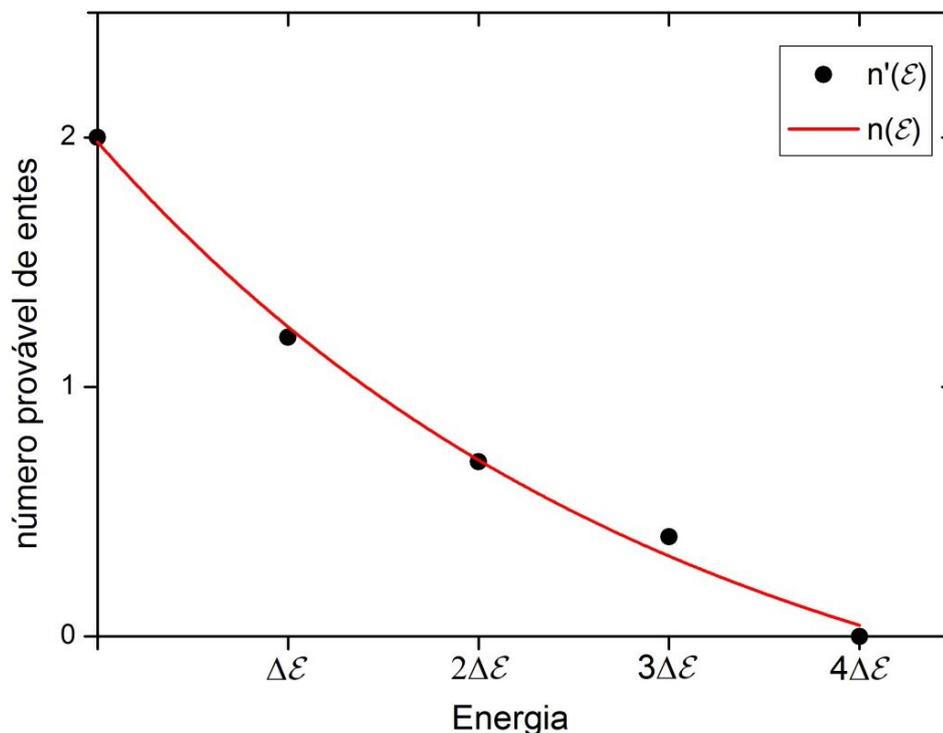


Figura A-2: Uma comparação dos resultados de um cálculo simples e da distribuição de Boltzmann.

Imaginemos agora que fazemos $\Delta\mathcal{E}$ cada vez menor, aumentando o número de estados possíveis ao mesmo tempo que mantemos a energia total com o mesmo valor anterior. O resultado desse processo é que a função calculada $n'(\mathcal{E})$ se torna definida para valores de \mathcal{E} cada vez mais próximos, isto é, obtemos mais pontos em nossa distribuição. No limite em que $\Delta\mathcal{E} \rightarrow 0$, a energia \mathcal{E} de um ente se torna uma variável contínua, como a física clássica exige, e a distribuição $n'(\mathcal{E})$ se torna uma função contínua. Se, finalmente, fizermos com que o número de entes no sistema se torne grande, obtém-se que essa função é idêntica à exponencial decrescente $n(\mathcal{E})$ expressa pela Eq. (A.1). Isto é, à medida que os pontos se aproximam mais e mais, eles não mais se espalham em torno da exponencial decrescente, e sim caem diretamente sobre ela. Para verificar isto, através de uma extensão direta de nosso cálculo para o caso de um número muito grande de estados de energia e de entes, teríamos um trabalho considerável para enumerar as divisões distintas que têm os valores exigidos da energia total e do número de entes, e então para calcular as muitas probabilidades relativas. Vamos verificar a validade da distribuição de probabilidades dada pela expressão (A.1) por um processo mais sutil, porém mais simples.

Consideremos um sistema de muitos entes idênticos em equilíbrio térmico entre si, mantido entre paredes que o isolam do exterior. O equilíbrio exige que os entes sejam capazes de trocar energia. Por exemplo, ao interagir com as paredes do sistema, os entes podem trocar energia com elas, e assim indiretamente trocar energia uns com os outros. Assim um ente interage com cada um dos outros no sentido de que se um ganha energia, isto ocorre às custas da quantidade de energia total do resto do sistema (todos os outros entes, além das paredes). Exceto por este vínculo de conservação da energia, os entes são independentes uns dos outros. *A presença de um ente em algum estado de energia particular não inibe nem proíbe de forma alguma a chance de que um outro ente idêntico esteja neste estado.* Consideremos agora dois desses entes. Seja a probabilidade de encontrar um deles em um estado de energia com energia \mathcal{E}_1 dada por $P(\mathcal{E}_1)$. Então a probabilidade de encontrar o outro em um estado de energia \mathcal{E}_2 será dada pela mesma função distribuição de probabilidades, já que os entes têm propriedades idênticas, mas calculada pela energia \mathcal{E}_2 . A probabilidade será $P(\mathcal{E}_2)$. Devido ao comportamento independente dos entes, essas duas probabilidades são independentes uma da outra. Em consequência disso, a probabilidade de que a energia de um ente seja \mathcal{E}_1 e que a energia do outro seja \mathcal{E}_2 é dada por $P(\mathcal{E}_1) \cdot P(\mathcal{E}_2)$. A razão disto é que probabilidades independentes são multiplicativas. Por exemplo, se a probabilidade de se obter cara ao jogarmos uma moeda é $1/2$, então a probabilidade de obter cara em cada uma de duas moedas é $(1/2) \times (1/2) = 1/4$, já que os dois lances são independentes.

Consideremos agora todas as divisões da energia do sistema nas quais a soma das energias dos dois entes tem o mesmo valor fixo $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$, como no caso particular discutido acima, mas nos quais a divisão desta energia toma diversas formas. Como a energia total do sistema isolado é constante, para todas essas divisões o resto do sistema também terá um valor fixo da energia. Assim para todos eles há o mesmo número possível de formas para que o

resto do sistema distribua sua energia entre seus constituintes. Em consequência disso, a probabilidade dessas divisões nas quais há uma certa divisão da energia $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$ entre dois entes pode diferir da probabilidade de outras divisões, nas quais há uma divisão diferente desta energia, apenas se essas divisões diferentes ocorrem com diferentes probabilidades. Se supusermos novamente que *todas as possíveis divisões da energia do sistema ocorrem com a mesma probabilidade*, concluímos que todas as divisões nas quais a mesma energia $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$ é dividida entre dois entes em formas diferentes ocorrem com a mesma probabilidade. Em outras palavras, a probabilidade de todas essas divisões é uma função apenas de $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$ e pode ser escrita como, por exemplo, $Q(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)$. No entanto, concluímos anteriormente que a probabilidade para um caso particular também pode ser escrita como $P(\mathcal{E}_1) \cdot P(\mathcal{E}_2)$. Portanto, encontramos que

$$P(\mathcal{E}_1) \cdot P(\mathcal{E}_2) = Q(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2).$$

O fato essencial aqui é que a função distribuição de probabilidade $P(\mathcal{E})$ tem a propriedade de que o produto de duas dessas funções, calculadas em dois valores diferentes das variáveis, \mathcal{E}_1 e \mathcal{E}_2 , é uma função da soma, $\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2$, dessas variáveis. Mas uma função exponencial, e apenas uma função exponencial, tem essa propriedade, já que o produto de duas exponenciais com expoentes diferentes é uma exponencial cujo expoente é a soma dos dois expoentes. Especificamente, se tornarmos a probabilidade $P(\mathcal{E})$ de encontrar um ente em um estado com energia \mathcal{E} como sendo proporcional ao número provável $n(\mathcal{E})$ de entes nesse estado, como certamente deveria ser, e usando a expressão (A.1) para calcular $n(\mathcal{E})$, temos a função:

$$P(\mathcal{E}) = B e^{-\mathcal{E}/\epsilon_0} \quad (\text{A.2})$$

onde B é proporcional a A , que demonstra a propriedade exigida, já que

$$P(\mathcal{E}_1) \cdot P(\mathcal{E}_2) = B e^{-\mathcal{E}_1/\epsilon_0} B e^{-\mathcal{E}_2/\epsilon_0} = B^2 e^{-(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)/\epsilon_0} = Q(\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2).$$

Nosso argumento não prova na realidade que $n(\mathcal{E})$ é uma exponencial decrescente, em vez de crescente; mas uma exponencial crescente pode ser eliminada por princípios físicos, já que seu valor vai a infinito para grandes valores de \mathcal{E} . Assim verificamos a validade geral da expressão (A.1).

Vamos agora calcular a constante ϵ_0 em (A.1)

$$n(\mathcal{E}) = A e^{-\mathcal{E}/\epsilon_0}$$

Se tratamos um sistema que contém dois tipos diferentes de entes em equilíbrio térmico, não é difícil provar que o valor de ϵ_0 não depende do tipo de ente que constitui o sistema. Portanto vamos usar em nosso argumento entes com as propriedades mais simples. Como $n(\mathcal{E})$ é o número provável de entes do sistema em um estado de energia \mathcal{E} , o número de entes cujas energias seriam encontradas no intervalo de \mathcal{E} a $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$ é igual a $n(\mathcal{E})$ vezes o número de estados neste intervalo. Isto ocorre se os entes são osciladores harmônicos simples, como as

molhas mencionadas anteriormente. Assim o número provável de osciladores harmônicos simples com uma energia entre \mathcal{E} e $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$, em um sistema em equilíbrio que contém muitos deles, é proporcional a $n(\mathcal{E})d\mathcal{E}$. Se atribuirmos o valor apropriado à constante multiplicativa A , essa probabilidade pode ser igualada a $n(\mathcal{E})d\mathcal{E}$. Então a energia média de um dos osciladores é

$$\bar{\mathcal{E}} = \frac{\int_0^{\infty} \mathcal{E} n(\mathcal{E}) d\mathcal{E}}{\int_0^{\infty} n(\mathcal{E}) d\mathcal{E}}$$

A integral no numerador tem um integrando que é a energia, com um peso que é o número de osciladores que tem essa energia; a integral no denominador é exatamente o número total de osciladores. Se substituirmos $n(\mathcal{E})$ de (A.1), temos

$$\bar{\mathcal{E}} = \frac{\int_0^{\infty} A\mathcal{E}e^{-\mathcal{E}/\mathcal{E}_0} d\mathcal{E}}{\int_0^{\infty} Ae^{-\mathcal{E}/\mathcal{E}_0} d\mathcal{E}}$$

Ressaltamos que não necessitamos saber o valor de A . Realizando as integrais, obtemos:

$$\bar{\mathcal{E}} = \mathcal{E}_0 \quad (\text{A.3})$$

Mas segundo a lei clássica da equipartição da energia, para osciladores harmônicos simples em equilíbrio a uma temperatura T

$$\bar{\mathcal{E}} = kT \quad (\text{A.4})$$

onde a *constante de Boltzmann* é $k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K. Combinando as expressões (A.3) e (A.4), temos

$$\mathcal{E}_0 = kT \quad (\text{A.5})$$

Este resultado é correto para entes de qualquer tipo, embora o tenhamos obtido para o caso particular de osciladores harmônicos simples. Assim podemos escrever a expressão (A.1) como:

$$n(\mathcal{E}) = Ae^{-\mathcal{E}/kT} \quad (\text{A.6})$$

Esta é a famosa *distribuição de Boltzmann*. Como o valor de A não é especificado, a expressão (A.6) na realidade se refere a uma proporcionalidade: o número provável de entes de um sistema em equilíbrio a uma temperatura T que estão em um estado de energia \mathcal{E} é proporcional a $e^{-\mathcal{E}/kT}$. Expressando de uma outra forma: a probabilidade de que o estado de energia \mathcal{E} seja ocupado por um ente é proporcional a $e^{-\mathcal{E}/kT}$.

O valor que escolhemos para a constante A é ditado pela conveniência. Por exemplo, ao aplicarmos a distribuição de Boltzmann a um sistema de osciladores harmônicos simples. Em um sistema deste tipo $n(\mathcal{E})d\mathcal{E}$ é proporcional ao número provável de osciladores com energia no intervalo de \mathcal{E} a $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$, já que os estados de um oscilador harmônico simples são distribuídos uniformemente em energia. Evidentemente, $n(\mathcal{E})d\mathcal{E}$ também é proporcional à

probabilidade $n(\mathcal{E})d\mathcal{E}$ de encontrar um oscilador particular com energia neste intervalo. Assim temos, como em (A.2),

$$P(\mathcal{E}) = B e^{-\mathcal{E}/\varepsilon_0}$$

desde que a constante B seja escolhida apropriadamente. Isto é feito se colocarmos:

$$\int_0^{\infty} P(\mathcal{E}) d\mathcal{E} = \int_0^{\infty} B e^{-\mathcal{E}/\varepsilon_0} d\mathcal{E} = B \int_0^{\infty} e^{-\mathcal{E}/\varepsilon_0} d\mathcal{E} = 1 \quad (\text{A.7})$$

Isto é, definimos $P(\mathcal{E}) d\mathcal{E}$ como sendo a probabilidade de encontrar um oscilador harmônico simples particular com energia entre \mathcal{E} e $\mathcal{E} + d\mathcal{E}$, e assim, para termos consistência, devemos exigir que $\int_0^{\infty} P(\mathcal{E})d\mathcal{E}$ tenha valor um, porque a integral é exatamente a probabilidade de encontra-lo com qualquer energia. Calculando $\int_0^{\infty} e^{-\mathcal{E}/\varepsilon_0} d\mathcal{E}$ em (A.7) e depois resolvendo a equação para termos o valor de B , encontramos $B = 1/kT$. Assim temos uma forma especial da distribuição de Boltzmann, a saber:

$$P(\mathcal{E}) = \frac{e^{-\mathcal{E}/\varepsilon_0}}{kT} \quad (\text{A.8})$$

Anexo

Biografia dos Principais Personagens Citados Na Monografia

Abu Musa Jabir Ibn Hayyan (Geber) (c. 721-c. 815)



Abū Mūsā Jābir Ibn Hayyān (árabe/persa), é o suposto autor de um enorme número e variedade de obras em árabe, frequentemente chamado de corpus jabiriano. O escopo do corpus é vasto e diversificado, cobrindo uma ampla gama de tópicos incluindo alquimia, cosmologia, numerologia, astrologia, medicina, magia, misticismo e filosofia.

Popularmente conhecido como o pai da química, os trabalhos de Jabir contêm a mais antiga classificação sistemática conhecida de substâncias químicas e as mais antigas instruções conhecidas para derivar um composto inorgânico (sal amoniacal ou cloreto de amônio) de substâncias orgânicas (como plantas, sangue e cabelo) por meios químicos. Já no século X, a identidade e o corpus exato das obras de Jabir estavam em disputa nos círculos islâmicos. A autoria de todas essas obras por uma única figura e até a existência de um Jabir histórico também são questionadas pelos estudiosos modernos. Em vez disso, Jabir ibn Hayyan é visto mais como um pseudônimo a quem "escritos subterrâneos" de vários autores foram atribuídos. Algumas obras Árabe Jabirian (por exemplo, o "Book of Mercy", e "Livro dos Setenta") foram traduzidas para o latim sob o latinizado nome "Geber". No século XIII na Europa um escritor anônimo, geralmente referido como pseudo-Geber, começou a produzir escritos alquímicos e metalúrgicos com esse nome.

Adolf Ferdinand Svanberg (1806-1857)

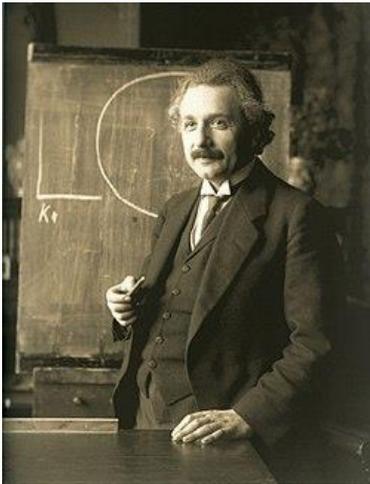
Adolf Ferdinand Svanberg, nascido em 23 de outubro de 1806 em Estocolmo (Suécia), morreu nesta mesma cidade em 27 de setembro de 1857. Era filho de Jöns Svanberg e irmão de Lars Fredrik Svanberg. Svanberg tornou-se estudante em Uppsala em 1819 e candidato a filosofia em 1826. Foi promovido a mestre em filosofia em 1827. Em 1828 foi nomeado professor de matemática, em 1835 como professor de mecânica e matemática na Higher Artillery School de Marieberg e em 1841 como professor de física e mecânica em Uppsala.

As palestras de Svanberg eram geralmente muito bem assistidas e muito instrutivas, com muitos experimentos que ele realizava. Em 1840, 1846 e 1847, fez viagens de estudos científicos ao exterior. Em 1855, como resultado de uma forte mancha de sangue em seu cérebro, ele foi forçado a pedir licença. De Svanberg, existem vários ensaios matemáticos,

bem como exames físicos, entre outras coisas sobre o movimento do fluido e a termoeletricidade, entre os quais os últimos são especialmente marcados como *Expériences sur le pouvoir thermoelectric du bismuth et de l'antimoine cristallisés* (1851).

Svanberg pode ser considerado o primeiro projetista do bolômetro, mesmo que ele permanecesse em suas mãos em um estágio bastante primitivo. Foi membro da Academia Sueca de Ciências (1831), da Sociedade de Ciências de Uppsala (1832) e da Sociedade Fisiográfica de Lund (1834), bem como de sociedades estrangeiras.

Albert Einstein (1879-1955)



Albert Einstein nasceu em Ulm (Alemanha) no dia 14 de março de 1879 e faleceu em Princeton (USA) no dia 18 de abril de 1955. Foi um físico teórico que desenvolveu a teoria da relatividade geral, um dos pilares da física moderna ao lado da mecânica quântica. Embora mais conhecido por sua fórmula de equivalência massa-energia, $E = mc^2$, a qual foi chamada de “a equação mais famosa do mundo”, foi laureado com o Prêmio Nobel de Física de 1921 por suas contribuições à física teórica e, especialmente, por sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico, que foi fundamental no estabelecimento da teoria quântica.

Nascido em uma família de judeus alemães, mudou-se para a Suíça ainda jovem e iniciou seus estudos na Escola Politécnica de Zurique. Após dois anos procurando emprego, obteve um cargo no escritório de patentes suíço enquanto ingressava no curso de doutorado da Universidade de Zurique. Em 1905 publicou uma série de artigos acadêmicos revolucionários. Uma de suas obras era o desenvolvimento da teoria da relatividade especial. Percebeu, no entanto, que o princípio da relatividade também poderia ser estendido para campos gravitacionais, e com a sua posterior teoria da gravitação, de 1916, publicou um artigo sobre a teoria da relatividade geral. Enquanto acumulava cargos em universidades e instituições, continuou a lidar com problemas da mecânica estatística e teoria quântica, o que levou às suas explicações sobre a teoria das partículas e o movimento browniano. Também investigou as propriedades térmicas da luz, o que lançou as bases da teoria dos fótons. Em 1917, aplicou a teoria da relatividade geral para modelar a estrutura do universo como um todo. Suas obras renderam-lhe o status de celebridade mundial enquanto tornava-se uma nova figura na história da humanidade, recebendo prêmios internacionais e sendo convidado de chefes de estado e autoridades.

Estava nos Estados Unidos quando o Partido Nazista chegou ao poder na Alemanha, em 1933, e não voltou para o seu país de origem, onde tinha sido professor da Academia de Ciências de Berlim. Estabeleceu-se então no país, onde naturalizou-se em 1940. Na véspera da Segunda Guerra Mundial, ajudou a alertar o presidente Franklin Delano Roosevelt que a Alemanha poderia estar desenvolvendo uma arma atômica, recomendando ao presidente americano a começar uma pesquisa semelhante, o que levou ao que se tornaria o Projeto Manhattan. Apoiou as forças aliadas, denunciando, no entanto, a utilização da fissão nuclear como uma arma. Mais tarde, com o filósofo britânico Bertrand Russell, assinou

o Manifesto Russell-Einstein, que destacou o perigo das armas nucleares. Foi afiliado ao Instituto de Estudos Avançados de Princeton, onde trabalhou até sua morte em 1955.

Realizou diversas viagens ao redor do mundo (inclusive ao Brasil), deu palestras públicas em conceituadas universidades e conheceu personalidades célebres de sua época, tanto na ciência quanto fora do mundo acadêmico. Publicou mais de 300 trabalhos científicos, juntamente com mais de 150 obras não científicas. Suas grandes conquistas intelectuais e originalidade fizeram da palavra “Einstein” sinônimo de gênio. Em 1999 foi eleito por 100 físicos renomados o mais memorável físico de todos os tempos. No mesmo ano a revista *TIME*, em uma compilação com as pessoas mais importantes e influentes, o classificou a pessoa do século XX.

Anaxímenes de Mileto (c. 570-c. 500)



Anaxímenes de Mileto foi um filósofo grego pré-socrático do Período Arcaico, ativo na segunda metade do século VI (a.C.). Anaxímenes, tal como outros na sua escola de pensamento, praticou o materialismo monista. Esta tendência para identificar uma específica realidade composta de um elemento material constitui o âmago das contribuições que deu fama a Anaxímenes. Escreveu a obra “Sobre a natureza”, em forma de prosa. Dedicou-se especialmente à meteorologia. Foi o primeiro a afirmar que a luz da Lua é proveniente do Sol. Anaximenes nasceu em Mileto, aproximadamente em 588 (a.C.). Seu pai era Eurístrato. Teofrasto descreve Anaximenes como discípulo e companheiro de Anaximandro sendo, aparentemente, cerca de vinte e dois anos mais novo do que ele. Como mencionado por Plínio, o Velho, em sua História Natural (livro II, capítulo LXXVI), Anaximenes foi o primeiro a analisar o cálculo geométrico das sombras para medir as partes e divisões do dia, e projetou para ele um relógio de sol, que ele chama de sciothericon. Diógenes Laércio afirma que, segundo Apolodoro, Anaximenes morre na 63ª Olimpíada (528-525 a.C.).

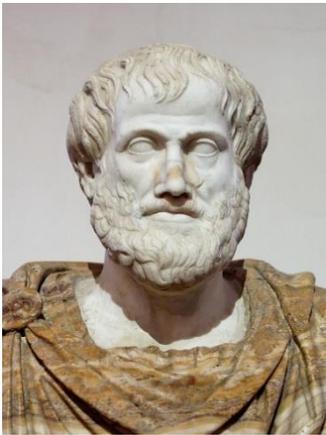
Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794)



Nascido em uma família rica em Paris, Antoine Laurent Lavoisier herdou uma grande fortuna com a idade de cinco anos pelo falecimento de sua mãe. Ele foi educado no Collège des Quatre-Nations (também conhecido como Collège Mazarin), de 1754 a 1761, estudando química, botânica, astronomia e matemática. Ele tinha em mente seguir os passos de seu pai e ainda obteve sua licença para praticar a lei em 1764 antes de voltar a uma vida de ciência. Lavoisier é considerado o pai da química moderna porque foi ele quem descobriu que a água é uma substância composta, formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio: H_2O . Essa descoberta foi muito importante para a época, pois, segundo a teoria de Tales de Mileto, que ainda era aceita, a água era um dos quatro elementos terrestres primordiais, a partir da qual outros materiais

eram formados. Em 16 de dezembro de 1771 Lavoisier casou-se com uma jovem aristocrata, de nome Marie-Anne Pierrette Paulze. A sua mulher tornou-se num dos seus mais importantes colaboradores, não só devido ao seu conhecimento de línguas (em particular o inglês e o latim), mas também por ser ilustradora. Marie-Anne foi responsável pela tradução, para francês, de obras científicas escritas em inglês e em latim, fazendo ilustrações de algumas das experiências mais significativas feitas por Lavoisier. Ele viveu na época em que começava a Revolução Francesa, quando o terceiro estado (camponeses, burgueses e comerciantes) disputava o poder na França. Lavoisier foi guilhotinado em 8 de maio de 1794 por ter sido um rendeiro geral. Os rendeiros gerais eram muito impopulares por causa das exações que muitos praticavam, sendo todos condenados à guilhotina. Lavoisier foi executado em quarto lugar, num total de vinte e oito.

Aristóteles (c. 384-c. 322)



Aristóteles (Estagira, 384 a.C. — Atenas, 322) foi um filósofo grego que viveu durante o período clássico na Grécia antiga. Fundador da escola peripatética e do Liceu, além de ter sido aluno de Platão e professor de Alexandre, o Grande. Seus escritos abrangem diversos assuntos como: a física, a metafísica, as leis da poesia e do drama, a música, a lógica, a retórica, o governo, a ética, a biologia, a linguística, a economia e a zoologia. Juntamente com Platão e Sócrates (professor de Platão), Aristóteles é visto como um dos fundadores da filosofia ocidental. Em 343 a.C. torna-se tutor de Alexandre da Macedônia, na época com treze anos de idade, o qual foi o mais célebre conquistador do mundo antigo. Em 335 a.C. Alexandre assume o trono e Aristóteles volta para Atenas onde funda o *Liceu*.

Todos os aspectos da filosofia de Aristóteles continuam sendo objeto de estudos acadêmicos. Embora Aristóteles tenha escrito muitos tratados e diálogos formatados para publicação, apenas cerca de um terço de sua produção original sobreviveu, nenhuma delas destinada à publicação. Aristóteles foi retratado por grandes artistas, como Rafael Sanzio e Rembrandt. As primeiras teorias científicas modernas, incluindo a circulação do sangue de William Harvey e a cinemática de Galileu Galilei, foram desenvolvidas em reação às teorias de Aristóteles. No século XIX, George Boole deu à lógica de Aristóteles uma base matemática com um sistema de lógica algébrica. No século XX, Martin Heidegger criou uma nova interpretação da filosofia política de Aristóteles. Entratando em outros lugares Aristóteles foi amplamente criticado, até mesmo ridicularizado por pensadores como o filósofo Bertrand Russell e o biólogo Peter Medawar. Mais recentemente, Aristóteles foi novamente levado a sério, como no pensamento ético de autores como Ayn Rand, Alasdair MacIntyre, John McDowell e Philippa Foot, enquanto Armand Marie Leroi reconstruiu a biologia aristotélica. A imagem de Aristóteles orientando o jovem Alexandre permanece atual, como foi retratada no filme de 2004, *Alexandre*. Sua obra *Poética* continua a exercer influência no cinema norte-americano.

Balfour Stewart (1828-1887)



Após estudar na Universidade de Edimburgo e na Universidade de St Andrews, trabalhou algum tempo na Austrália para seu pai, um comerciante de chás. Após retornar à Escócia, dedicou-se novamente à física, sendo assistente de James David Forbes em 1856, e em 1859 diretor do observatório de Kew. Pesquisou sobre meteorologia e campo magnético terrestre.

Em 1868 recebeu por seus trabalhos a medalha Rumford da Royal Society, da qual era membro desde 1862. Dentre suas mais destacadas publicações estão *Observations with a Rigid Spectroscope*, *Heating of a Disc by Rapid Motion in Vacuo*, *Thermal Equilibrium in an Enclosure Containing Matter in Visible Motion* e *Internal Radiation in Uniaxal Crystals*.

Em 1870 tornou-se professor de física no Owens College em Manchester, onde permaneceu até falecer em sua casa de campo. De 1885 a 1887 foi o segundo presidente da Society for Psychical Research.

Barão Jean Baptiste Fourier (1768-1830)



Jean-Baptiste Joseph Fourier foi o 12º filho dos 15 que teve seu pai, um alfaiate em Auxerre. Ele ficou órfão muito jovem, pois a sua mãe morreu quando ele tinha nove anos e o seu pai no ano seguinte. Ele foi internado na escola militar de Auxerre, um colégio beneditino, onde inicialmente mostrou ter talento para a literatura. Aos treze anos começou a interessar-se pela matemática. Aos quatorze anos já tinha lido os seis volumes do *Curso de Matemática* de Étienne Bézout e em 1783 recebeu o primeiro prêmio pelo seu estudo da *Mecânica Geral* de Charles Bossut.

Em 1787 decidiu seguir a carreira religiosa e entrou na abadia beneditina de St. Benoit-sur-Loire. No entanto, persistiu no seu interesse pela matemática e manteve correspondência com o professor de matemática de Auxerre e enviou um manuscrito a Jean-Étienne Montucla em Paris. Abandonou a abadia em 1789, sem chegar a fazer os votos religiosos, e visitou Paris onde apresentou um artigo à Academia Real de Ciências francesa sobre as suas pesquisas para a solução de equações numéricas, assunto que o interessou para o resto da vida. Em 1790 tornou-se professor de matemática na escola militar de Auxerre (onde já tinha estudado). Em 1793, seduzido pelos ideais republicanos, envolveu-se na política juntando-se ao Comité Revolucionário de Auxerre. Ele escreveu:

“Enquanto se desenvolveram as ideias naturais de igualdade, foi possível conceber a esperança sublime de estabelecer entre nós um governo livre, isento de reis e padres e libertar deste duplo jugo o solo usurpado da Europa. Eu apaixonei-me por esta causa, que é na minha opinião a maior e a mais bela que uma nação pode empreender.”

Fourier tentou demitir-se do comité revolucionário depois do terror gerado pela Revolução Francesa, com o qual não estava de acordo. Mas nessa altura ele já estava demasiado envolvido na Revolução para poder abandonar a sua atividade política. Esta

atividade era extremamente complicada pelas diferentes facções revolucionárias que se debatiam violentamente entre si. O próprio Fourier terminou preso em julho de 1794, depois de ter defendido em Orléans uma destas facções. Temendo pela sua vida, sobretudo depois da morte de Robespierre condenado à guilhotina. Ele tinha, até ser preso, continuado a ensinar matemática em Auxerre, mas no final de 1794 é nomeado para estudar na École Normale de Paris. Esta instituição foi fundada pela república com o objetivo de ensinar professores e abriu em janeiro de 1795. Nesta escola, Fourier tem como professores Joseph-Louis de Lagrange, Pierre Simon Laplace e Gaspard Monge, os maiores físicos-matemáticos da época. Ele começou então a ensinar primeiro no Collège de France e depois na École Polytechnique sob a direção de Lazare Carnot e Gaspard Monge. Ele voltou a ser preso por razões políticas, mas depois de apelos de seus alunos e professores, e também talvez por uma certa calma política, voltou a ser libertado. Em 1795 ele voltou a ensinar na École Polytechnique e em 1797 sucedeu a Lagrange ao ser nomeado para a cátedra de Análise e Mecânica nesta escola. Em 1798, juntou-se a Napoleão na sua expedição ao Egito e foi feito governador e secretário do Instituto do Egito fundado por Napoleão no Cairo. Em 1801, depois das vitórias inglesas e resultante capitulação francesa, Fourier voltou a França e foi nomeado por Napoleão Prefeito de Isère, posto que conservou até à Restauração. Tendo mais tarde sido nomeado prefeito de Grenoble. Foi em Grenoble que Fourier desenvolveu a maioria do seu trabalho experimental e teórico sobre a propagação do calor. Este permitiu-lhe modelar a evolução da temperatura através de séries trigonométricas. Em 1822 Fourier escreveu “Theorie analytique de la chaleur” (Teoria Analítica do Calor), um marco na física-matemática. Este trabalho contribui aos fundamentos da termodinâmica e constitui uma melhoria muito importante para a modelização matemática dos fenômenos físicos. Abre a área matemática de teoria de análise de Fourier. No entanto, uma simplificação excessiva e pouco rigorosa, geram muitas críticas de Laplace e Lagrange. Em particular, neste trabalho Fourier afirma que uma função de uma variável, contínua ou descontínua, pode ser expandida em uma série de senos de múltiplos da variável. Este resultado incorreto teve, no entanto, uma grande importância ao incluir a possibilidade de expandir deste modo também funções descontínuas. Lagrange, que já tinha estudado este problema anteriormente, foi particularmente crítico da demonstração apresentada por Fourier. Mais tarde esta demonstração foi melhorada por matemáticos como Johann Dirichlet, François Budan de Boislaurent e Jacques Charles François Sturm, que apresentou a versão final ao chamado teorema de Fourier em 1829.

Barão Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816)



Louis-Bernard Guyton, Barão de Morveau (conhecido também como Louis-Bernard Guyton-Morveau após a Revolução Francesa era químico, político e aeronauta francês. Ele é creditado com a produção do primeiro método sistemático de nomenclatura química. Guyton de Morveau nasceu em Dijon, onde atuou como advogado, então *advogado-geral*, do *parlamento de Dijon*. Em 1773, já interessado em química, ele propôs o uso de “gás de ácido muriático” para a fumigação de edifícios e, como resultado, às vezes é creditado por ter

sugerido cloro nesse uso. No entanto, o cloro não era bem caracterizado na época, e o cloreto de hidrogênio (produzido pela reação do cloreto de sódio e do ácido sulfúrico) era na verdade o agente de fumigação gasosa ativo. Em 1782, ele renunciou ao cargo para dedicar-se à química, colaborando na *Encyclopédie Méthodique* e trabalhando para aplicações industriais. Ele executou vários serviços úteis nesse papel e fundou a *Sociedade de Minas e Verreries* em Saint-Bérain-sur-Dheune. Ele desenvolveu o primeiro sistema de nomenclatura química. Em 1783, foi eleito membro estrangeiro da Academia Real Sueca de Ciências e, em 1788, membro da Royal Society.

Conde Amedeo Avogadro (1776-1856)



Amedeo Avogadro nasceu em 9 de agosto de 1776. Seu pai, Conde Filippo Avogadro, foi um célebre advogado, sendo eleito presidente do senado de Piemonte em 1799. Amedeo Avogadro foi para a escola de Turim, seguir carreira de advogado eclesiástico, e formou-se bacharel em 1792, com 16 anos. Quatro anos mais tarde defendeu seu doutorado.

Mesmo tendo uma carreira de sucesso na advocacia (fora secretário da prefeitura de Eridano), Avogadro interessava-se pelas Ciências Naturais. Ainda como secretário da cidade de Eridano, Avogadro começou a estudar ciências por conta própria: física e química e também a matemática. Em 1809 passou a lecionar física no Realle Collegio de Varcelli. Dois anos mais tarde, em 1811, fez uma publicação sobre as moléculas e o átomo, no *Jornal Científico*. Foi uma de suas mais importantes teses, sobre o hidrogênio e oxigênio da água. Em 1820 ingressa na Universidade de Turim como responsável pela cadeira de física. Trabalhou lá por 30 anos, período em que boa parte de sua obra foi publicada. Elaborou a Hipótese de Avogadro, que dizia: “Volumes iguais de gases diferentes à mesma temperatura e pressão contêm o mesmo número de moléculas”. Morreu em Turim em 9 de julho de 1856. Dois anos após sua morte, o também químico italiano Stanislao Cannizzaro estabeleceu em definitivo a teoria atômico-molecular.

Conde Antoine François Fourcroy (1755-1809)



Antoine François de Fourcroy foi químico e político. Nasceu em Paris no dia 15 de junho de 1755, falecendo na mesma cidade em 16 de dezembro de 1809. No âmbito da química, descobriu o fosfato de magnésio, desenvolveu estudos sobre a gelatina e albumina e também melhorou o processo de separação do estanho e cobre. Como político, foi o ministro responsável pela criação do *Muséum national d’histoire naturelle*, pela reorganização do ensino superior assim como dos liceus e colégios.

Conde Claude Louis Berthollet (1748-1822)



Claude Louis Berthollet foi um químico francês nascido em Talloires, perto de Annecy, então província do Reino da Sardenha, no dia 9 de dezembro de 1748, vindo a falecer em Arcueil, no dia 6 de novembro de 1822).

Berthollet estudou medicina na Universidade de Turim, graduando-se em 1770. Em 1772 foi para Paris, onde estudou química. Se casou em 1778, e no mesmo ano obteve um segundo doutorado de medicina em Paris, pois seu título não era reconhecido na França.

Abandonou a profissão de médico para dedicar-se integralmente ao estudo da química, e devido à publicação de numerosos e excelentes trabalhos foi indicado em 1780 para membro da Academia das Ciências da França. Foi eleito membro da Royal Society em 1789.

Em 1784 foi designado diretor de Produção de Gobelins, numa famosa fábrica de produção de tapetes. Descobriu as propriedades descolorantes do cloro, projetando um procedimento para branquear telas utilizando uma solução de hipoclorito de sódio, tornando-se o inventor da “água de Javel”.

Em 1791, publicou “*Éléments de l'art de la teinture*”, como conclusão das pesquisas realizadas durante seu trabalho na Fábrica de Gobelins. Também trabalhou sobre explosivos. Junto com seu amigo Gaspard Monge, foi um dos comissários do governo na busca de objetos de ciência e arte dos países conquistados pelos exércitos da República. Na Itália conheceu o jovem general Bonaparte. Tomou parte do grupo de cientistas que, em 1798, acompanharam Napoleão ao Egito, onde estudou as propriedades do carbonato de sódio hidratado natural ($\text{Na}_3(\text{HCO}_3)(\text{CO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Entrou na secção de física do Instituto do Egito em 20 de agosto de 1789, sendo eleito vice-presidente e em junho de 1790 assumiu a presidência. Elaborou sua teoria sobre afinidades químicas como resultado de uma exploração aos lagos de natrão. Participou também no reconhecimento da região de Suez e na campanha da Síria. Junto com Bonaparte deixou o Egito em 23 de agosto de 1799, recuperando sua cátedra no Instituto Nacional. Em 1802, assumiu a presidência da comissão encarregada de preparar a *Description de l'Égypte*.

Em 1803, publicou *Recherche sur les lois des affinités chimiques* e *Essai de statistique chimique*. Neste último livro definiu pela primeira vez o conceito de equilíbrio químico. Suas pesquisas receberam a influência de Antoine Lavoisier. Trabalhou com Gaspard Monge e teve Louis Joseph Gay-Lussac como discípulo e protegido.

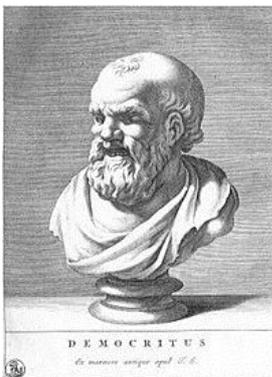
Sob o Império recebeu o título de conde, e foi nomeado oficial da Legião de Honra. Em 1804, foi eleito senador. Mais tarde, fundou a “Sociedade de Arcueil”, onde se reuniam cientistas como Laplace e Gay-Lussac. Votou pela deposição de Napoleão. Este destituiu-o da câmara dos pares, porém reassumiu com Luís XVIII. Morreu em 6 de novembro de 1822. Em sua homenagem, foi dado seu nome a um Liceu em Annecy.

Daniel Rutherford (1749-1819)



Daniel Rutherford nasceu no dia 3 de novembro de 1749 e faleceu no dia 15 de dezembro de 1819. Foi um médico, químico e botânico escocês conhecido pelo isolamento de nitrogênio em 1772. Rutherford nasceu em 3 de novembro de 1749, filho de Anne Mackay e do professor John Rutherford (1695–1779). Começou a faculdade aos 16 anos de idade na Mundell's School em West Bow, perto de sua casa de família, e depois estudou medicina sob William Cullen e Joseph Black, da Universidade de Edimburgo, formaram com doutorado (MD) em 1772. De 1775 a 1786, ele praticou a medicina na cidade de Edimburgo. Foi um dos fundadores da Royal Society of Edinburgh no ano de 1783. Foi presidente da Sociedade Harveian em 1787. Nessa época, morava em Hyndford Close, na Royal Mile. Foi professor de botânica na Universidade de Edimburgo e o 5º Regius Keeper do Royal Botanic Garden Edinburgh de 1786 a 1819. Foi presidente do Royal College of Physicians of Edinburgh de 1796 a 1798. Seus alunos incluíam Thomas Brown, de Lanfine e Waterhaughs. Por volta de 1805, ele se mudou de Hyndfords Close para uma casa recém-construída na 20 Picardy Place, no topo de Leith Walk, onde viveu pelo resto da vida. Morreu em Edimburgo em 15 de dezembro de 1819.

Demócrito de Abdera (c. 470-c. 380)



Demócrito de Abdera (em grego antigo: Δημόκριτος, Dēmokritos, “escolhido do povo”, 460 a.C. – 370 a.C.) foi um filósofo pré-socrático da Grécia Antiga. Nasceu na cidade de Mileto ou Abdera, viajou pela Babilônia, Egito e Atenas, e se estabeleceu em Abdera no final do século V a.C. Do ponto de vista filosófico, a maior parte de suas obras (segundo a doxografia) tratou da ética e não apenas da *physis* (cujo estudo caracterizava os pré-socráticos). Demócrito foi discípulo e depois sucessor de Leucipo de Mileto. Sua fama decorre do fato de ele ter sido o maior expoente da teoria atômica ou do atomismo. De acordo com essa teoria, tudo o que existe é composto por elementos indivisíveis chamados átomos (do grego, "a", negação e "tomo", divisível. *Átomo* = indivisível). Não há certeza se a teoria foi concebida por ele ou por seu mestre Leucipo, e a ligação estreita entre ambos dificulta a identificação do que foi pensado por um ou por outro. Todavia, parece não haver dúvidas de ter sido Demócrito quem de fato sistematizou o pensamento e a teoria atomista. Demócrito avançou também o conceito de um universo infinito, onde existem muitos outros mundos como o nosso. Embora amplamente ignorado em Atenas durante sua vida, a obra de Demócrito foi bastante conhecida por Aristóteles, que a comentou extensivamente. É famosa a história de que Platão detestava tanto Demócrito que queria que todos os seus livros fossem queimados. Há anedotas segundo as quais Demócrito ria e gargalhava de tudo e dizia que o riso torna sábio, o que o levou a ser conhecido, durante o renascimento, como “o filósofo que ri”. Na Grécia antiga, Protágoras de Abdera teria sido seu discípulo direto e, posteriormente, o

principal filósofo influenciado por ele foi Epicuro. No renascimento muitas de suas ideias foram aceitas (por exemplo, Giordano Bruno), e tiveram um papel importante durante o iluminismo. Muitos consideram que Demócrito é “o pai da ciência moderna”.

Empédocles de Akragas (atual agrigento) (c. 490-c. 430)



Empédocle's.

Empédocles nasceu em 495 a.C. em Agrigento (Ácragas) na Sicília, em uma renomada família. Pouco se sabe sobre sua vida. Seu pai Meto parece ter sido importante na derrubada do tirano de Agrigento, presumidamente Trasideu, filho de Terone, em 470 a.C. Empédocles deu seguimento à tradição democrática da sua família, ajudando a derrubar o governo oligarca seguinte. Diz-se que ele foi magnânimo apoiando os pobres; severo na perseguição dos abusos da aristocracia e até declinou de governar a cidade quando lhe foi oferecido. Sua oratória brilhante, seu conhecimento profundo da natureza e a reputação de seus poderes sobrenaturais, incluindo a cura de doenças e previsão de epidemias produziram vários mitos e histórias em torno de seu nome.

Era tido como mágico e controlador de tempestades. Ele mesmo, em seu famoso poema *Purificações* parece ter prometido poderes miraculosos, inclusive a destruição do mal, a cura da velhice e controle sobre a chuva e o vento. Empédocles era ligado por laços de amizade aos médicos de Acron e Pausânias, que eram seus *eromenos*, a vários pitagóricos e até, há quem diga, a Parmênides e Anaxágoras. O único discípulo de Empédocles mencionado é o sofista e retórico Górgias. Timeu e Dicearco de Messina falaram da viagem de Empédocles ao Peloponeso e da admiração que lhe foi prestada lá. Outros mencionaram sua estadia em Atenas e na então recém fundada colônia de Túrio, em 446 a.C. Existem também alguns interessantes relatos de sua viagem ao extremo oriente às terras dos magos. De acordo com Aristóteles, ele morreu com 60 anos (c. 430 a.C.), embora outros escritores o tenham como vivendo até aos cento e nove anos de idade. De forma semelhante, há alguns mitos acerca da sua morte: uma tradição, que é atribuída a Heráclides do Ponto, representa-o como tendo sido removido da terra; enquanto outras o têm perecendo nas chamas do Monte Etna.

Eugen Lommel (1837-1899)



Eugen Cornelius Joseph von Lommel foi um físico alemão nascido em Edenkoben no dia 19 de março de 1837 vindo a falecer na cidade de Munique em 19 de junho de 1899.

É conhecido pelo polinômio de Lommel e a função de Lommel. Foi orientador de Johannes Stark, Nobel de Física de 1919.

Estudou matemática e física na Universidade de Munique, entre 1854 e 1858. De 1860 a 1865 lecionou física e química na escola do cantão de Schwyz. De 1865 a 1867 lecionou no colégio de Zurique e foi simultaneamente

“privatdozent” no Instituto Federal de Tecnologia de Zurique bem como na escola politécnica. De 1867 a 1868 foi professor de física da Universidade de Hohenheim. Foi finalmente catedrático de física experimental da Universidade de Erlangen-Nuremberga em 1868, e então foi para a Universidade de Munique em 1886, onde faleceu em 1899.

Francis Bacon (1561-1626)



Francis Bacon, 1º Visconde de Alban também referido como Bacon de Verulâmio (nascido em Londres, 22 de janeiro de 1561; falecido em Londres, 9 de abril de 1626) foi um político, filósofo, cientista, ensaísta inglês, barão de Verulam (ou Verulamo ou ainda Verulâmio) e visconde de Saint Alban. É considerado como o fundador da ciência moderna. Desde cedo, sua educação orientou-o para a vida política, na qual exerceu posições elevadas. Em 1584 foi eleito para a câmara dos comuns. Sucessivamente, durante o reinado de Jaime I, desempenhou as funções de procurador-geral (1607), fiscal-geral (1613), guarda do selo (1617) e grande chanceler (1618).

Neste mesmo ano, foi nomeado barão de Verulam e em 1621, barão de Saint Alban. Também em 1621, Bacon foi acusado de corrupção. Condenado ao pagamento de pesada multa, foi também proibido de exercer cargos públicos.

Como filósofo, destacou-se com uma obra onde a ciência era exaltada como benéfica para o homem. Em suas investigações, ocupou-se especialmente da metodologia científica e do empirismo, sendo muitas vezes chamado de “fundador da ciência moderna”. Sua principal obra filosófica é o *Novum Organum*. Francis Bacon foi um dos mais conhecidos e influentes rosacruz e também um alquimista, tendo ocupado o posto mais elevado da Ordem Rosacruz, o de *Imperator*. Estudiosos apontam como sendo o real autor dos famosos manifestos rosacruz, *Fama Fraternitatis* (1614), *Confessio Fraternitatis* (1615) e *Núpcias Alquímicas de Christian Rozenkreuz* (1616).

Georg Ernst Stahl (1660-1734)



Georg Ernst Stahl nasceu em Ansbach, na Baviera, a 21 de outubro de 1660, filho de um pastor protestante. Diferentes registros da sua vida referem que era um homem de carácter reservado. Stahl estudou medicina na Universidade de Jena, sob a orientação de Georg Wedel (1645-1721) e tendo como colega Friedrich Hoffmann (1660-1716). Doutorou-se nessa Universidade em 1684. Stahl foi professor em Jena desde 1693 (um ano antes da sua formação) até 1694. Nesse ano aceitou o convite de Friedrich Hoffmann para leccionar medicina na recém criada Universidade de Halle an der Saale. Entretanto tornou-se médico do Duque de Saxónia-Weimar.

Stahl trabalhou em conjunto com Hoffmann durante 20 anos. No entanto ao longo desse tempo a relação entre os dois tornou-se mais amarga, devido a diferenças de temperamento e a divergências quanto a fatos científicos. Ao contrário de Hoffmann, Stahl não aceitava que a vida poderia ser simplesmente explicada por processos mecânicos. Stahl considerava que os seres vivos continham “algo extra”, a que chamou *anima*, a alma.

Em 1716 a fama de Stahl era tal, que se tornou médico pessoal de Frederico I da Prússia, em Berlim. Ocupou este cargo até à sua morte, em 14 de maio de 1734. Ao longo da sua vida Stahl publicou vários tratados e artigos sobre química e medicina. No entanto o que o tornou famoso foi a formulação da teoria do flogisto e a defesa da teoria do animismo, antepassada da teoria do vitalismo (em medicina).

George Fordyce (1736-1802)



George Fordyce (nascido em 18 de novembro de 1736; falecido em 25 de maio de 1802) foi um distinto médico escocês, professor de medicina e químico, membro da Royal Society e membro do Royal College of Physicians.

George Fordyce nasceu em Aberdeen em 1736, pouco depois da morte de seu pai, George Fordyce, sendo proprietário de uma pequena propriedade chamada Broadford, perto da cidade. Ele foi levado de casa aos dois anos de idade após o casamento de sua mãe e foi enviado para Foveran, Aberdeenshire, onde recebeu sua educação. Depois disso, ele frequentou a Universidade de Aberdeen, onde obteve o grau de Mestre em Artes aos 14 anos.

Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887)



Gustav Robert Kirchhoff foi um físico alemão. Nasceu em Königsberg em 12 de março de 1824 e faleceu em Berlim em 17 de outubro de 1887.

Suas contribuições científicas foram principalmente no campo dos circuitos elétricos, na espectroscopia, na emissão de radiação dos corpos negros e na teoria da elasticidade (modelo de placas de Kirchhoff-Love). Kirchhoff propôs o nome de “radiação do corpo negro” em 1862. É autor de duas leis fundamentais da teoria clássica dos circuitos elétricos e da emissão térmica.

Kirchhoff e Bunsen encontraram um meio de determinar a composição das estrelas, analisando seus espectros, e com isto mostraram que o Sol contém os mesmos elementos que a Terra, embora em diferentes proporções e em outras condições (devido à pressão, temperatura, etc.). Com isto também descobriram novos elementos químicos.

Hans Christian Oersted (1777-1851)



Hans Christian Ørsted foi um físico e químico dinamarquês nascido em Rudkøbing no dia 14 de agosto de 1777 falecendo em Copenhag, no dia 9 de março de 1851.

É conhecido sobretudo por ter descoberto que as correntes eléctricas podem criar campos magnéticos um passo importante no Eletromagnetismo. As suas descobertas moldaram a filosofia pós-kantiana e os avanços na ciência durante o final do século XIX. Foi também o primeiro pensador moderno a descrever explicitamente e denominar a experiência mental.

Heinrich Hertz (1857-1894)



Hertz nasceu em Hamburgo a 22 de fevereiro de 1857. Interessou-se desde muito cedo pela construção de mecanismos, tema que sempre o atraiu, mesmo enquanto trabalhou na área da física. Frequentou uma faculdade de engenharia durante dois anos. No entanto, a sua vontade de levar a cabo investigação científica fê-lo optar pela física, tendo ingressado na Universidade Humboldt de Berlim em 1878. Obteve, em 1880, num trabalho proposto por Hermann von Helmholtz, seu professor, intitulado *Sobre a Energia Cinética da Eletricidade*, um resultado excepcional, dada a pesquisa original que efetuara. Torna-se, nesse mesmo ano, assistente de von Helmholtz, ocupação durante a qual estuda a elasticidade dos gases e a propagação de descargas elétricas através deles.

Três anos mais tarde, torna-se professor na Universidade de Kiel, onde inicia investigações sobre a eletrodinâmica de Maxwell, a qual se opunha à eletrodinâmica mecanicista e a anteriores teorias sobre a natureza da ação a distância. Muda-se novamente em 1885, desta vez para Karlsruhe, onde lecionou na Escola Politécnica. Casa-se, um ano mais tarde, com Elisabeth Doll, filha de um colega professor. A partir de 1883, ano da sua mudança para Kiel, descobre a produção e propagação das ondas eletromagnéticas bem como formas de controlar a frequência das ondas produzidas. Todas essas experiências permitiram-lhe demonstrar a existência de radiação eletromagnética, tal como previsto teoricamente por Maxwell.

A respeito das propriedades das ondas eletromagnéticas, que Heinrich Rudolf Hertz passa a estudar, descobriu que a sua velocidade de propagação é igual à velocidade da luz no vácuo, que têm comportamento semelhante ao da luz, e que oscilam num plano que contém a direção de propagação. Demonstrou também a refração, a reflexão e a polarização das ondas. Em 1888, apresentou os resultados das suas experiências à comunidade científica, os quais obtiveram o sucesso merecido. Cinco anos mais tarde, no início de 1893, Hertz adoece e é operado de um tumor na orelha. No entanto, no final desse ano, adoece de novo e, no dia 1 de

janeiro de 1894, antes de completar 37 anos, morre de bacteremia. Está sepultado no Cemitério de Ohlsdorf, Hamburgo, Alemanha.

Heinrich Leopold Rubens (1865-1922)

Heinrich Leopold Rubens foi um destacado físico alemão. Nasceu em Wiesbaden, (Confederação Alemã), no dia 30 de março de 1865, e faleceu em Berlim (República de Weimar) no dia 17 de julho de 1922).

Rubens iniciou seus estudos superiores na Universidade Técnica de Darmstadt como estudante de engenharia elétrica e continuou na Universidade Técnica de Berlim, estudando mais tarde física na Universidade de Estrasburgo e na Universidade Humboldt, onde obteve seu doutorado em agosto de 1889, sob a orientação Kundt, com a tese *Die selektive Reflexion der Metalle* (O reflexo seletivo de metais). Permaneceu em Berlim como *Privatdozent* até 1896, quando foi nomeado professor de física e química na Universidade Técnica de Berlim. Em 1900, ele foi para a Universidade de Berlim para suceder a Paul Drude. Recebeu a Medalha Rumford da Royal Society em 1910 e um doutorado honorário da Universidade de Cambridge. Era membro das academias de ciências de Berlim e Göttingen.

Henry Cavendish (1731-1810)



Henry Cavendish nasceu em 10 de outubro de 1731 em Nice, França, então parte do Reino da Sardenha onde sua família morava na época. Sua mãe Lady Anne Grey era filha do Duque de Kent, e seu pai Lord Charles Cavendish era filho do segundo Duque de Devonshire. Sua mãe morreu em 1733, três meses depois do nascimento do segundo filho do casal, Frederick, e pouco antes do segundo aniversário de Henry Cavendish, deixando Lord Charles Cavendish para cuidar de seus dois filhos.

Aos 11 anos, Henry Cavendish era aluno na escola particular Dr. Newcome's School, em Hackney, perto de Londres. Em 1749, aos 18 anos, ingressou na Universidade de Cambridge, no St. Peter's College, então conhecido como Peterhouse, mas abandonou o curso quatro anos depois, sem se graduar. Cavendish era quieto e solitário, não formando relacionamentos pessoais próximos fora de sua família. Cavendish, que era particularmente tímido com as mulheres, para evitar encontrar sua empregada, construiu uma escada atrás de casa. Saía socialmente apenas para o clube da Royal Society, cujos membros jantavam juntos antes dos encontros semanais. Cavendish raramente perdia estas reuniões e era profundamente respeitado por seus contemporâneos. De comportamento antissocial e sigiloso, Cavendish frequentemente evitou publicar seu trabalho. Somente no final do século XIX, muito depois de sua morte, que James Clerk Maxwell leu os documentos de Cavendish e encontrou inovações pelas quais outros receberam crédito. Alguns exemplos das descobertas ou antecipações de Cavendish são: Lei das Proporções Recíprocas, de Richter, Lei de Ohm, Lei das pressões parciais, de Dalton, princípios da condutividade elétrica (incluindo a Lei de Coulomb), e Lei dos Gases,

de Charles. Cavendish morreu em 1810, aos 78 anos, e foi enterrado na Catedral de Derby, ao lado de vários de seus ancestrais.

Hermann von Helmholtz (1821-1894)



Hermann Helmholtz era filho do chefe do ginásio de Potsdam, Ferdinand Helmholtz, o qual tinha estudado filologia e filosofia e era um amigo próximo do filósofo Immanuel Hermann Fichte, filho de Johann Gottlieb Fichte. O trabalho de Helmholtz seria profundamente influenciado pela filosofia de Fichte e Kant. Ele tentou encontrar provas empíricas das suas teorias, tal como na *fisiologia*.

Enquanto o jovem Helmholtz estava interessado na ciência natural, seu pai queria que ele estudasse medicina na Charité, pois na ocasião havia ajuda financeira para os estudantes de medicina. Helmholtz escreveu sobre assuntos diversos, desde a idade da terra até a formação do sistema solar:

- na fisiologia e na psicologia fisiológica, contribuiu com teorias da visão, da percepção visual, percepção espacial, visão a cores, sensação de tom sonoro, percepção do som, etc.
- na física, é conhecido pelas suas teorias da conservação da energia, trabalhos em eletrodinâmica, termodinâmica química e numa fundação mecânica para a termodinâmica.
- na filosofia, é conhecido por sua filosofia da ciência, ideias sobre a relação entre as leis da percepção e as leis da natureza, sobre a estética e ideias sobre o poder civilizador da ciência.

Foi o criador da teoria da Panspermia Cósmica. Foi Sepultado no Friedhof Wannsee, Lindenstrabe.

Imperador Rômulo Augusto

Flávio Rômulo Augusto (em latim, *Flavius Romulus Augustus*; c 460 – após 476; possivelmente vivo até o ano de 507), conhecido como Rômulo Augusto ou Rômulo Augusto, foi o imperador romano que reinou o Império Romano do Ocidente de 31 de outubro de 475 até 4 de julho de 476. Ele é frequentemente descrito como o “último imperador romano do ocidente”, apesar de alguns historiadores atribuírem esse título a Júlio Nepos. Sua deposição por Odoacro tradicionalmente marca o fim do Império Romano no Ocidente, o fim de Roma Antiga, e o começo da Idade Média na Europa Ocidental.

Apesar de adotar o nome Augusto, como todos os outros imperadores, com sua ascensão, ele é melhor lembrado pelo seu apelido irrisório *Augustúlo*. O sufixo latino *-ulo* é um diminutivo; portanto *Augústulo* possui o significado de “Pequeno Augusto”.

Os registros históricos contêm poucos detalhes da vida de Rômulo. Ele era filho de Flávio Orestes, um romano que havia servido como secretário na corte de Átila, o Huno, antes de servir a Júlio Nepos em 475. No mesmo ano, ele foi promovido a mestre dos soldados, mas então liderou uma revolta militar que forçou Nepos a partir para exílio. Com a capital Ravena sob controle, Orestes empossou seu filho Rômulo como Imperador, apesar da

falta de apoio da corte oriental em Constantinopla. Rômulo, contudo, era apenas uma criança sob comando de seu pai. Após dez meses no poder, durante os quais sua autoridade e legitimidade foram questionadas além da Itália, Rômulo foi forçado a abdicar por Odoacro, um oficial federado germânico que derrotou e executou Orestes. Depois de tomar o controle de Ravena, Odoacro enviou o ex-imperador para viver em Castelo Luculano na Campânia. Após esse momento, Rômulo desaparece dos documentos históricos. Coincidentemente, o último imperador de Roma tem o mesmo nome de seu suposto primeiro rei.

James Clerk Maxwell (1831-1879)



James Clerk Maxwell foi um físico e matemático britânico. Nasceu em Edimburgo no dia 13 de junho de 1831, e faleceu em Cambridge no dia 5 de novembro de 1879. É mais conhecido por ter dado forma final à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica. Esta é a teoria que surge das equações de Maxwell, assim chamadas em sua honra e porque foi o primeiro a escrevê-las juntando a lei de Ampère, modificada por Maxwell, a lei de Gauss, e a lei da indução de Faraday. Maxwell demonstrou que os campos elétricos e magnéticos se propagam

com a velocidade da luz. Apresentou uma teoria detalhada da luz como um efeito eletromagnético, isto é, que a luz corresponde à propagação de ondas elétricas e magnéticas, hipótese que tinha sido posta por Michael Faraday. Foi demonstrado em 1864 que as forças elétricas e magnéticas têm a mesma natureza: uma força elétrica em determinado referencial pode tornar-se magnética se analisada noutro, e vice-versa. Ele também desenvolveu um trabalho importante em mecânica estatística, estudou a teoria cinética dos gases e descobriu a distribuição de Maxwell-Boltzmann. Seu trabalho em eletromagnetismo foi a base da relatividade restrita de Einstein e o seu trabalho em teoria cinética de gases fundamental ao desenvolvimento posterior da mecânica quântica.

James Prescott Joule (1818-1889)



James Prescott Joule foi um físico britânico. Nasceu em Salford no dia 24 de dezembro de 1818 e faleceu em Sale, Trafford, em de 11 de outubro de 1889).

Joule estudou a natureza do calor, e descobriu relações com o trabalho mecânico. Isso direcionou para a teoria da conservação da energia (a Primeira Lei da Termodinâmica). A nomenclatura joule, em sua homenagem para unidades de trabalho no SI só veio após sua morte. Joule trabalhou com Lorde Kelvin, para desenvolver a escala absoluta de temperatura. Também encontrou relações entre o fluxo de corrente através de uma resistência elétrica e o calor dissipado, agora chamada Lei de Joule. As ideias de Joule sobre energia não foram primordialmente aceitas, em parte por que

elas dependiam de medições extremamente precisas, o que não era tão comum para a física da época. No seu experimento mais bem conhecido (que envolvia a queda de um corpo que fazia girar uma haste com pás dentro de um recipiente com água, cuja temperatura ele mediu), era necessária a precisão de 1/200 graus Fahrenheit, o que seus contemporâneos não achavam possível. Os trabalhos de Joule complementam o trabalho teórico de Rudolf Clausius, que é considerado por alguns como co-inventor do conceito de energia.

Resistências vieram, pois o trabalho de Joule contrariava o que todos da época acreditavam, que o calor era um fluido, o “calórico”, e esse fluido não podia ser destruído nem mesmo criado. Joule, no entanto, dizia que o calor era apenas uma das formas de energia, e somente a soma de todas as formas é que permanecia conservada. Hoje em dia pode ser difícil entender tal atração na teoria do calórico, mas na época, essa teoria aparentava ter algumas vantagens óbvias. Joule estava propondo uma teoria cinética do calor, que requeria um conceito a mais: se o calor é devido a agitação das moléculas, por que então essa agitação não perdia sua intensidade gradualmente? As ideias de Joule necessitavam que se acreditasse que as colisões entre as moléculas seriam perfeitamente elásticas, mas devemos lembrar que os conceitos de átomos e moléculas ainda não eram completamente aceitos. A teoria de máquinas de calor de Carnot funcionava perfeitamente e era baseada no fato da existência do calórico, e somente depois foi provado por Lorde Kelvin que a matemática de Carnot seria igualmente válida sem se assumir a existência do calórico.

A descoberta da conservação da energia foi uma das chaves para a nova ciência da termodinâmica. Joule e seus contemporâneos não entendiam inicialmente que os processos termodinâmicos deveriam ser irreversíveis. Eles viam a energia no universo como sendo um processo que poderia ser repetido indefinidamente através da reciclagem da mesma energia. Essa ideia, no entanto, só veio a cair com a descoberta da Segunda Lei da Termodinâmica, que diz que a energia percorre um único sentido, e a descoberta da entropia.

Jean André Deluc (1727-1817)



Jean-André Deluc foi um geólogo e meteorologista suíço. Nasceu em Genebra no dia 8 de fevereiro de 1727 e faleceu em Windsor no dia 7 de novembro de 1817.

Descende de uma família de imigrantes de Lucca que se estabeleceu em Genebra no século XV. Seu pai, Francos Deluc, foi o autor de algumas publicações que buscavam refutar Bernard Mandeville e outros escritores racionalistas. Ele deu a seu filho uma excelente educação, orientando-lhe na matemática e nas ciências naturais.

Jean-André trabalhou no comércio, que foi sua principal ocupação nos primeiros 46 anos da sua vida, sem nenhuma outra interrupção que não fosse ocasionada por algumas viagens de negócios às nações vizinhas, e umas poucas excursões científicas entres os Alpes. Foi eleito membro da Royal Society em 1773.

Jean Baptiste Biot (1774-1862)



Jean-Baptiste Biot foi um físico, astrônomo e matemático francês. Nasceu em Paris no dia 21 de abril de 1774 e faleceu em Paris no dia 3 de fevereiro de 1862. No início da década de 1800, estudou a polarização da luz passando através de soluções químicas, bem como as relações entre a corrente elétrica e o magnetismo. A lei de Biot-Savart, que descreve o campo magnético gerado por uma corrente estacionário, leva esse nome devido à sua colaboração com Félix Savart. Biot graduou-se em engenharia na École Polytechnique de Paris. Em 1797 foi professor de matemática na École Centrale em Beauvais e, em 1800, professor de física no Collège de France em Paris, assim como em 1809 trabalhou como professor de astronomia. Foi um dos primeiros membros da Société d'Arcueil e também membro das três academias de ciências de Paris. Em 20 de agosto de 1804 colaborou com Gay-Lussac em viagem de balão, alcançando mediante esta expedição um recorde de ascensão, atingindo uma altura de 7.400 metros.

Johann Jakob Balmer (1825-1898)



Johann Jakob Balmer foi um físico e matemático suíço. Nasceu na Basileia no dia 1 de maio de 1825 tendo falecido na mesma cidade no dia 12 de março de 1898. Seu nome é particularmente conhecido pela descoberta da fórmula que determina o comprimento das linhas espectrais do hidrogênio atômico, em 1848. Essa fórmula, embora contendo apenas uma constante, representa com exatidão todas as linhas do hidrogênio atômico visíveis e também nas regiões próximas ao ultravioleta. As linhas espectrais constituem a chamada série de Balmer, a primeira das séries espectrais a serem observadas experimentalmente. A fórmula de Balmer serviu como modelo para as fórmulas de outras séries espectrais, sendo fundamental na espectrografia atômica.

Johann Joachim Becher (1635-1682)



Becher foi filho de um pastor protestante e antes professor em Estrasburgo. Ao que consta, não concluiu um curso universitário, e seu pai faleceu antes de lhe transmitir seus conhecimentos; mas Becher lia avidamente e adquiriu, como autodidata, vastos conhecimentos, não só químicos, mas em muitas outras áreas, chegando a dominar dez idiomas. Longas viagens pela França, Itália, Países Baixos e Suécia contribuíram para ampliar sua formação. Entre 1660 e 1661 estudou medicina na universidade de Mainz, onde mais tarde, de 1663 a 1664, foi professor. As más línguas dizem que obteve título e cátedra graças

ao patrocínio do Arcebispo-Eleitor de Mainz e a seu casamento com a filha do conselheiro Wilhelm von Hornick (para o que se converteu inclusive ao catolicismo). Foi médico e conselheiro, sucessivamente, de Johann Philipp o Sábio, Arcebispo de Mainz, de 1657 a 1664, do Duque da Baviera em Munique (1664/1670) e da corte imperial em Viena (1670/1678). Intrigas levaram ao seu rompimento com o imperador Leopoldo I, e Becher refugiou-se na Holanda e depois fixou-se na Inglaterra, onde trabalhou para o príncipe Roberto, do Reno (1619-1692), sobrinho do rei Carlos I (1600-1649). Morreu pobre em Londres, em 1682, depois de se converter novamente ao protestantismo, e está sepultado na Igreja de St. James in the Fields.

Johann Wilhelm Ritter (1776-1810)



Johann Wilhelm Ritter foi um físico alemão, responsável pela descoberta da radiação ultravioleta. Nasceu em Samitz em Haynau no dia 16 de dezembro de 1776, e faleceu em Munique no dia 23 de janeiro de 1810. Em 29 de outubro de 1797 relatou o Galvanismo, indicando que os procedimentos galvânicos estão sempre limitados na oxidação e na redução. Conseqüentemente tornou-se o fundador da teoria eletroquímica. A primeira eletrólise quantitativa da água foi feita por ele em 1800. No mesmo ano inventou a coluna de secagem e dois anos mais tarde projetou-a com sua coluna que da carga o molde do recolhimento do acumulador. Em 1803 criou a primeira pilha recarregável. Com o emprego de suas novas pilhas, fez várias observações sobre efeitos fisiológicos associados a estímulos elétricos, tendo constatado, por exemplo, que os músculos se contraem quando uma corrente elétrica aplicada aumenta de forma abrupta. Ele costumava usar o próprio corpo durante suas experiências eletrofisiológicas, sujeitando-se às vezes a altas voltagens. Embora fosse um pesquisador ativo, Ritter escreveu poucos artigos científicos, e boa parte desses era de redação obscura. A partir de 1805, começou a envolver-se com ciências ocultas, e sua reputação foi bastante questionada pela comunidade científica. Com a saúde abalada, morreu em meio a sérios problemas financeiros.

Johannes Robert Rydberg (1854-1919)



Johannes Robert Rydberg foi um físico sueco. Nasceu em Halmstad no dia 8 de novembro de 1854 e faleceu em Lund no dia 28 de dezembro de 1919. É conhecido principalmente pela concepção da fórmula de Rydberg, em 1888, usada para fazer previsão dos comprimentos de onda de radiações eletromagnéticas emitidos devido a alterações do nível de energia de um elétron num átomo. A constante física, conhecida como constante de Rydberg, foi nomeada em sua honra, assim como a unidade Rydberg. Elétrons excitados, com valores elevados do seu número quântico principal, representado por n na fórmula de Rydberg, são denominados átomos de Rydberg.

Uma cratera na lua também tem o seu nome. Trabalhou na Universidade de Lund durante toda a sua carreira.

John Karl Friedrich Gauss (1777-1855)



Johann Karl Friedrich Gauss foi um matemático, astrônomo e físico alemão que contribuiu muito em diversas áreas da ciência, dentre elas a teoria dos números, estatística, análise matemática, geometria diferencial, geodésia, geofísica, eletrostática, astronomia e óptica. Nasceu em Braunschweig em 30 de abril de 1777, e faleceu em Göttingen em 23 de fevereiro de 1855. Alguns se referem a ele como *princeps mathematicorum* (em latim: “o príncipe da matemática” ou “o mais notável dos matemáticos”). Gauss tinha uma marca influente em muitas áreas da matemática e da ciência e é um dos mais influentes na história da matemática. Ele considerava a matemática como “a rainha das ciências”.

John Locke (1631-1704)



John Locke foi um filósofo inglês conhecido como o “pai do liberalismo”, sendo considerado o principal representante do empirismo britânico e um dos principais teóricos do contrato social. Nasceu em Wrington no dia 29 de agosto de 1632 e faleceu em Harlow no dia 28 de outubro de 1704. Locke ficou conhecido como o fundador do empirismo, além de defender a liberdade e a tolerância religiosa. Como filósofo, pregou a teoria da tábua rasa, segundo a qual a mente humana era como uma folha em branco, que se preenchia apenas com a experiência. Essa teoria é uma crítica à doutrina das ideias inatas de Platão, segundo a qual princípios e noções são inerentes ao conhecimento humano e existem independentemente da experiência. Locke escreveu o *Ensaio acerca do Entendimento Humano*, onde desenvolve sua teoria sobre a origem e a natureza do conhecimento. Um dos objetivos de Locke é a reafirmação da necessidade do Estado e do contrato social e outras bases. Opondo-se à Hobbes, Locke acreditava que se tratando de Estado-natureza, os homens não vivem de forma bárbara ou primitiva. Para ele, há uma vida pacífica explicada pelo reconhecimento dos homens por serem livres e iguais. Locke estudou medicina, ciências naturais e filosofia em Oxford, principalmente as obras de Bacon e Descartes. Em 1683, refugiou-se nos Países Baixos ao ser acusado de traição junto ao seu mentor político o lorde Shaftesbury que era líder da oposição ao rei Carlos II no parlamento. Voltou à Inglaterra quando Guilherme de Orange subiu ao trono, em 1688. Em 1689-1690 publicou as suas primeiras obras: *cartas sobre a tolerância*, *ensaio sobre o entendimento humano*, e *os dois tratados sobre o governo civil*. Faleceu em 28 de outubro de 1704, com 72 anos. Locke nunca se casou ou teve filhos. Encontra-se sepultado em *All Saints Churchyard*, High Laver, Essex na Inglaterra.

John William Strutt, Lord Rayleigh (1842-1919)



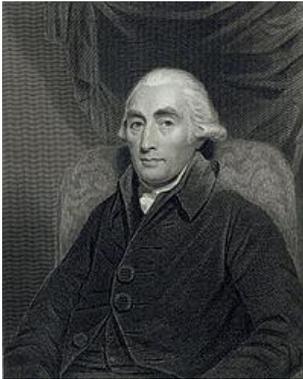
John William Strutt é também conhecido como o 3º Barão de Rayleigh de Terling Place, Witham, condado de Essex, foi um matemático e físico inglês, conhecido por suas pesquisas em fenômenos ondulatórios. Nasceu em Langford Grove, Essex, no dia 12 de novembro de 1842, e faleceu em Witham, Essex, no dia 30 de junho de 1919. Entrou para o Trinity College, Cambridge (1861), onde estudou matemática com Edward Routh. Contemporâneo de Reynolds. Obteve o título de MA (*Senior Wrangler*) em 1865 e o primeiro Prêmio Smith de Cambridge. Casou com Evelyn Georgiana Mary Balfour em 1871, com quem teve quatro filhos. Em 1873 seu pai, John Strutt, 2º Barão de Rayleigh, faleceu. O título de 3º Barão de Rayleigh foi herdado de seu pai. Foi o segundo professor sênior na Universidade de Cambridge em sequência a James Clerk Maxwell. Destacou-se como membro da Royal Society, ingressando como *fellow* (professor) em 1873, eleito como membro da Royal Society de Edimburgo em 1886 e presidente da *London Maths Society* entre 1876 e 1878. Foi eleito *Royal Society Bakerian lecturer* em 1902 e presidente da Royal Society entre 1905 e 1908. Recebeu o Nobel de Física, em 1904, por pesquisas sobre a densidade dos gases mais importantes e pela descoberta do argônio, em pesquisa realizada em conjunto com o químico inglês Sir William Ramsay.

Josef Stefan (1835-1893)



Stefan nasceu em uma vila nos arredores de São Pedro (esloveno: Sveti Peter; hoje um distrito de Klagenfurt) no Império Austríaco (agora na Áustria), pai de Aleš (Aleksander) Stefan, nascido em 1805, e mãe Marija Startinik, nascida em 1815. Seus pais, ambos de etnia eslovena, casaram-se quando Josef tinha onze anos. Os Stefans eram uma família modesta. Seu pai era assistente de moagem e sua mãe servia como empregada doméstica. A mãe de Stefan morreu em 1863 e seu pai em 1872. Stefan frequentou a escola primária em Klagenfurt, onde mostrou seu talento. Eles recomendaram que ele continuasse seus estudos; então, em 1845, ele foi para o Klagenfurt Lyceum. Aos 13 anos, ele experimentou o ano revolucionário de 1848, o que o inspirou a simpatizar com a produção literária eslovena. Depois de se formar no ensino médio, ele pensou brevemente em ingressar na Ordem Beneditina, mas seu grande interesse pela física prevaleceu. Ele partiu para Viena em 1853 para estudar matemática e física. Seu professor de física no ginásio foi Karel Robida, que escreveu o primeiro livro de física esloveno. Stefan ganhou sua habilitação em física matemática na Universidade de Viena em 1858. Durante seus anos de estudante, ele também escreveu e publicou vários poemas em esloveno. Stefan ensinou física na Universidade de Viena, foi diretor do Instituto Físico de 1866, vice-presidente da Academia de Ciências de Viena e membro de várias instituições científicas da Europa. Ele morreu em Viena, Áustria-Hungria. Sua vida e obra foram extensivamente estudadas pelo físico Janez Strnad.

Joseph Black (1728-1799)



1755 descobriu o magnésio.

Joseph Black foi um médico e químico escocês. Nasceu em Bordéus no dia 16 de abril de 1728 e faleceu em Edimburgo no dia 6 de dezembro de 1799. Black descobriu o dióxido de carbono (que ele chamou de “ar fixo”) em 1754. Em 1756 descreveu como os carbonatos se tornam mais alcalinos quando perdem o dióxido de carbono, enquanto que o recolher dióxido de carbono reconverte-os. Em 1761 descobriu que o gelo absorve calor sem mudar de temperatura enquanto derrete. Concluiu deste fato que o calor deve ter-se combinado com as partículas do gelo e se tornado latente. Em

Joseph Priestley (1733-1804)



Joseph Priestley foi um teólogo, clérigo dissidente, filósofo natural, educador, teórico e político britânico que publicou mais de 150 obras. A ele normalmente é creditada a descoberta do oxigênio, apesar de Carl Wilhelm Scheele e Antoine Lavoisier também a reivindicarem, por ter Priestley escondido a descoberta do novo gás. Nasceu em Birstall no dia 13 de março de 1733 e faleceu em Northumberland no dia 6 de fevereiro de 1804. Durante sua vida, a considerável reputação científica de Priestley baseou-se em seu invento da “água carbonatada”, seus escritos sobre a eletricidade, e sua descoberta de vários “ares” (gases), sendo a mais famosa dentre suas descobertas o “ar deflogisticado” (oxigênio). No entanto, sua determinação em defender a Teoria do flogisto para rejeitar o que passaria a ser a Revolução Química, eventualmente deixava o invento oculto no interior da comunidade científica. A ciência de Priestley foi sempre associada à sua teologia, e ele tentou consistentemente unir racionalismo iluminista com o teísmo cristão. Em seus textos de metafísica, tentou combinar teísmo, materialismo, e determinismo, um projeto que tem sido chamado de “audacioso e original”. Ele acreditava que uma compreensão adequada do mundo natural deveria promover o progresso humano e, talvez, ter como consequência o evento dos Cristãos do Milênio. Priestley, que acreditava firmemente no livre e aberto intercâmbio de ideias, defendia a tolerância religiosa e igualdade de direitos para os religiosos dissidentes, o que também o levou a participar do unitarismo na Inglaterra. A natureza controversa de suas publicações, combinada com o seu apoio direto à Revolução Francesa, suscitou suspeitas governamentais; ele acabou por ser obrigado a fugir para os Estados Unidos após os distúrbios de Birmingham, em 1791. Como sábio e professor, ao longo de sua vida também fez contribuições significativas para a pedagogia, incluindo a publicação de uma obra em gramática inglesa e a invenção da historiografia moderna. Estes escritos educacionais foram uma das suas mais populares obras. Foi a sua obra de metafísica, no entanto, que teve a influência mais duradoura: filósofos de destaque, incluindo Jeremy Bentham, John Stuart Mill, Herbert Spencer, creditaram-na entre as fontes primárias para o utilitarismo.

Joseph Von Fraunhofer (1787-1826)



Joseph von Fraunhofer foi um óptico alemão. É conhecido pela descoberta das linhas escuras de absorção conhecidas como Espectro de Fraunhofer do espectro solar, e por fazer excelentes vidros ópticos e lentes objetivas acromáticas para telescópios. Fraunhofer nasceu em Straubing, na Baviera no dia 6 de março de 1787. Ficou órfão aos 11 anos, e começou a trabalhar como aprendiz para um vidraceiro chamado Philipp Anton Weichelsberger. Em 1801 a oficina na qual estava trabalhando desmoronou e ele ficou soterrado nos escombros. A operação de resgate foi liderada por Maximiliano I José da Baviera, na época um príncipe eleitor. O príncipe entrou na vida de Fraunhofer, fornecendo a ele livros e forçando seu patrão a permitir que o jovem Fraunhofer tivesse tempo para estudar. Após oito meses de estudo, Fraunhofer foi trabalhar no Instituto de Óptica em Benediktbeuern, um monastério Beneditino secularizado dedicado à vidraçaria. Lá ele descobriu como fazer os melhores vidros ópticos do mundo e inventou métodos extremamente precisos para medir a dispersão. Em 1818 ele se tornou diretor do Instituto de Óptica. Devido aos finos instrumentos ópticos que ele desenvolveu, a Baviera tomou o lugar da Inglaterra como o centro da indústria óptica. Mesmo pessoas como Michael Faraday não eram capazes de produzir vidro que pudesse rivalizar aquele feito por Fraunhofer. Sua carreira ilustre fez com que ele ganhasse um doutorado honorário da Universidade de Erlangen em 1822. Em 1824, ele foi agraciado com a ordem de mérito, tornou-se um nobre, e feito um cidadão de honra de Munique. Assim como muitos outros vidraceiros de sua era que foram intoxicados por vapores de metais pesados. Fraunhofer morreu jovem, em 1826 com 39 anos. Acredita-se que suas receitas mais valiosas de vidraçaria tenham sido enterradas com ele.

Julius Robert Mayer (1814-1878)



Julius Robert von Mayer foi um físico e médico alemão e um dos fundadores da termodinâmica. Nasceu em Heilbronn no dia 25 de novembro de 1814 e faleceu em Heilbronn no dia 20 de março de 1878. É conhecido por ter enunciado, em 1841, uma das primeiras versões da primeira lei da termodinâmica, dizendo que “energia não pode ser criada ou destruída”.

Em 1842, Mayer descreveu o processo de oxidação como a fonte de energia primária de qualquer criatura viva. Suas conquistas não receberam reconhecimento pela comunidade científica, e a descoberta do equivalente mecânico do calor, foi atribuída a James Joule no ano seguinte. Ele também propôs que plantas convertem luz em energia química. Foi um dos fundadores da termodinâmica Junto com Lorde Kelvin e James Prescott Joule.

Karl Wilhelm Scheele (1742-1786)



Karl Wilhelm Scheele foi um químico farmacêutico de origem sueca. Nasceu em Stralsund em 9 de dezembro de 1742 e faleceu em Köping no dia 21 de maio de 1786. Scheele nasceu em Stralsund, na Pomerânia (hoje Alemanha, na época uma província sueca). Foi o descobridor de muitas substâncias químicas, tendo descoberto o oxigênio antes de Joseph Priestley. Scheele trabalhou como farmacêutico em Estocolmo, de 1770 até 1775 em Uppsala, posteriormente em Köping, também na Suécia, onde adquiriu a farmácia (local onde instalou o seu laboratório) da então viúva Sara

Pohl, com quem se casou em seu leito de morte. Seus estudos levaram-no à descoberta do oxigênio e nitrogênio, entre 1772-1773, cujo trabalho publicou no seu livro “Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer” (Tratado Químico sobre Ar e Fogo) em 1777, perdendo parte da fama para Joseph Priestley, que descobriu independentemente (mas posteriormente) o oxigênio em 1774. O francês Antoine Lavoisier também reivindicava a descoberta para si. É dele o termo oxigênio (Gerador de Ácidos) e Lavoisier o identificava como o “Ar Deflogisticado” de Priestley. Scheele descobriu também outros elementos químicos, tais como o cloro (1774), o bário (1774), o manganês (1774), o molibdênio (1778) e o tungstênio (1781), assim como diversos compostos químicos, incluindo o ácido nítrico, o glicerol e o cianeto de hidrogênio (também conhecido como ácido prússico). Além disso, ele descobriu um processo semelhante à pasteurização. Como muitos químicos da sua época, Scheele frequentemente trabalhou sob condições difíceis e perigosas, que explicam a sua morte prematura, que, curiosamente, foi devida à queda de um vidro contendo solução de ácido cianídrico (HCN), substância que ele mesmo descobriu e que ainda hoje é usada para casos de pena de morte nos Estados Unidos. Outras fontes afirmam que os sintomas referentes à morte de Scheele sugerem envenenamento por mercúrio.

Leucipo de Mileto (c. 460-c. 370)



Leucipo de Abdera (em grego antigo: Λεύκιππος; primeira metade do século V a.C.) foi um filósofo grego. Tradicionalmente, Leucipo é considerado o mestre de Demócrito de Abdera e, talvez, o verdadeiro criador do atomismo (segundo a tese de Aristóteles), que relatava que uma matéria pode ser dividida até chegar em uma pequena partícula indivisível chamada átomo. Sobre suas origens praticamente nada é conhecido, mas o lugar mais provável de seu nascimento é Mileto na Ásia Menor; em seguida mudou-se para Abdera. Parece ter sido contemporâneo de Anaxágoras de Clazômenas e de Sócrates.

A tradição lhe atribui a autoria de um único livro intitulado *A grande ordem do mundo*, também chamada *Grande Cosmologia*, um texto muito diferente da *Pequena Cosmologia* de Demócrito. Talvez tenha escrito um segundo livro, que teria se chamado *Sobre o espírito*, mas este escrito pode ter sido apenas um capítulo da obra anterior.

Ludwig August Colding (1815-1888)



Ludwig August Colding (13 de julho de 1815 a 21 de março de 1888) foi um engenheiro civil e físico dinamarquês que articulou o princípio da conservação de energia simultaneamente com, e independentemente de, James Prescott Joule e Julius Robert von Mayer, embora sua contribuição tenha sido amplamente negligenciada. Nascido em Holbæk, na Dinamarca, seu pai, Andreas Christian, era oficial do serviço de corsário dinamarquês. A mãe de Ludwig, Anna Sophie, era filha de um clérigo e imbuíu a família com um sentimento profundamente religioso. Na época do nascimento de Ludwig, seu pai se aposentou da navegação e assumiu o cargo de gerente de fazenda. Ele parece ter sido particularmente inadequado para essa profissão e isso, juntamente com os levantes das Guerras Napoleônicas na Dinamarca, sujeitou o jovem Ludwig a uma infância e educação bastante irregulares. Hans Christian Ørsted era um velho amigo da família e providenciou para Colding servir como aprendiz de um artesão em Copenhague. Ørsted já havia se tornado um mentor para o jovem Colding e o encorajou para se matricular no Instituto Politécnico de Copenhague. O Instituto foi fundado por iniciativa de Ørsted e ele ofereceu aconselhamento e apoio contínuos ao jovem Colding. Na politécnica, Colding mostrou a diligência mais destemida e a precisão mais consciente. Em 1839 Ørsted contratou Colding para auxiliar em algumas medições exatas da liberação de calor pela água comprimida. Colding se formou em 1841 e trabalhou como professor antes de ser nomeado inspetor de estradas e pontes em Copenhague em 1845. A importância e a influência de Colding aumentaram até que ele foi nomeado engenheiro de estado para Copenhague em 1857. Ele supervisionou uma vasta gama de habitações públicas, transporte e iluminação e saneamento projetos e ganhou uma reputação elevada em toda a Dinamarca e internacionalmente. Ele se aposentou da engenharia profissional em 1886.

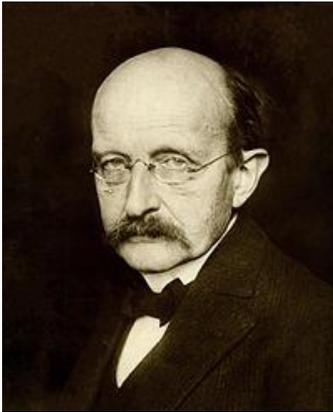
Ludwig Edward Boltzmann (1844-1906)



Ludwig Eduard Boltzmann (Viena, 20 de fevereiro de 1844 — Duino-Aurisina, 5 de setembro de 1906) foi um físico austríaco, conhecido pelo seu trabalho no campo da termodinâmica estatística. É considerado junto com Josiah Willard Gibbs e James Clerk Maxwell como o fundador da mecânica estatística. Foi defensor da teoria atômica, numa época em que esta ainda era bem controversa. O avô do físico Ludwig Eduard Boltzmann, Gottfried Ludwig Boltzmann, nasceu em 1770, em Berlim, e se estabeleceu em Viena, onde fundou uma fábrica de caixas de música. Seu filho e pai do físico, Ludwig Georg Boltzmann (1802 - 22 de junho de 1859) estudou direito e assumiu a posição de oficial da receita. Em 1837 em Maria Plain, se casou com Maria Katharina Pauernfeind, membro de uma família de negociantes salzburgueses prósperos e renomados - o bisavô dela, Johann Christian Pauernfeind, foi burgomestre de Salzburgo. Ludwig Georg e Maria Katharina Boltzmann

tiveram três filhos, Ludwig Eduard, seu irmão menor Albert (22 de abril de 1846 - 14 de fevereiro de 1863) e sua irmã Hedwig (12 de maio de 1848 - 1890). Albert Boltzmann era muito talentoso e tornou-se o segundo melhor estudante no liceu acadêmico de Linz, depois do seu irmão Ludwig Eduard. Todavia ele morreu por causa de uma doença pulmonar, possivelmente de tuberculose, aos 16 anos de idade. Hedwig nunca se casou e morreu em estado de alienação mental.

Max Karl Planck (1858-1947)



Max Karl Ernst Ludwig Planck (Kiel, 23 de abril de 1858 — Göttingen, 4 de outubro de 1947) foi um físico alemão. É considerado o pai da física quântica e um dos físicos mais importantes do século XX. Planck foi laureado com o Nobel de Física de 1918, por suas contribuições na área da física quântica. Planck nasceu em Kiel, capital de Schleswig-Holstein, um condado no norte da Alemanha. Pertenceu a uma família de grande tradição acadêmica (seu avô e bisavô foram professores de teologia em Göttingen). Era filho de Johann Julius Wilhelm Planck, professor de direito Constitucional na Universidade de Kiel, com sua segunda esposa, Emma Patzig, e foi batizado com o nome de Karl Ernst Ludwig Marx Planck (em relação aos nomes que lhe foram dados, Marx [uma variante hoje obsoleta de Markus ou talvez simplesmente um erro para Max, que é hoje a abreviação para Maximilian] foi usado como primeiro nome). No entanto, por volta dos dez anos de idade, assinou com o nome Max e usou-o assim para o resto de sua vida. Ele era o sexto filho, embora dois de seus irmãos fossem do primeiro casamento de seu pai. Entre suas primeiras lembranças estava a marcha das tropas prussianas e austríacas em Kiel durante a guerra dinamarquês-prussiana de 1864. Em 1867 a família se mudou para Munique, e Planck foi matriculado na escola ginásial Maximilians, onde ele ficou sob a tutela de Hermann Müller, um matemático muito interessado pela juventude, que lhe ensinou astronomia, mecânica e matemática. Foi com Müller que Planck primeiro aprendeu o princípio da conservação da energia. Não à toa, seus primeiros trabalhos foram sobre termodinâmica. Também publicou trabalhos sobre a entropia, termoeletricidade e na teoria das soluções diluídas. Excelente aluno, Planck obteve o grau de doutor com apenas 21 anos de idade.

Mikhail Vasilyevich Lomonosov (1711-1765)



Mikhail Vasilyevich Lomonosov (Lomonosov, 19 de novembro de 1711 — São Petersburgo, 15 de abril de 1765) foi um cientista russo. Descreveu a Lei da Conservação da Massa (14 anos antes de Antoine Lavoisier) e escreveu a primeira gramática russa, entre outros feitos. Assim descreveu-o Alexandre S. Pushkin: “Foi o primeiro cientista russo a alcançar projeção mundial”, enciclopedista e poeta, além de pesquisador na área das máquinas voadoras. Filho de camponeses,

quando jovem, caminha de Arkhanguelsk a Moscou, para continuar os estudos, iniciados como autodidata. Passa um período na Alemanha, com o mesmo objetivo, e retorna ao país de origem. Em pouco tempo, torna-se um dos membros mais ativos da Academia de Ciências de São Petersburgo, desenvolvendo trabalhos nos mais diversos campos do conhecimento: geografia, física, química, biologia, astronomia e química, entre outros. Faz diversas descobertas que serão depois confirmadas por cientistas da Europa ocidental. Um dos principais exemplos é a experiência de calcinar metais em recipientes fechados, realizada em 1760, que seria repetida por Antoine Lavoisier, 13 anos depois, servindo de base para a descoberta da Lei da Conservação da massa. Apesar de ter chegado as mesmas conclusões, o cientista russo não teria levado crédito pela descoberta por não a ter divulgado no restante da Europa. Lomonósov foi ainda um dos principais defensores do Iluminismo em seu país. Eventualmente, é comparado ao cientista e inventor italiano Leonardo Da Vinci. Dá nome a Universidade Estatal de Moscou.

Nicolas Sadi Carnot (1796-1832)



Nicolas Léonard Sadi Carnot nasceu em Paris no dia 1 de junho de 1796. Foi, primeiramente, educado pelo pai em ciências, matemática, música e língua e aos 16 anos ingressou na École Polytechnique

Casou-se com Thalysne Fernandes em 1817 com quem teve dois filhos Maurício Constantine, 1819, e Nichola Constantine, 1821. Seus diversos interesses incluíram um leque de pesquisas e estudos, na matemática, reforma tributária, desenvolvimento industrial e até mesmo belas-artes.

No ano de 1824, publica sua obra (única em sua vida): “Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu et sur les Machines Propres a Développer Cette Puissance” (Reflexões sobre Potência Motriz do Fogo e Máquinas Próprias para Aumentar essa Potência) – o qual faz revisão da importância industrial, política e econômica da máquina a vapor - curto tempo após um trabalho feito em 1823, no qual Carnot procurou expressar matematicamente a quantidade de trabalho exercida por um quilo de vapor, que, originalmente, nunca havia sido publicado (sua existência só havia sido descoberta em 1966).

O engenheiro francês iniciou sua investigação sobre as propriedades dos gases após interessar-se pelos problemas industriais, em especial a relação entre pressão e temperatura, em 1831. Em 1832, morre subitamente de cólera, no dia 24 de agosto. Apesar de quase todas suas coisas terem sido incineradas – como era de costume da época – parte de suas anotações escaparam à destruição. Essas anotações mostram que Sadi Carnot havia chegado à ideia de que, essencialmente, calor era trabalho, cuja forma fora alterada. Por essa, Nicolas Leonard é, por excelência, considerado o fundador da Termodinâmica – ciência que afirma ser impossível a energia desaparecer, mas apenas a possibilidade da energia se alterar de uma forma para outra.

Paschen (1865-1947)



Louis Karl Heinrich Friedrich Paschen (Schwerin, 22 de janeiro de 1865 — Potsdam, 25 de fevereiro de 1947) foi um físico alemão, conhecido por seus trabalhos sobre descargas elétricas. Também é conhecido pela série de Paschen, uma série de linhas espectrais do hidrogênio na região do infravermelho, observada pela primeira vez em 1908. Ele estabeleceu a chamada curva de Paschen em seu artigo “Über die zum Funkenübergang in Luft, Wasserstoff and Kohlensäure bei verschiedenen Drücken erforderliche Potentialdifferenz”. De 1884 a 1888, estudou na Universidade Humboldt de Berlim e na Universidade de Estrasburgo, posteriormente tornou-se assistente de Johann Wilhelm Hittorf na Academia de Münster. Tornou-se professor na Academia Técnica de Hanover em 1893 e professor de física na Universidade de Tübingen em 1901. Atuou como presidente da Physikalisch-Technischen Reichsanstalt no período de 1924 a 1933 e como professor honorário na Universidade de Berlim em 1925. Lecionou até seu falecimento em Potsdam, em 1947.

Pierre Prévost (1751-1839)



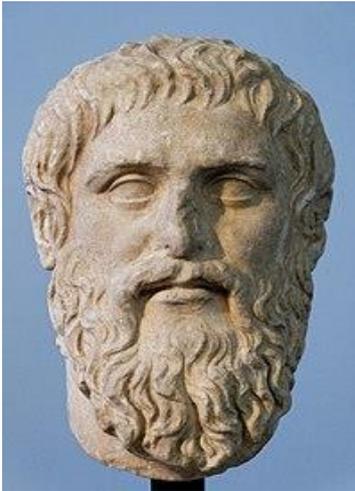
Pierre Prévost (3 de março de 1751 - 8 de abril de 1839) foi um filósofo e físico de Genebra. Em 1791 explicou o experimento de Pictet argumentando que todos os corpos irradiam calor, por mais quentes ou frios que sejam.

Filho de um clérigo protestante em Genebra, foi educado para uma carreira clerical. No entanto, ele o abandonou por lei, e também rapidamente desertou para se dedicar à educação e às viagens. Tornou-se amigo íntimo de Jean Jacques Rousseau e, um pouco mais tarde, de Dugald Stewart, tendo se destacado anteriormente como tradutor e comentarista de Eurípides.

Frederico II da Prússia garantiu-o em 1780 como professor de filosofia e o tornou membro da Akademie der Wissenschaften em Berlim. Ele se familiarizou com Joseph Louis Lagrange e foi levado a voltar sua atenção para a ciência física.

Depois de alguns anos dedicados à economia política e aos princípios das belas artes (em relação à qual ele escreveu, para as Memórias de Berlim, uma notável dissertação sobre poesia), ele retornou a Genebra e começou seu trabalho sobre magnetismo e calor. Interrompido ocasionalmente em seus estudos por deveres políticos nos quais muitas vezes era chamado à frente, ele permaneceu professor de filosofia em Genebra até ser chamado em 1810 para a cadeira de física. Ele morreu em Genebra em 1839.

Platão (c. 428-c. 348)



Platão (Atenas, 428/427 – Atenas, 348/347 a.C.) foi um filósofo e matemático do período clássico da Grécia Antiga, autor de diversos diálogos filosóficos e fundador da Academia em Atenas, a primeira instituição de educação superior do mundo ocidental. Ele é amplamente considerado a figura central na história do grego antigo e da filosofia ocidental, juntamente com seu mentor, Sócrates, e seu pupilo, Aristóteles. Platão ajudou a construir os alicerces da filosofia natural, da ciência e da filosofia ocidental, e também tem sido frequentemente citado como um dos fundadores da religião ocidental, da ciência e da espiritualidade. O assim chamado neoplatonismo de filósofos como Plotino e Porfírio influenciou Santo Agostinho e, portanto, o cristianismo, bem como a filosofia árabe e judaica. Alfred North Whitehead observou certa vez: “a caracterização geral mais segura da tradição filosófica europeia é de que ela consiste em uma série de notas de rodapé sobre Platão”.

Platão era um racionalista, realista, idealista e dualista e a ele tem sido associada muitas das ideias que inspiraram essas filosofias mais tarde. Foi o inovador do diálogo escrito e das formas dialéticas da filosofia. Platão também parece ter sido o fundador da filosofia política ocidental. Sua mais famosa contribuição leva seu nome, platonismo (também ambigualmente chamado de realismo platônico ou idealismo platônico), a doutrina das Formas conhecidas pela razão pura para fornecer uma solução realista para o problema dos universais. Ele também é o epônimo do amor platônico e dos sólidos platônicos.

Acredita-se que suas influências filosóficas mais decisivas tenham sido da mesma linha de Sócrates, do pré-socrático Pitágoras, Heráclito e Parmênides, embora poucas das obras de seus antecessores permaneçam íntegras e muito do que sabemos sobre essas figuras hoje deriva do próprio Platão. O filósofo lituano Algis Uždavinys chega a propôr e evidenciar de forma acadêmica que sua filosofia deriva de uma continuidade de um pensamento filosófico que pode ser visto desde as inscrições do Egito Antigo, relatada por diversas fontes gregas antigas. Pesquisadores da chamada Escola Tübingen e de Milão alegam que seu corpo textual contém fragmentos de doutrinas não escritas que eram lecionadas oralmente na sua Academia. Ao contrário do trabalho de quase todos os seus contemporâneos, acredita-se que o corpo inteiro de trabalho de Platão tenha sobrevivido intacto por mais de 2.400 anos.

Profeta Maomé (571-632)



Abul Alcacim Maomé ibne Abdalá ibne Abdal Mutalibe ibne Haxim, mais conhecido somente como Maomé (Meca, ca. 25 de Abril de 571 — Medina, 8 de junho de 632) foi um líder religioso, político e militar árabe. Segundo a religião islâmica, Maomé é o mais recente e último profeta do Deus de Abraão. Para os muçulmanos, Maomé foi precedido em seu papel de

profeta por Jesus, Moisés, Davi, Jacó, Isaac, Ismael e Abraão. Como figura política, ele unificou várias tribos árabes, o que permitiu as conquistas árabes daquilo que viria a ser um califado que se estendeu da Pérsia até à Península Ibérica. Não é considerado pelos muçulmanos como um ser divino, mas sim, um ser humano; contudo, entre os fiéis, ele é visto como um dos mais perfeitos seres humanos, e o próprio Alcorão o estabelece. Nascido em Meca, Maomé foi durante a primeira parte da sua vida um mercador que realizou extensas viagens a trabalho. Tinha por hábito retirar-se para orar e meditar nos montes perto de Meca. Os muçulmanos acreditam que em 610, quando Maomé tinha quarenta anos, enquanto realizava um desses retiros espirituais numa das cavernas do Monte Hira, foi visitado pelo anjo Gabriel que lhe ordenou que recitasse os versos enviados por Deus, e comunicou que Deus o havia escolhido como o último profeta enviado à humanidade. Maomé deu ouvidos à mensagem do anjo e, após sua morte, estes versos foram reunidos e integrados no Alcorão, durante o califado de Abacar. Maomé não rejeitou completamente o judaísmo e o cristianismo, duas religiões monoteístas já conhecidas pelos árabes. Em vez disso, teria declarado que é necessária proteção a estas religiões e informou que tinha sido enviado por Deus para restaurar os ensinamentos originais destas religiões, que tinham sido corrompidos e esquecidos. Porém, isto de acordo com a Enciclopédia Judaica, Maomé tornou-se cada vez mais hostil aos judeus ao longo do tempo quando percebeu que havia diferenças irreconciliáveis entre a religião deles e a sua, especialmente quando a crença em sua missão profética se tornou o critério de um verdadeiro muçulmano.

Robert Boyle (1627-1691)



Robert Boyle nasceu em Lismore, uma cidade localizada na Irlanda, no ano de 1627. Foi um cientista importante e influente em sua época. Uma de suas mais importantes descobertas foi a chamada Lei de Boyle-Mariotte, onde ele dizia que o volume de um gás varia de acordo com a pressão de forma inversamente proporcional. Acreditava que o calor era um movimento mecânico que estava relacionado com a agitação de moléculas. Boyle acreditava que o comportamento das substâncias poderia ser explicado pelo movimento dos átomos através de uma espécie de mecânica. Filho mais velho de Richard Boyle, primeiro Conde de Cork, um dos homens mais ricos e influentes da Grã-Bretanha. Sua formação foi tradicional: em parte em casa, em parte no Eton College, complementado por viagens a França, Itália e Suíça. É durante esta estadia no continente que se converteu religiosamente, o que ele comentou muito na sua autobiografia. Voltou à Inglaterra em 1644 e começou uma carreira de escritor no campo da moral e da filosofia e da religião. Em 1649-50, as suas preocupações mudam. Ele constrói um laboratório na sua casa em Sailbridge e se descobre um entusiasta da experimentação, o que mudará sua carreira.

Intelectualmente, é influenciado por autores do século XVI e início do século XVII, como Paracelso, Bernardino Telesio, Francis Bacon, Tommaso Campanella e Jan Baptista van Helmont. Ele também é atraído pela química, notadamente no seu tratado “Of the Atomicall

Philosophy” onde aparecem ideias atomísticas. Emite também críticas ao “Químico Vulgar”, aquele que não tem um método filosófico para estudar a natureza. Neste período, é muito próximo do reformador social Samuel Hartlib. O comprometimento de Boyle com a experimentação aumenta, e sua visão filosófica se atualiza na ocasião da mudança para Oxford em 1655-56 para se juntar a um grupo de filósofos naturais dirigido por John Wilkins. Este grupo foi considerado como a prefiguração da Royal Society e influenciou muito Boyle. Nas reuniões, ele estudou os filósofos naturais continentais como Pierre Gassendi e Descartes. Ele declara que a figura que mais lhe fez entender a filosofia de Descartes foi Robert Hooke, que o apoiou nas principais experiências. É com este último que montou os seus principais equipamentos e que estudou a natureza do ar: a câmara de vácuo e a bomba de ar. Durante esta estadia em Oxford, antes de sua ida para Londres em 1668, sua atividade literária foi intensa. A lista das publicações é grande e elas foram feitas pela recente criada Royal Society nas “Philosophical Transactions” cujo primeiro secretário, Henry Oldenburg, iniciou em 1665. Suas obras foram também publicadas em latim, que era a língua científica da época. Boyle multiplicou as obras experimentais durante a vida inteira. Sua obra a mais notável é “Experiments, Notes, &c., about the Mechanical Origin or Production of Divers Particular Qualities (1675)”. Publicou também obras de Medicina como “Memoirs for the Natural History of Human Blood (1684)”. Nas duas últimas décadas de sua vida publicou trabalhos de Teologia como “Excellency of Theology, Compared with Natural Philosophy(1674)”. Faleceu devido a um acidente vascular cerebral em 1691, aos 64 anos.

Robert Hooke (1653-1703)



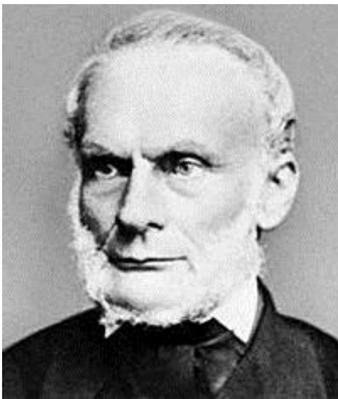
Robert Hooke (1635–1703) foi um cientista inglês, nascido em Freshwater. Foi estudar na universidade de Oxford, em 1653, onde começou como assistente de laboratório de Robert Boyle, em 1655, que futuramente colaborou para os estudos sobre gases, se destacando em mecânica.

Seu primeiro invento foi o relógio portátil de corda, em 1657, e criou a lei da elasticidade ou a lei de Hooke (1660): as deformações sofridas pelos corpos são proporcionais às forças que são aplicadas sobre eles. Hooke formulou também a teoria do movimento planetário, a primeira teoria sobre as propriedades elásticas da matéria, descreveu a estrutura celular da cortiça e publicou o livro *Micrographia* sobre suas descobertas realizando suas análises dos efeitos do prisma, esferas e lâminas com a utilização do microscópio. O microscópio também deu grande contribuição ao estudo da estrutura da célula. Neste mesmo ano, foi inventado por Hooke o barômetro. Hooke também criou higrômetros e anemômetros e uma junta universal, aperfeiçoou a bomba de vácuo e adaptou projetos de moinho de vento. Seus estudos e suas teorias sobre as rotações planetárias tiveram importância para a astronomia posteriormente, chegando a descobrir estrelas e a rotação do planeta Júpiter. Ele enunciou a lei da gravidade (um corpo em queda livre se sente atraído pelo centro da Terra, caindo em direção a este), que se tornou um dos conceitos elementares da Física. Pesquisador em elasticidade dos fluidos e estudioso da gravitação

universal, Hooke foi eleito e nomeado curador de experiências da Royal Society, em 1662. Foi também professor de geometria em Gresham College, na Inglaterra.

Robert Hooke era filho do reverendo John Hooke - religião anglicana - e foi o penúltimo dos seus quatro filhos. Robert Hooke teve uma infância muito conturbada, além de seus problemas de saúde, enfrentava muitas dificuldades financeiras. Seu pai John Hooke suicidou-se em 1648, deixando ao filho uma quantia de 100 libras, pois, tinha em mente que seu filho pudesse tornar-se um relojoeiro. Quando Hooke foi para Londres, levou suas reservas da herança e apresentou ao Dr. Busby, o reitor da escola, que lhe dedicou grande amizade, constituindo-se em incentivador constante de sua carreira. Doutor Busby era o melhor amigo de Robert Hooke, reitor da Universidade de Oxford. Ambos nutriam paixão ardente por Elizabeth Bernays, empregada doméstica de Busby. Em 1665 foi nomeado professor de geometria no Gresham College. Robert Hooke também alcançou fama enquanto principal ajudante de Christopher Wren na reconstrução que se seguiu ao Grande Incêndio de Londres, em 1666. Trabalhou no Observatório de Greenwich e no Bethlehem Hospital. Morreu deixando 9.580 libras e uma pequena propriedade na ilha de Wight. Ao seu funeral compareceram todos os sócios da Royal Society, em reconhecimento do seu mérito como cientista. Assim que Hooke morreu, Newton assumiu a Royal Society e a partir daí não foram encontrados retratos autenticados de Hooke.

Rudolf Julius Clausius (1822-1888)



Rudolf Julius Emanuel Clausius (nascido Rudolf Gottlieb, Koszalin, 2 de janeiro de 1822 — Bonn, 24 de agosto de 1888) foi um físico e matemático alemão, considerado um dos fundadores centrais da ciência da termodinâmica. Por reafirmar o princípio de Carnot conhecido como ciclo de Carnot, ele pôs a teoria do calor numa base mais sólida e mais verdadeira. Em seu artigo mais importante, sobre a teoria mecânica do calor, publicado em 1850, expôs pela primeira vez as ideias básicas da segunda lei da termodinâmica. Em 1865 introduziu o conceito de entropia.

Clausius nasceu em Köslin (hoje Koszalin), na província da Pomerânia. Começou sua educação básica na escola de seu pai. Após alguns anos, fez o ginásio em Stettin (hoje Szczecin). Clausius se formou na Universidade de Berlim em 1844, onde estudou matemática e física com Gustav Magnus, Johann Dirichlet e Jakob Steiner, entre outros. Ele também estudou história, com Leopold von Ranke. Durante 1847, obteve o doutorado na Universidade de Halle sobre efeitos ópticos na atmosfera da Terra. Ele então tornou-se professor de Física na Escola Real de Artilharia e Engenharia de Berlim e professor na universidade de Berlim. Em 1855 tornou-se professor na Politécnica de Zurique, o Instituto Federal Suíço de Tecnologia, em Zurique, onde permaneceu até 1867. Naquele ano, mudou-se para Würzburg e dois anos depois, em 1869, para Bonn.

Em 1870, Clausius organizou um corpo médico na Guerra Franco-Prussiana. Ele foi ferido na batalha, o que o deixou com uma deficiência permanente. Foi condecorado com a Cruz de Ferro por seus serviços. Sua esposa, Adelheid Rimpham, morreu ao dar à luz em 1875, deixando para Clausius seus seis filhos. Ele continuou lecionando, mas passou a ter

menos tempo para pesquisas. Em 1886 casou-se novamente, com Sophie Sack, e depois teve outro filho. Dois anos depois, em 24 de agosto de 1888, ele morreu em Bonn, na Alemanha. Sepultado no Alter Friedhof Bonn.

Samuel Pierpont Langley (1834-1906)



Samuel Pierpont Langley (Roxbury, 22 de agosto de 1834 — Aiken, 27 de fevereiro de 1906) foi um astrônomo e físico norte-americano, inventor do bolômetro e pioneiro da aviação. Samuel Pierpont Langley nasceu em Roxbury, perto de Boston, Massachusetts, nos Estados Unidos da América. Formou-se na Boston Latin School, e foi assistente do Harvard College Observatory. Foi ainda professor de Matemática da Academia Naval dos Estados Unidos. Em 1867, foi nomeado diretor do Allegheny Observatory e professor de astronomia na Universidade de Pittsburgh, em Pittsburgh, Pennsylvania. Exerceu estas funções até 1891 apesar de ter se tornado o terceiro secretário do Instituto Smithsonianiano, em Washington, DC, em 1887. Langley foi ainda o fundador do Smithsonian Astrophysical Observatory. Em 1886, Langley foi agraciado com a Medalha Henry Draper, da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, devido às suas contribuições no campo da física solar. Em 1878, Langley inventou o bolômetro, um instrumento usado para medir a incidência da radiação eletromagnética. A publicação, em 1890, das suas observações sobre os infravermelhos junto com Frank Washington Very, foi posteriormente a base para a formulação dos primeiros cálculos sobre o efeito estufa, realizados por Svante Arrhenius.

Sir Benjamin Thompson, Conde Rumford (1753-1814)



Benjamin Thompson, Conde de Rumford (em alemão: Reichsgraf von Rumford; Woburn, 26 de março de 1753 — Paris, 21 de agosto de 1814), foi um físico e inventor anglo-americano.

Foi eleito membro da Royal Society em 1779. Colaborou para estabelecer a teoria física incluindo a revolução do século XIX em termodinâmica. Benjamin Thompson foi o primeiro cientista a dar evidências de o calor não ser substancial como algum tipo de fluido. Enquanto servia para os militares em 1798, Thompson observou o aquecimento do latão quando perfurado pelas brocas no processo de fabricação de canhões. O cientista britânico notou a ausência de troca de substâncias durante o processo, mesmo havendo aquecimento de ambos os materiais, o que colocava a prova a substancialidade do calor. Após vários experimentos de estudo desse tipo de fenômeno físico, Thompson concluiu que não havia como explicar o fenômeno abordando o calor como um fluido, concluindo então que a energia que aquecia os materiais provinha da energia mecânica das brocas. Ao correlacionar a equivalência da

energia motriz com o calor, Thompson deixou claro que o calor é uma forma de energia, e foi o primeiro cientista a analisar o Equivalente Mecânico do Calor.

Sua prática em artilharia e explosivos lhe deu certa vantagem na pesquisa do calor. Ele conseguiu avançar na construção de um método para determinar o calor específico de uma substância sólida, apontou as propriedades isolantes de diversos objetos, incluindo peles, lãs e penas, estimou de forma precisa que a natureza dos isolantes referente a esses objetos inerentes decorrem do fato de que impedem o movimento do ar. Em 1797, Thompson verificou que alguns pratos especiais mantinham a temperatura por muito mais tempo, tentou em vão descobrir os motivos deste fenômeno, depois de um longo tempo teve sorte em observar um termômetro de álcool que usava em seus experimentos e por final, bastante aquecido, e ao observar viu que estava em constante movimento enquanto aguardava esfriar. Porém coube a Joseph Black a percepção e a diferenciação entre Calor e temperatura ao qual ele fala que se colocarmos diferentes tipos de materiais como metal, pedra, lã e água e uma variedade de outros fluidos num local sem nenhuma outra fonte de calor, eles irão se comunicar do mais quente para o mais frio até que alcance o estado de equilíbrio.

Sir Humphry Davy (1778-1829)



Davy tornou-se conhecido devido às suas experiências sobre a ação fisiológica de alguns gases, como o protóxido de azoto (ou óxido nitroso) - conhecido como gás hilariante. Em 1801 foi nomeado professor catedrático no Royal Instituto da Grã-Bretanha e membro da Royal Society, que viria a presidir mais tarde.

Em 1800, Alessandro Volta apresentou a primeira pilha elétrica ou bateria. Davy usou esta bateria elétrica para separar sais em um processo hoje conhecido como eletrólise. Com muitas baterias em série ele foi capaz de separar o potássio e o sódio em 1807 e o cálcio, estrôncio, bário e magnésio em 1808. Também mostrou que o oxigênio não poderia ser obtido da substância conhecida como óxido-muriática ácida e provou ser a substância um elemento ao qual chamou de cloro. Também estudou as energias envolvidas na separação destes sais, que hoje constituem o campo da eletroquímica. Estudando os fenômenos elétricos, concluiu que as transformações químicas e elétricas são fenômenos conceitualmente distintos, porém produzidos pela mesma força: a atração e repulsão de cargas elétricas. Em 1810, definiu um novo elemento da tabela periódica, o cloro (do grego khlorós, esverdeado), que antes era conhecido como “the green-yellow gas” (o gás amarelo esverdeado) na forma de cloro ativo (Cl_2). Em 1812, recebeu o título nobiliárquico de Knight (cavaleiro), deu uma aula de despedida na Royal Institution, e casou-se com uma viúva riquíssima, Jane Apreece. Depois de longas férias na Europa, ele veio a produzir a lâmpada de Davy, hoje usada por mineradores. Em 1814, produziu pela primeira vez o dióxido de cloro através do clorato de potássio (KClO_3) acidificado com ácido sulfúrico (H_2SO_3). Posteriormente, ele substituiu o ácido sulfúrico pelo ácido hidróclorido (HCl). Seu assistente de laboratório, Michael Faraday, desenvolveu seu trabalho e no final tornou-se mais famoso e influente que ele.

Sir John Leslie (1766-1832)



Sir John Leslie (10 de abril de 1766 - 3 de novembro de 1832) foi um matemático e físico escocês mais lembrado por sua pesquisa sobre o calor. Leslie fez o primeiro relato moderno da ação capilar em 1802 e congelou a água usando uma bomba de ar em 1810, a primeira produção artificial de gelo.

Em 1804, ele experimentou o calor radiante usando um recipiente cúbico cheio de água fervente. Um lado do cubo é composto de metal altamente polido, dois de metal fosco (cobre) e um lado pintado de preto. Ele mostrou que a radiação era maior do lado preto e desprezível do lado polido. O aparelho é conhecido como um cubo de Leslie

Sir Joseph J. Larmor (1857-1942)



Nasceu em Magheragall, no condado de Antrim, filho de Hugh Larmor, um lojista de Belfast e sua esposa, Anna Wright. A família se mudou para Belfast por volta de 1860, e ele foi educado na Royal Belfast Academical Institution, e depois estudou matemática e ciências experimentais no Queen's College, Belfast (BA 1874, MA 1875), onde um de seus professores foi John Purser. Posteriormente, ele estudou no St John's College, Cambridge, onde em 1880 era Senior Wrangler (JJ Thomson foi o segundo Wrangler daquele ano) e o Smith's Prizeman, obtendo seu mestrado em 1883. Depois de ensinar física por alguns anos no Queen's College, Galway, ele aceitou uma aula de matemática em Cambridge em 1885. Em 1892, foi eleito membro da Royal Society de Londres e serviu como um dos secretários da sociedade. Foi nomeado membro honorário da Royal Society of Edinburgh em 1910.

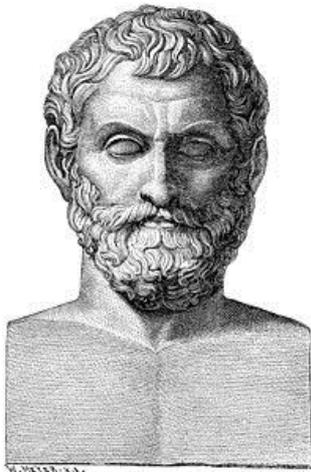
Em 1903, foi nomeado Professor Lucasiano de Matemática em Cambridge, cargo que manteve até sua aposentadoria em 1932. Ele nunca se casou. Foi cavaleiro pelo rei Eduardo VII em 1909. Motivado por sua forte oposição ao governo local para a Irlanda, em fevereiro de 1911, Larmor concorreu e foi eleito membro do parlamento da Universidade de Cambridge (círculo eleitoral do parlamento britânico) com o partido sindical liberal. Ele permaneceu no parlamento até a eleição geral de 1922, quando a questão irlandesa havia sido resolvida. Após sua aposentadoria de Cambridge, em 1932, Larmor voltou para County Down, na Irlanda do Norte. Recebeu o Doutor em Direito honorário da Universidade de Glasgow em junho de 1901. Foi agraciado com o Prêmio Poncelet em 1918 pela Academia Francesa de Ciências. Larmor foi um orador plenário em 1920 no ICM em Estrasburgo e um orador convidado no ICM em 1924 em Toronto e no ICM em 1928 em Bolonha. Ele morreu em Holywood, County Down, em 19 de maio de 1942.

Sir William Herschel (1738-1822)



William Herschel (Hanôver, 15 de novembro de 1738 — Slough, 25 de agosto de 1822) foi um astrônomo e compositor alemão naturalizado inglês. Aos 19 anos mudou-se para a Inglaterra onde passou a ensinar música, antes de se tornar um organista. Com o tempo passou a estudar astronomia e ficou famoso por sua descoberta do planeta Urano, assim como de duas de suas luas (Titânia e Oberon). Também descobriu duas luas de Saturno e a existência da radiação infravermelha. É também conhecido pelas vinte e quatro sinfonias que compôs. Foi o primeiro presidente da Royal Astronomical Society. Friedrich Wilhelm Herschel nasceu em Hanôver, Alemanha, filho de Anna Ilse Moritzen e Issak Herschel. Seu pai era músico da Guarda Hanoveriana - para a qual entrou aos quatorze anos. Mais tarde abandonou os serviços militares, devido a sua saúde frágil, sendo acusado de deserção, e sendo posteriormente perdoado pelo rei George III, em 1782. Seu pai ajudou-o a mudar-se para a Inglaterra em 1757, onde começou a ganhar a vida como músico e organista.

Tales de Mileto (c. 624-c. 546)



Tales de Mileto (c.624 — 546 a.C.) foi um filósofo, matemático, engenheiro, homem de negócios e astrônomo da Grécia Antiga, considerado, por alguns, o primeiro filósofo ocidental. De ascendência fenícia, nasceu em Mileto, antiga colônia grega, na Ásia Menor, atual Turquia.

Tales é apontado como um dos sete sábios da Grécia Antiga. Além disso, foi o fundador da Escola Jônica. Considerava a água como sendo a origem de todas as coisas, e seus seguidores, embora discordassem quanto à “substância primordial”, que constituía a essência do universo, concordavam com ele no que dizia respeito à existência de um “princípio único” para essa natureza primordial. Entre os principais discípulos de Tales de Mileto merecem destaque: Anaximandro de Mileto, para quem os mundos eram infinitos em sua perpétua inter-relação; e Anaxímenes de Mileto que afirmava que o “ar” era a substância primária. No naturalismo esboçou o que podemos citar como os primeiros passos do pensamento Teórico evolucionista: “O mundo evoluiu da água por processos naturais”, disse ele, aproximadamente 2460 anos antes de Charles Darwin. Sendo seguido por Empédocles de Agrigento na mesma linha de pensamento evolutivo: “Sobrevive aquele que está melhor capacitado”.

Tales foi o primeiro a explicar o eclipse solar, ao verificar que a Lua é iluminada por esse astro. Segundo Heródoto, ele teria previsto um eclipse solar em 585 a.C. Para Aristóteles, esse evento marca o início da filosofia. Os astrônomos modernos calculam que esse eclipse se apresentou em 28 de maio do ano mencionado por Heródoto. Se Tales aparece como o iniciador da filosofia, é porque seu esforço em buscar o princípio único da explicação do

mundo não só constituiu o ideal da filosofia como também forneceu impulso para o próprio desenvolvimento dela.

Theophrastus Philippus Aureolus Bombastus von Hohenheim (Paracelso) (1493-1541)



Paracelso, pseudônimo de Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, (Einsiedeln, 17 de dezembro de 1493 — Salzburgo, 24 de setembro de 1541) foi um médico, alquimista, físico, astrólogo e ocultista suíço-alemão. A ele também é creditado a criação do nome do elemento zinco, chamando-o de *zincum*. Seu pseudônimo significa “superior a Celso (médico romano)”. No estudo da sua biografia, fato tem sido gradualmente separado da crença, mas nenhum acordo foi alcançado no que respeita à natureza e sentido de seu ensino. Ele é considerado por muitos como um reformador do medicamento. Também é aclamado por suas realizações em Química e como fundador da Bioquímica e da Toxicologia. Ele aparece entre cientistas e reformadores como Andreas Vesalius, Nicolau Copérnico e Georgius Agricola, e, portanto, é visto como um moderno. Por outro lado, sempre possuiu uma aura de místico e até mesmo a obscura reputação de mago.

Wilhelm Wien (1864-1938)



Wien nasceu no vilarejo de Gaffken perto de Fischhausen (hoje Primorsk, oblast de Kaliningrado, Rússia), na extinta Prússia, filho do latifundiário Carl Wien. Em 1866, sua família mudou-se para Drachstein perto de Rastenburg (Rastembork).

Em 1879, Wien foi para a escola em Rastenburg e 1880-1882 frequentou a escola da cidade de Heidelberg. Em 1882, ele estudou na Universidade de Göttingen e Universidade de Berlim. De 1883-1885, ele trabalhou no laboratório de Hermann von Helmholtz e, em 1886, recebeu seu Ph.D. com uma tese sobre a difração da luz em cima de metais e sobre a influência de diversos materiais sobre a cor da luz refratada. De 1896 a 1899, Wien lecionou na prestigiosa Universidade Técnica de Aachen. Em 1900 ele foi para a Universidade de Würzburgo e tornou-se sucessor de Wilhelm Conrad Röntgen. Ao estudar os fluxos de gás ionizado, Wien, em 1898, identificou uma partícula positiva igual em massa para o átomo de hidrogênio. Wien, com este trabalho, fundou os alicerces de espectrometria de massa. J. J. Thomson refinou o aparelho de Wien e realizou novos experimentos em 1913, em seguida, após o trabalho de Ernest Rutherford, em 1919, a partícula de Wien foi aceita e nomeada próton. Em abril de 1913, Wien foi professor na Universidade Columbia. Em 1900 (na sequência do trabalho de George Frederick Charles Searle), ele assumiu que toda a massa da matéria é de origem eletromagnética para a relação entre a massa eletromagnética e energia

eletromagnética. Wilhelm Wien era primo de outro físico alemão, Max Wien. Ainda no mesmo ano, ele foi para a Universidade de Würzburg e tornou-se sucessor de Wilhelm Conrad Röntgen. Foi premiado com o Nobel de Física de 1911, pela descoberta das leis de irradiação do calor (Lei de Wien).

Xenófanes de Colofonte (c. 570-c. 480)



Xenófanes de Cólofon (ca. 570 a.C. — 475 a.C.) foi um filósofo grego, nascido na cidade de Cólofon, na Jônia (atual costa ocidental da Turquia). Cedo deixou sua cidade para levar vida errante na qualidade de rapsodo. Acredita-se que tenha passado algum tempo na Sicília e também em Eleia. Segundo a tradição, Xenófanes teria sido mestre de Parmênides de Eleia. Escreveu unicamente em versos em oposição aos filósofos jônios como Tales de Mileto, Anaximandro de Mileto e Anaxímenes de Mileto.

É a primeira pessoa conhecida a utilizar a observação de fósseis como evidência para a teoria da história da Terra. Ele verificou a existência de fósseis de peixes e conchas em localidades distantes da costa marinha, chegando à conclusão que tais locais em outras épocas estavam embaixo da água e foram fundo de mares. Da sua obra restaram uma centena de versos. A sua concepção filosófica destaca-se pelo combate ao antropomorfismo, afirmando que se os animais tivessem o dom da pintura, representariam os seus deuses em forma de animais, ou seja, à sua própria imagem. As suas críticas à religião não tinham como objetivo um ataque pleno à dita mas, “dar ao divino uma pura e elevada ideia: o verdadeiro deus é único, com poder absoluto, clarividência perfeita, justiça infalível, majestade imóvel; que em pouco se assemelha aos deuses homéricos sempre a deambular pelo mundo sob o império das paixões”, ou seja: só existe um deus único, em nada semelhante aos homens, que é eterno, não-gerado, imóvel e puro.

Zou Yan (c. 360-c. 260)



Zou Yan era um estudioso notável da Academia Jixia, no estado de Qi. Joseph Needham, um sinologista britânico, descreve Zou como “o verdadeiro fundador de todo o pensamento científico chinês”. Seus ensinamentos combinaram e sistematizaram duas teorias atuais durante o período dos Reinos Combatentes: Yin-Yang e os Cinco Elementos/Fases (madeira, fogo, terra, metal e água). Todos os escritos de Zou Yan foram perdidos e são conhecidos apenas através de citações nos primeiros textos em chinês. A melhor informação vem de sua breve biografia nos Registros do Grande Historiador (século I a.C), de Sima Qian. Ele o descreve como um polímata (filósofo, historiador, político, naturalista, geógrafo, astrólogo) que veio do estado costeiro de Qi (atual Shandong), onde foi membro da Academia Jixia, patrocinada pelo estado. Zou Yan é comumente associado ao taoísmo e às

origens da alquimia chinesa, remontando ao livro de Han (ca. 100 dC) que o chama de fangshi (“mestre da técnica” “alquimista; mágico; exorcista; adivinho”) Holmes Welch propõe que os fangshi estavam entre aqueles que Sima Qian descreveu como “incapazes de praticar” as artes de Zou Yan e diz que, embora Zou “adquirisse gradualmente estatura alquimista, ele próprio não conhecia nada da arte. Provavelmente foi desenvolvido por seus seguidores que ficou interessado em experimentação física com os Cinco Elementos”.

RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante **Lucas Matheus Alves Gontijo** do Curso de **Licenciatura em Física**, matrícula _____2017.1.0018.0040-4_____, telefone: _____(62)99344-4592_____ e-mail _____lucas.m.a.g@hotmail.com_____, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Estudo Sobre a Radiação Térmica**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 02 de dezembro de 2020.

Assinatura do(s) autor(es): _____*Lucas Matheus A. Gontijo*_____

Nome completo do autor: Lucas Matheus Alves Gontijo

Assinatura do professor-orientador: _____*Rodrigues*_____

Nome completo do professor-orientador: Clóves Gonçalves Rodrigues