



Escola de Artes, Ciências e Humanidades  
da Universidade de São Paulo

ACH1014 Fundamentos de Física

# Primeira lei da termodinâmica

Docente: PatriciaTargon Campana

[pcampana@usp.br](mailto:pcampana@usp.br)

2013

# **Primeira lei da termodinâmica**

Energia interna

Trabalho

Entalpia

Capacidade calorífica

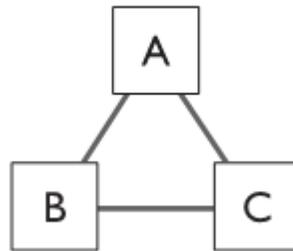
A conservação de energia

# Leis da termodinâmica

- Lei Zero
- Primeira Lei
- Segunda Lei
- Terceira Lei

# Lei Zero

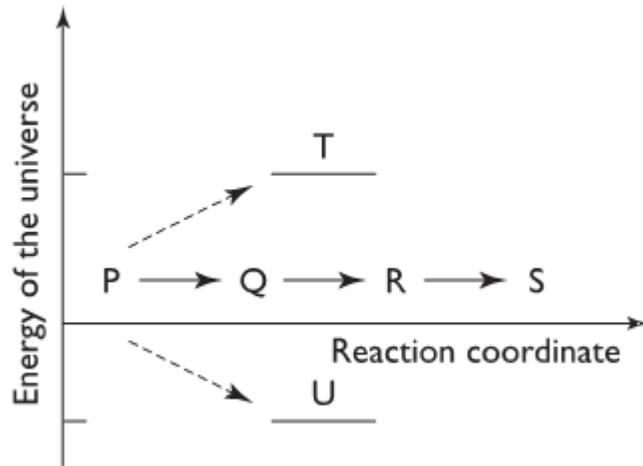
Dois sistemas em equilíbrio térmico com um terceiro, estão em equilíbrio térmico entre si.



Primeira Lei: A energia interna do sistema é a soma de todas as energias (cinética, potencial, etc.) de todas as partículas que o constituem e, como tal, é uma propriedade do sistema, ou seja, só depende dos estados inicial e final da transformação.

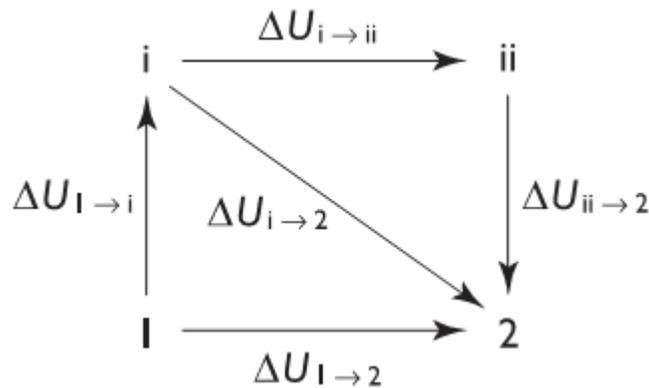
A energia de um sistema é conservada.

Em todo processo natural, a energia do universo se conserva.



# Energia interna

- Medida em Joules
- Esta *dentro* do sistema
- Tipos de energia que podem ser modificadas por processos químicos
- Energia nuclear: não é muito relevante em reações bioquímicas (fora da conta)



Independente do caminho (como todas as funções de estado termodinâmicas)

- É propriedade extensiva (depende do *tamanho*)
- Não pode ser medida diretamente, mas é calculada a partir de suas propriedades
- O que se mede é a mudança em  $U$  em diferentes estados do sistema, independente do caminho



Primeira Lei

## Funções de estado importantes:

**Energia interna (U):** Contribuições de cinética e potencial (de cada parte individual do sistema)

**Entalpia (H):** relacionada com a quantidade de calor trocado

**Entropia (S):** Grau de desordem do sistema

**Energia livre (G):** relacionada com o trabalho que se pode obter do sistema

# Trabalho

- Força: qualquer influência que muda a posição de um objeto, ou que lhe causa movimento

Vários tipos de  
Força



Vários tipos  
de Energia

# ENERGIAS:

Potencial Gravitacional. O trabalho realizado por essa força depende apenas das situações inicial e final

$$W_g = \Delta U_g$$

## FORÇAS CONSERVATIVAS

Salto humano : exemplo deste tipo de energia

vertical

músculos realizam

$\hat{=}$  p

com vara ou corda

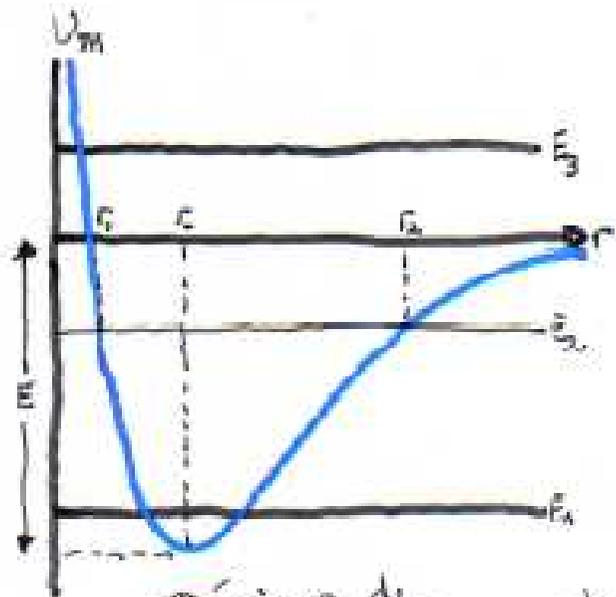
trabalho

→ energia cinética da corda, transformada na energia potencial elástica da vara.

Energia potencial elástica: trabalho realizado para restaurar a condição inicial causada por uma força deformadora temporária.

$$W_{elast} = -\Delta U_e$$

Energia potencial molecular: originada pela interação eletromagnética entre os átomos que constituem a molécula.

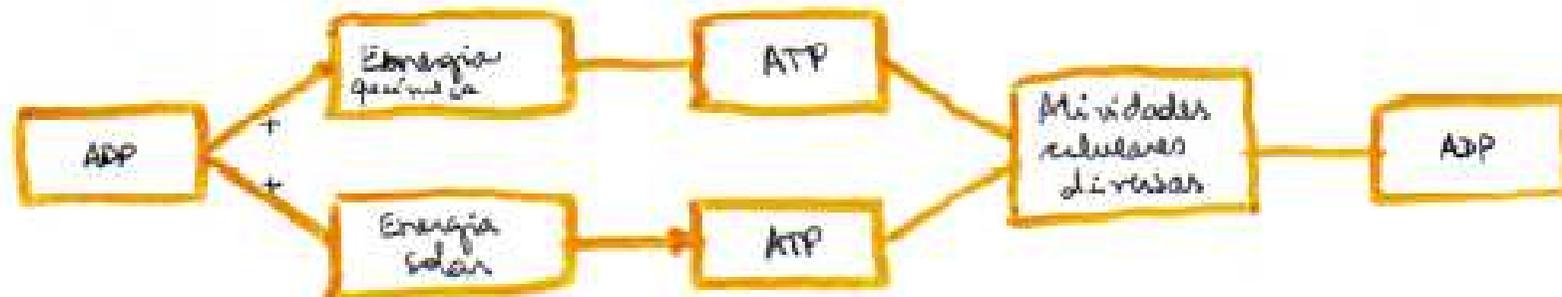


mínimo de energia e estado fundamental

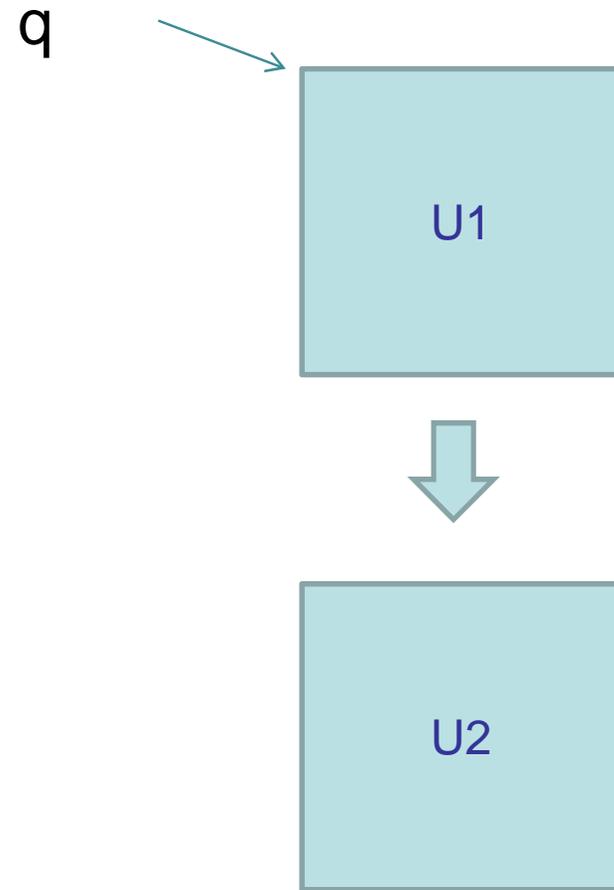
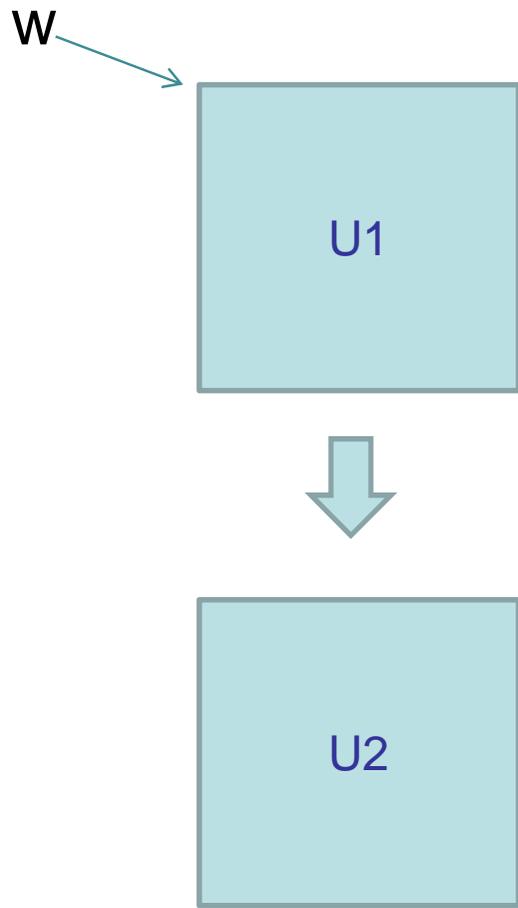
Energia térmica: consequência do movimento das moléculas na matéria. Se manifesta na forma de **CALOR** e na forma de **atuação da Temperatura**

$Q = mc\Delta\theta$        $\langle K \rangle = \frac{3}{2} kT$  → energia cinética das moléculas

Energia Química: a energia envolvida nas reações químicas tem natureza **elétrica**. As reações químicas transferem as diversas formas de energia absorvidas ao ser vivo.



Trabalho é similar ao **calor**



- Ambos são formas de energia transferida *através* de uma barreira



## Fenômenos de borda

- Quantidades transientes

w

- *Equivalente* à Força
- Movimento ordenado

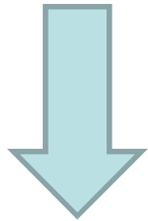


q

- Leva à mudança em T
- Movimento desordenado

# Tipos

- Movimento  $XG$
- Expansão de gás  $X$  Pressão interna
- Movimento de carga  $X$  gradiente de  $E$
- Rotação de uma haste  $X$  vento
- Expansão de filme líquido  $X$  tensão superficial

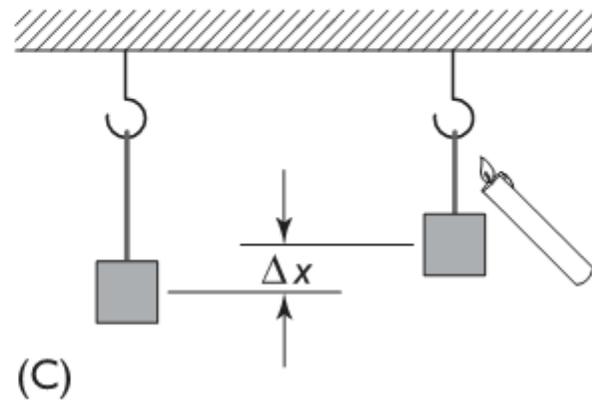
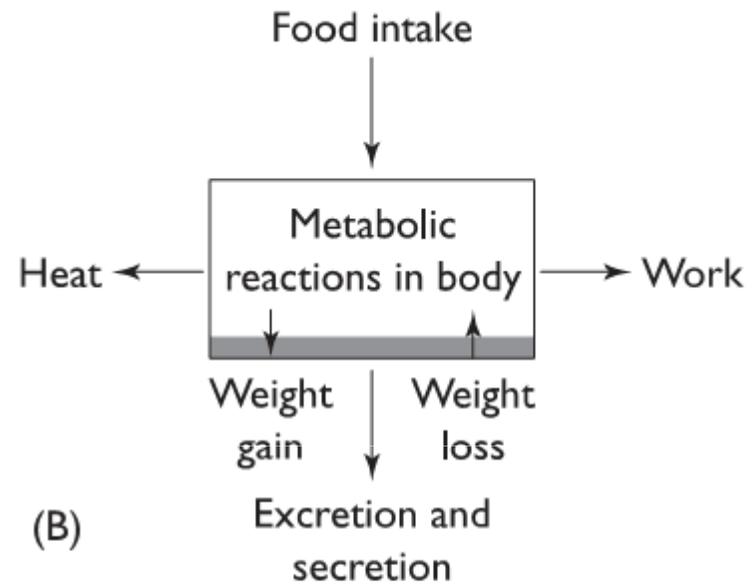
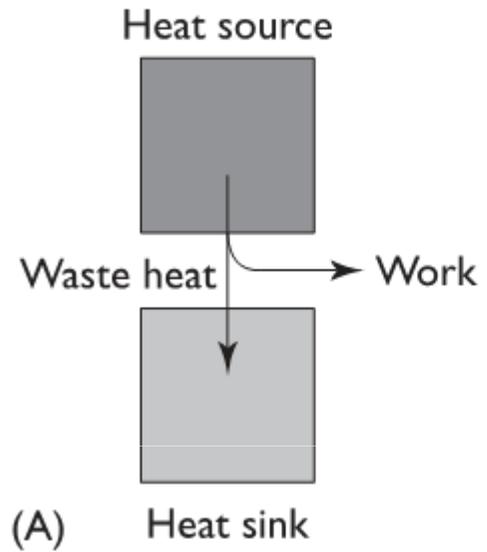


Deslocamento

Vizinhanças *empurram* o sistema de forma a organizá-lo

Exemplos: pessoa carregando uma mala, encher pneu de bicicleta

# Máquinas térmicas: $w + q = \Delta U$



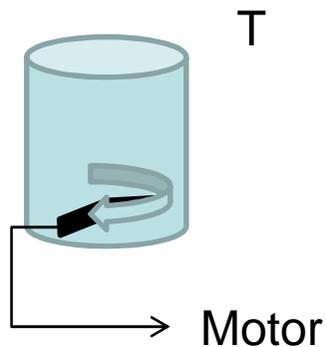
$$w + q = \Delta U$$

Von Mayer (1842)

Table 2.1. | *Sign conventions for heat and work*

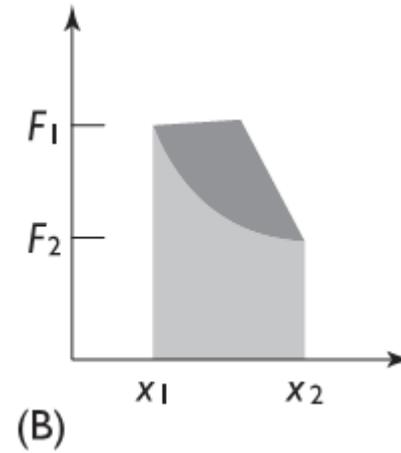
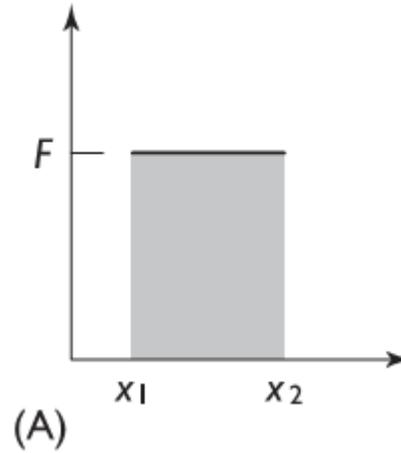
Heat is transferred to the system	$q > 0$
Heat is transferred to the surroundings	$q < 0$
The system expands against an external pressure	$w < 0$
The system is compressed because of an external pressure	$w > 0$

Joule (1843)



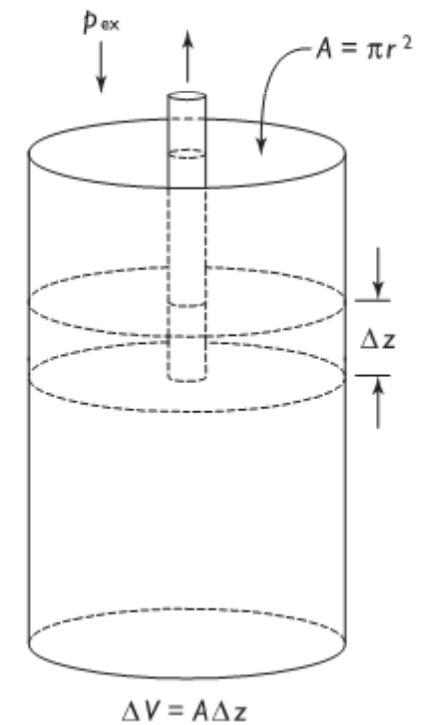
$$w = 0$$
$$\Delta U = q$$

$$w = - F \Delta x$$



$$w = - p_{\text{ex}} \Delta V$$

Energia para a expansão vem do próprio sistema:  $-w$



# Entalpia (H)

- É componente de *Gibbs*
- Nominada por Clausius (1850) = aquecer

$$q_p = \Delta U - w$$

pressão constante

$$q_p = \Delta U + p\Delta V$$

Calor trocado à pressão constante

$$H = U - pV \quad \longrightarrow \quad \text{Entalpia}$$

Entalpia: quantidade de energia no sistema termodinâmico para transferência entre ele e a vizinhança

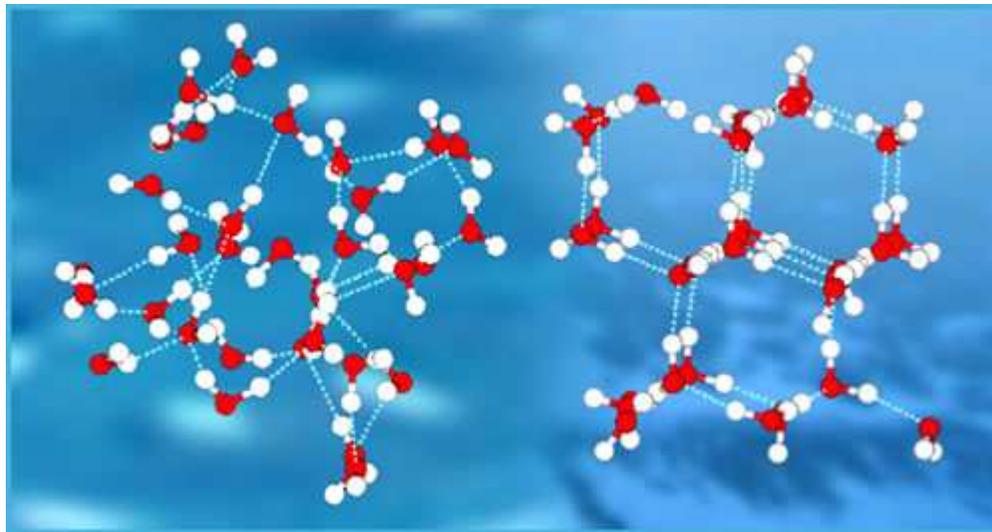


a mudança na entalpia por unidade de temperatura reflete as propriedades do material

E o calor transferido num sistema à pressão constante mede as mudanças na entalpia do sistema

# Capacidade calorífica

- $C_p$  é intrínseco de cada material
- É medido e pode ser usado para calcular mudanças na entalpia
- Nos diz quanta energia está disponível para transferência, por grau



# Consumo de energia pelos animais

Respiração: Processo essencial à vida, “...combustão lenta de carbono e hidrogênio...”

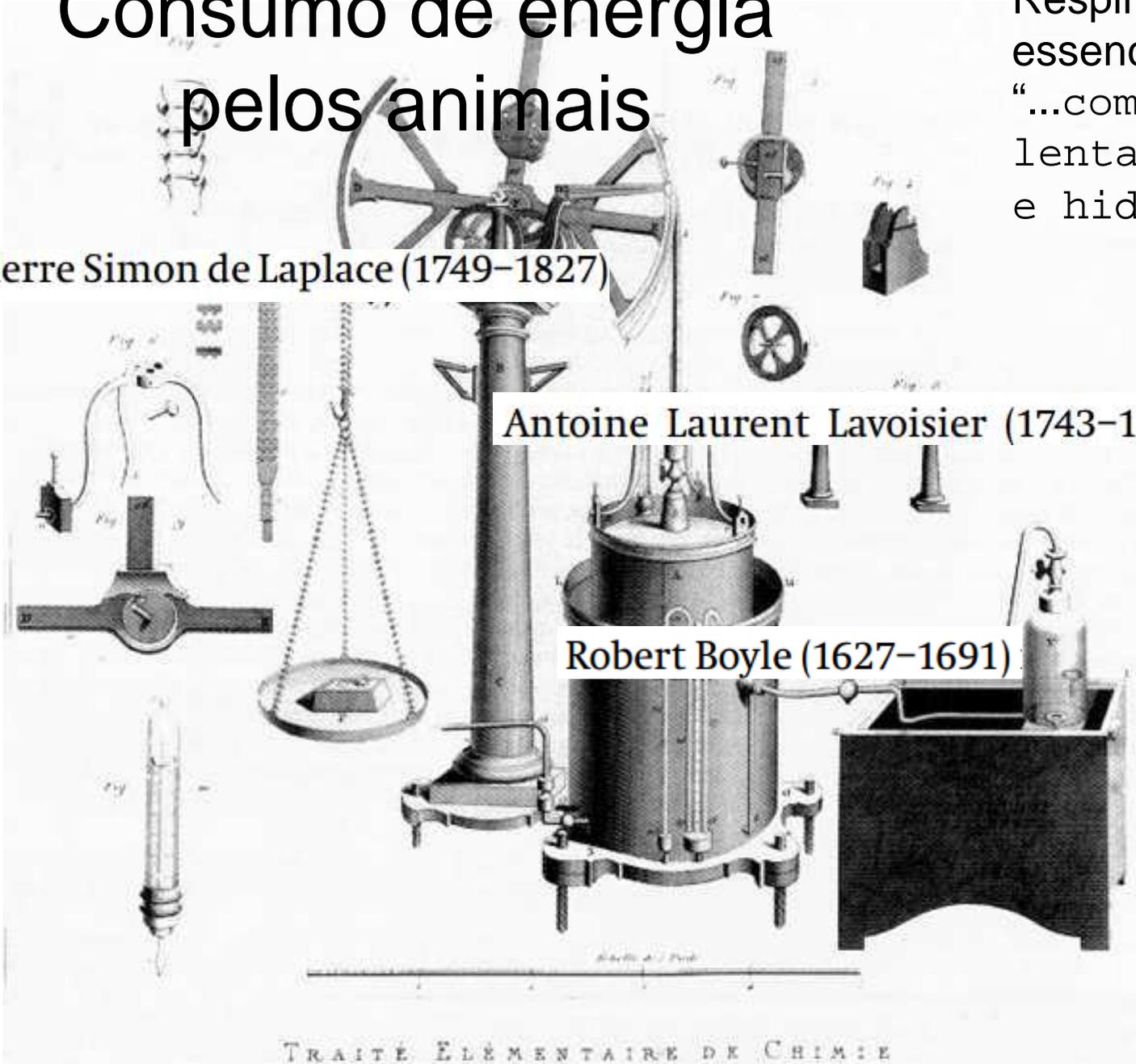
Pierre Simon de Laplace (1749–1827)

Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794)

Robert Boyle (1627–1691)

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE

Gazomètre de Lavoisier et Meusnier, planche extraite du *Traité élémentaire de chimie*, pl. VIII.





### III.

## Die Kalorimetrie

von

Max Rubner in Berlin.

(Mit 40 Figuren.)

### Einleitung.

Die Bestimmung von Wärmequanten, die Kalorimetrie, ist für den Physiologen, nach zwei Gesichtspunkten betrachtet, eine Aufgabe von großer Bedeutung. Die Wärme ist in der Biologie eine Erscheinung, die um ihrer selbst willen einer Messung unterzogen wird, spielen doch Eigentemperaturen im Gebiet des Belebten überall eine Rolle, sie verlangt aber eine durch die kalorimetrische Messung allein ermöglichte Erklärung. Die Wärme ist ferner wie bei den Vorgängen des Unbelebten als Energieform, in welche andere leicht übergeführt werden können, von Bedeutung.

Diejenige Energie, welche besonders in der organischen Welt ein Rolle spielt, ist die chemische Spannkraft neben jener freien Energie, die in den Pflanzen den Chlorophyllkörnern durch die Sonnenstrahlung zugeführt wird, aber biologisch doch mehr einen sekundären Prozeß darstellt.

Kein Leben ohne Ernährung, ohne Verbrauch von Stoffen, ohne Bildung von Spaltungsprodukten unter Verminderung der chemischen potentiellen Energie. Die ursprüngliche Auffassung des Tierlebens als eine Verbrennung unter oxydativem Abbau der Stoffe hat der allgemeinen energetischen weichen müssen, denn nur die letztere umfaßt auch jene primitiven Lebensformen bei den Bakterien und Hefen, wo Spaltungsvorgänge ohne Beteiligung des Sauerstoffs die Quelle der Energie für die lebende Substanz bilden.

Die Desenergisierung ist die generelle Formel der lebenden Substanz, der Chemismus die spezielle Formel der Arten und Spezies; beide stehen in untrennbarem Zusammenhang. Noch im Jahre 1882 sahen wir in dem Handbuch der Physiologie von Hermann, einem Standardwerk des damaligen Wissens, Wärmelehre und Ernährungslehre als völlig getrennte Abschnitte und unabhängig voneinander behandelt. Heute ist eine solche Trennung nicht mehr durchführbar, eine Stoffwechsellhre ohne energetische Basis nicht denkbar.

Ist sonach die Bestimmung des Energiekonsums der fundamentalere und weitergreifendere Gesichtspunkt, so hat doch z. B. beim Warmblüter die Wärme