



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Departamento de Estudos Básicos e Instrumentais

3- ENERGIA

Física para Ciências Biológicas

Prof. Roberto Claudino Ferreira

ÍNDICE

1. Conceitos Fundamentais;
2. Energia Potencial (Gravitacional e Elástica);
3. Energia Cinética e Trabalho;
4. Potência;
5. Conservação da Energia;
6. Energia Térmica;
7. Movimento Browniano;
8. Energia Química e Biológica;
9. Transformação da Energia na Biosfera;
10. Fluxo da Energia na Biosfera;
11. Energia no Corpo Humano;
12. Fontes de Energia.

OBJETIVO GERAL

Introduzir os conceitos de trabalho, energia cinética e energia potencial que servirão de base para o estudo da conservação da energia, para em seguida apontar aplicações na Biologia.

3.1 - ENERGIA

➤ 3.1.1 - Conceito energia: É uma grandeza que possibilita a correta troca mútua entre dois ou mais sistemas.

➤ Unidade de medida no SI é o Joule, (J).

➤ **3.1.2 - Energia Potencial.** Pode ser:

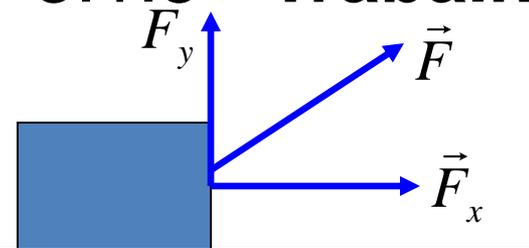
gravitacional; $U(y) = mgy$
elástica; $U(x) = \frac{1}{2}kx^2$

➤ **3.1.3 - Energia Cinética:** $K = \frac{1}{2}mv^2$

➤ 3.1.4 - Energia Mecânica: $E_M = U + K$

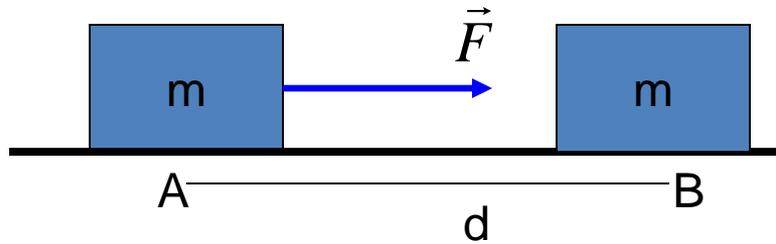
➤ 3.1.5 - **Trabalho** também é um tipo de energia.

$$W = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$



1º Problema:

Calcule o trabalho realizado sobre um bloco por uma força de módulo constante $F = 10 \text{ N}$, quando este se desloca por uma distância $d = 2,0 \text{ m}$, como indica a figura.

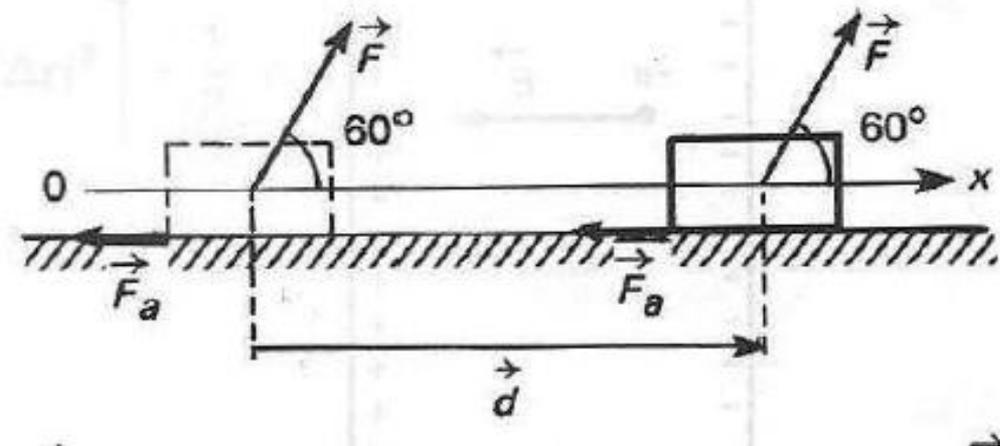


2º Problema:

Um bloco se desloca sob a ação da força de módulo $F = 6 \text{ N}$ e da força de atrito de módulo $F_{at} = 2 \text{ N}$, como na figura.

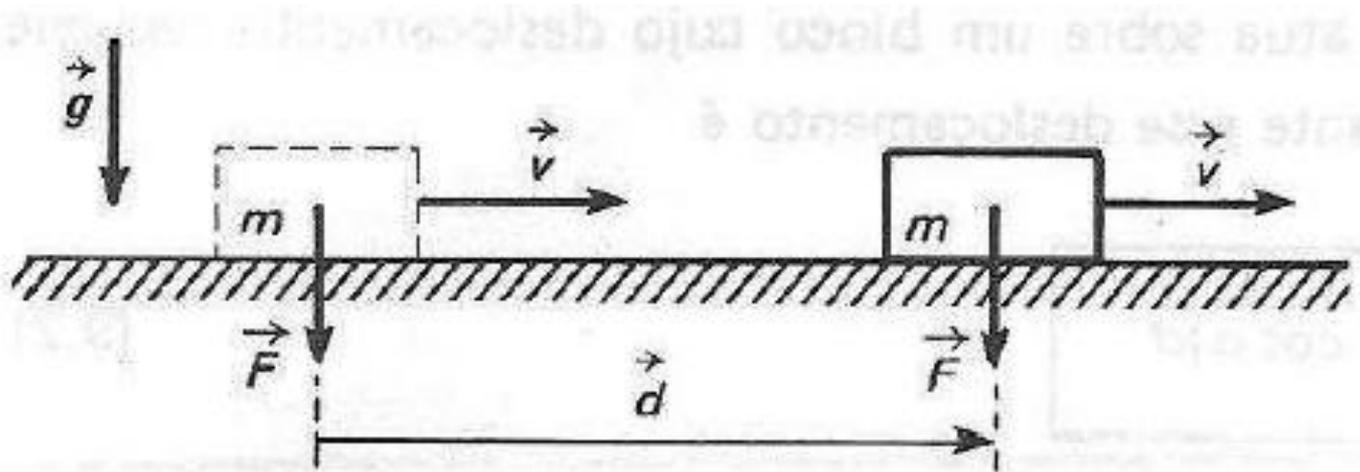
Calcule:

- O trabalho realizado por essas forças quando o bloco se desloca 1 m .
- O trabalho total realizado sobre esse bloco.



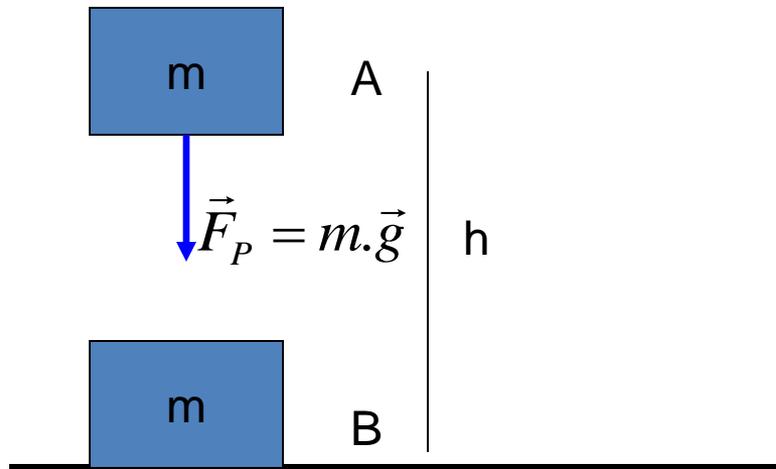
3º Problema:

Um bloco se move sobre uma superfície, como indica a figura. Calcule o trabalho realizado pela força peso com que a Terra atrai este bloco .



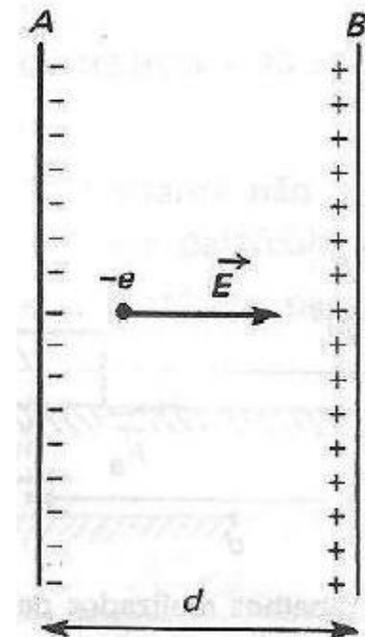
4º Problema:

Um corpo de massa $m = 1,0 \text{ kg}$ é abandonado de uma altura de $h = 10 \text{ m}$. Calcule o trabalho realizado pela força peso neste bloco até atingir o chão. Considere $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



5º Problema:

Considere um campo elétrico uniforme criado por duas placas paralelas, infinitas e carregadas, separadas por uma distância d como na figura abaixo. Calcule a variação da energia cinética do elétron quando ele atravessa o campo perpendicularmente, da placa A até a placa B, e sua velocidade final v .



3.1.6 - POTÊNCIA

- Conceito: Trata-se da velocidade com que um trabalho é realizado.
- Potência Média: $P_{méd} = \frac{W}{\Delta t}$
- Potência Instantânea: $P_{inst} = F \cdot v \cdot \cos \alpha$
- Unidade de medida no SI é o Watts, (W).

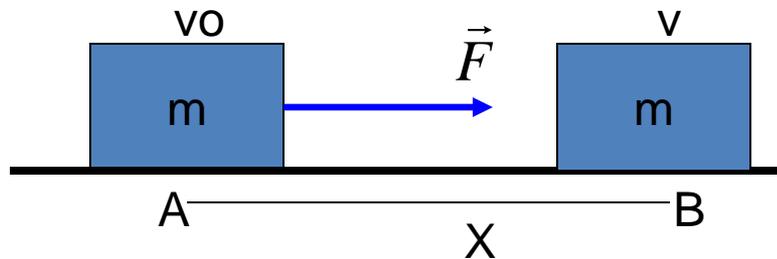
6º Problema:

Considere dois homens levantando uma caixa cada um, cujas massas são a mesma de valor $m = 10 \text{ kg}$, até uma altura de 1m . Sabendo que o homem A levantou a caixa em 1s e o sujeito B realizou o movimento em 2s . Responda:

- Qual o trabalho realizado pelo sujeito A?
- Qual o trabalho realizado pelo sujeito B?
- Qual a potência média do sujeito A?
- Qual a potência média do sujeito B?

3.1.7 - TEOREMA DA ENERGIA CINÉTICA

O trabalho realizado pela força resultante que atua nesse corpo é igual a variação da energia cinética.



$$W = K_f - K_i$$

$$W = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

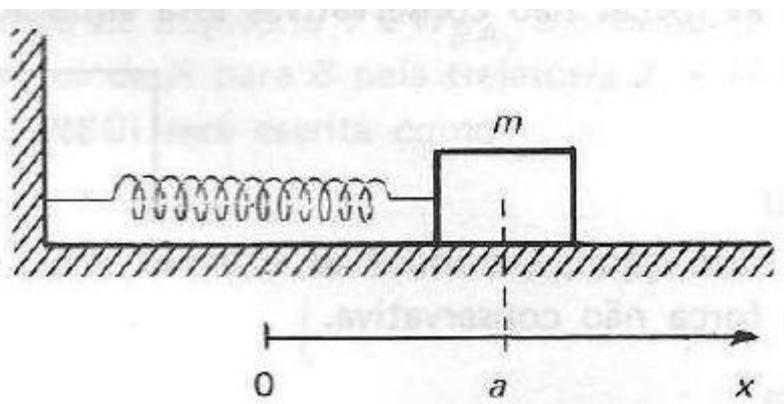
$$W = \Delta K$$

7º Problema:

Considere o caso do elétron atravessando o campo elétrico como no 5º problema. Calcule a variação da energia cinética do elétron quando ele atravessa o campo perpendicularmente, da placa A até a placa B, e sua velocidade final.

8º Problema:

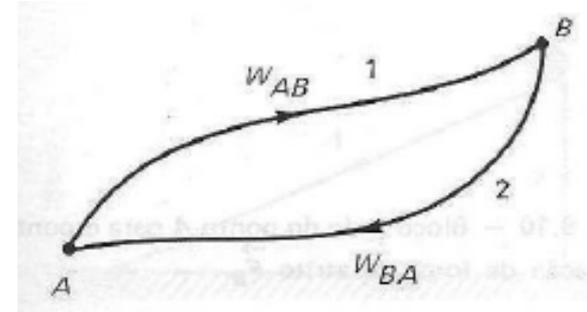
Um bloco de massa m preso a uma mola de constante elástica k e massa desprezível é abandonado em uma posição $x_0 = a$, como indica a figura. Calcule a velocidade v com que esse bloco passa pela posição $x = 0$, na qual ele estaria em equilíbrio se a mola não estivesse esticada ou comprimida. Despreze a força de atrito.



3.1.8 - FORÇAS CONSERVATIVAS

Forças Conservativas.

$$W_{AB} + W_{BA} = 0$$

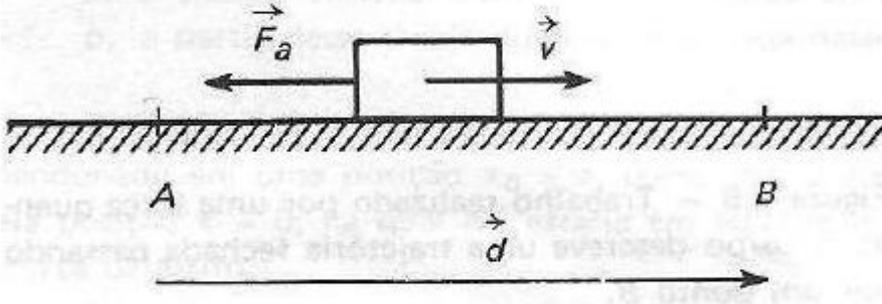


Forças Não Conservativas.

$$W_{AB} + W_{BA} \neq 0$$

9º Problema:

Calcule o trabalho realizado pela força de atrito F_a , quando um bloco se desloca 1m, desde o ponto A até o ponto B, como indicado na figura, e volta ao ponto inicial. O módulo da força de atrito é $F_a = 4\text{N}$.



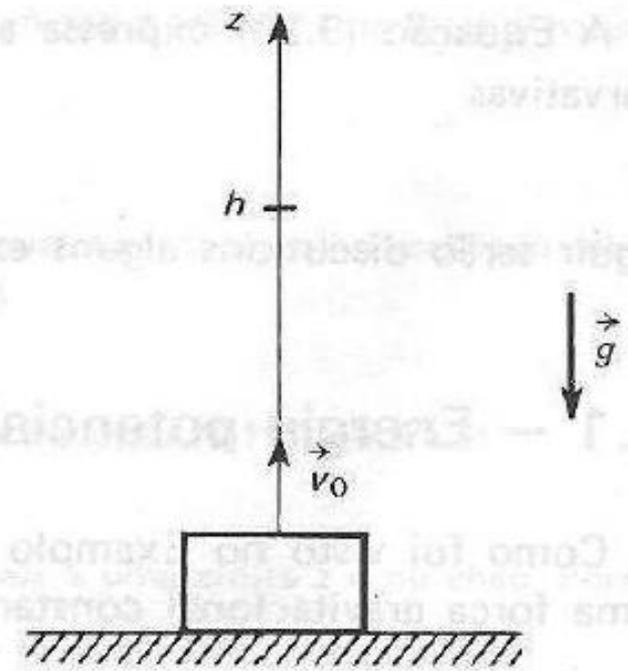
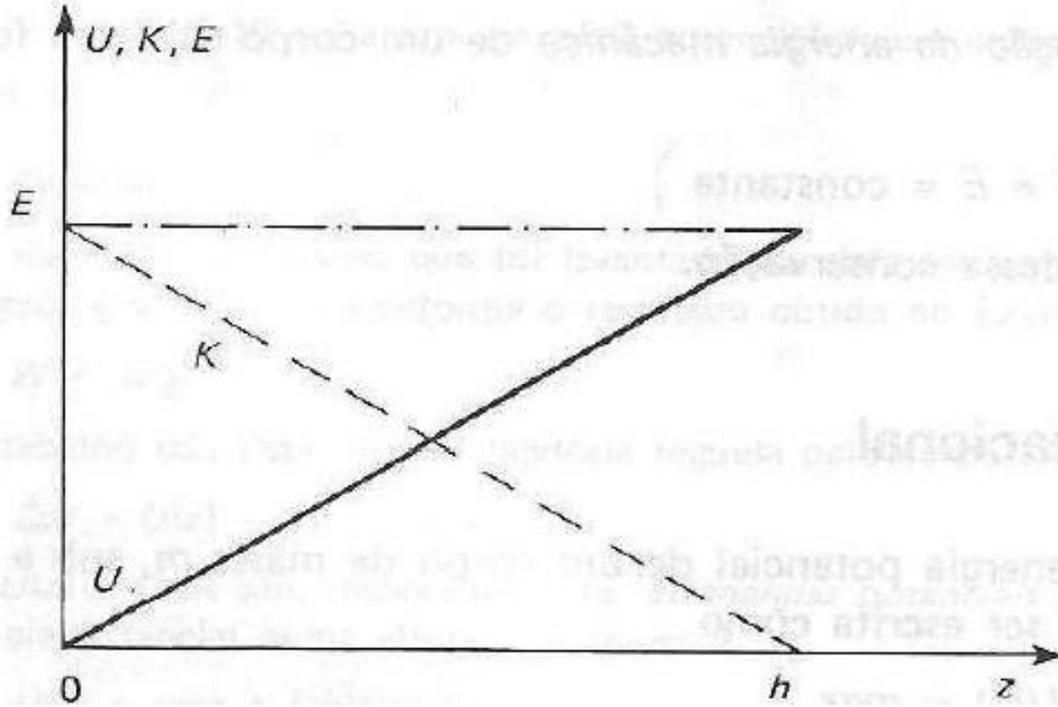
10º Problema:

Calcule o trabalho realizado pela força gravitacional, sobre um corpo de massa m quando este é lançado verticalmente para cima, a partir do solo, atingindo uma altura h e voltando à posição inicial.

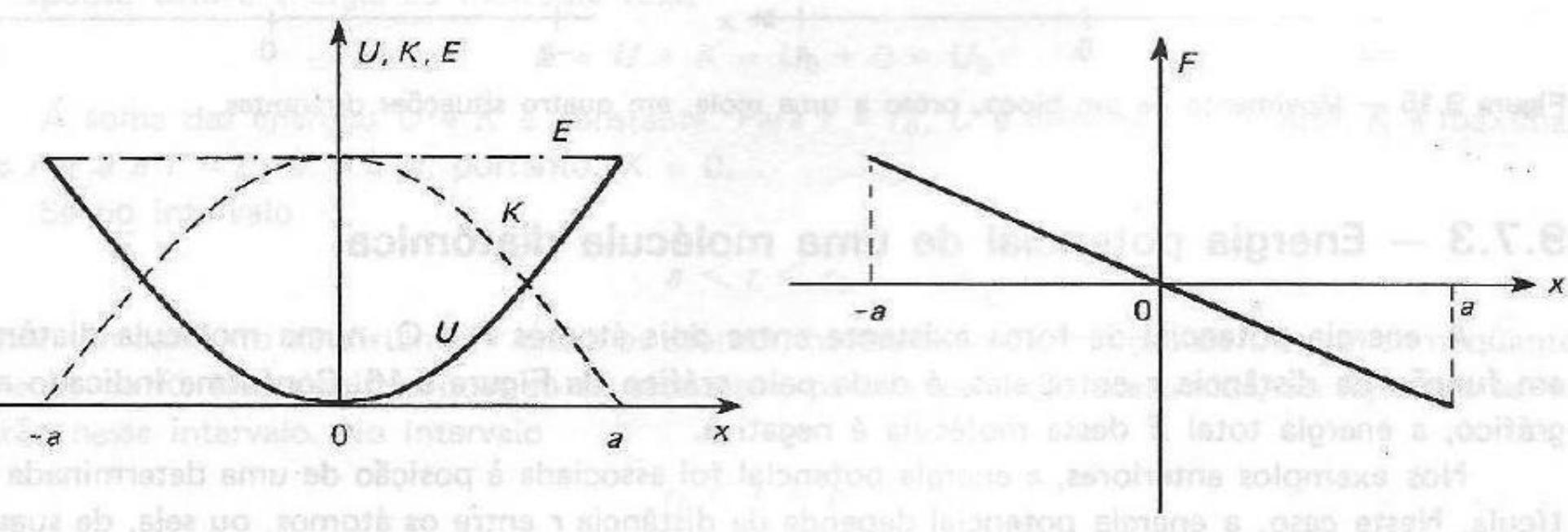
11º Problema:

Calcule a energia potencial de um corpo de massa m sob a ação de uma força gravitacional constante.

3.1.9 - Gráfico [U(gravitacional),K,E]



3.1.10 - Gráfico [U(elástica),K,E]



3.1.11 - ENERGIA POTENCIAL PARA UMA MOLÉCULA DIATÔMICA

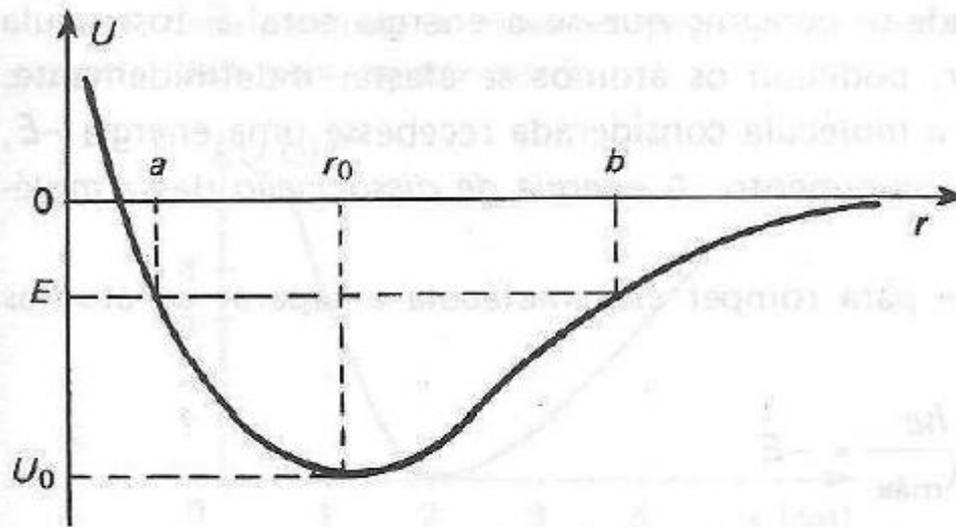
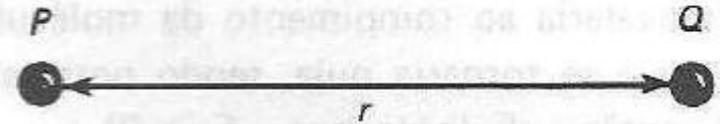


Figura 9.16 – Energia potencial de uma molécula diatômica.



$$F_{elétrica} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q^2}{r^2}$$

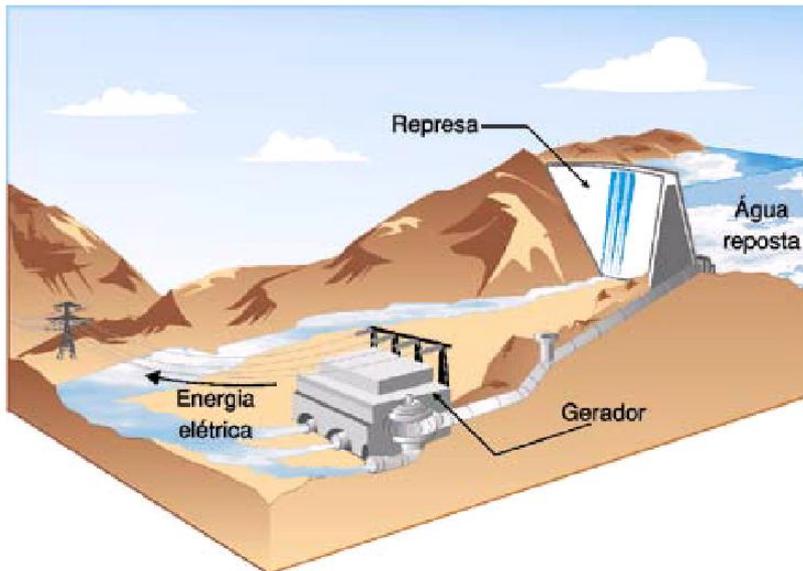
$$\Delta U = -\frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q^2}{r}$$

Pela conservação da energia $\Delta K_{AB} = -\Delta U_{AB}$, logo
A energia mínima de um fóton para romper esta
esta molécula é dada por:

$$E_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\max}} = -E$$

3.2 - LEI DA CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

Energia não se cria nem se destrói mas apenas se transforma de um tipo em outro, em quantidades iguais.



$$\Delta E_{Mec} = \Delta K + \Delta U = 0$$

$$K_2 + U_2 = K_1 + U_1$$

3.2.1 – ENERGIA TÉRMICA

Mais conhecida como calor. Trata-se da energia em transito devido a diferença de temperatura entre dois corpos.

Temperatura. É a medida da agitação (energia cinética) das moléculas.

$$Q = mc\Delta T$$

Diagram illustrating the equation $Q = mc\Delta T$ with labels and arrows:

- Q : calor
- m : massa
- c : calor específico
- ΔT : Variação de temperatura

No (SI):

$$Q = \text{J}$$

$$m = \text{kg}$$

$$c = \text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$$

$$T = \text{Kelvin (K)}$$

No (cgs):

$$Q = \text{cal}$$

$$m = \text{g}$$

$$c = \text{cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$$

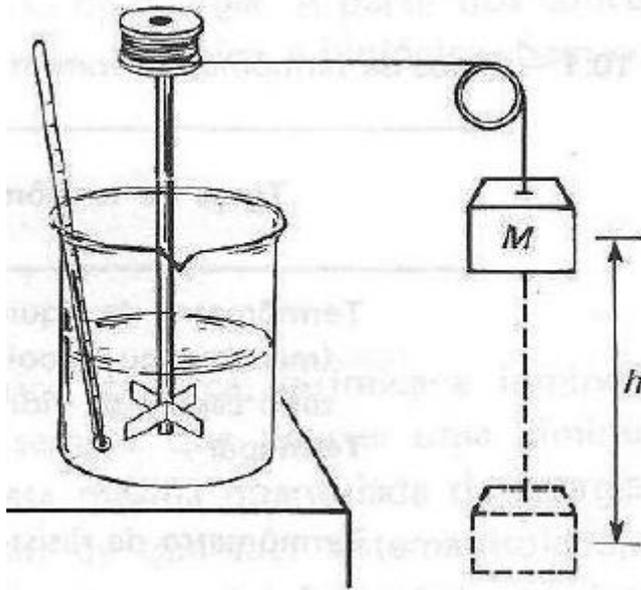
$$T = ^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

12º Problema:

Na experiência esquematizada a baixo, um bloco de massa M de 4 kg desce de uma altura h igual a 10m, fazendo girar uma pá colocada dentro de um recipiente com água e provocando com isto um aumento de temperatura $\Delta T = 0,93 \text{ }^\circ\text{C}$ numa quantidade de água de massa $M = 0,1 \text{ kg}$. Dados $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e $c = 1 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$, calcule:

- O trabalho realizado (em Joules) pela pá sobre a água;
- O calor absorvido pela água em calorias;
- A relação entre as unidades caloria e Joule.

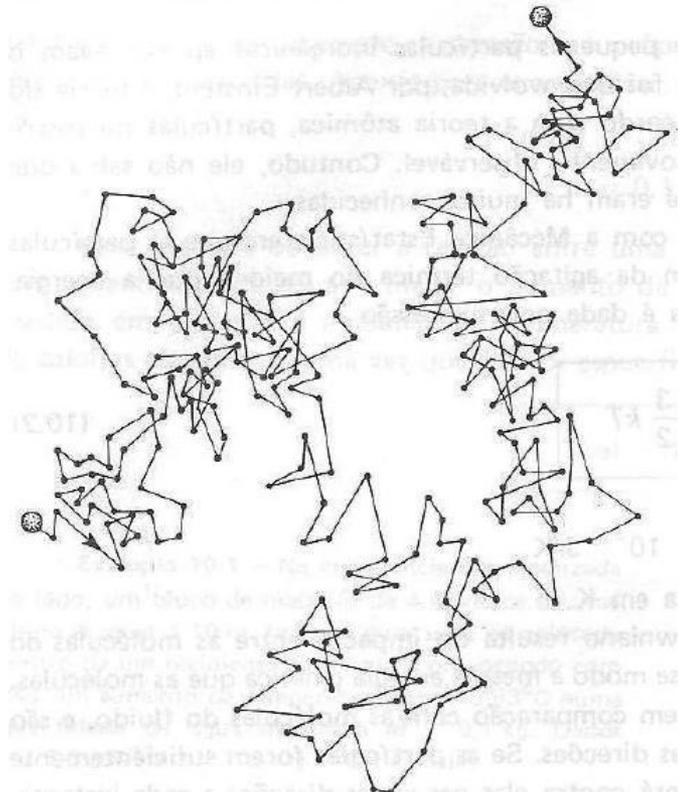


3.2.2 – MOVIMENTO BROWNIANO

É um movimento aleatório de partículas suspensas em um fluido como consequência dos choques entre todas as moléculas ou átomos presentes no fluido. O que comprova a existência da agitação das moléculas (Temperatura).

Robert Brown – 1827, foi o primeiro a observar tal movimento.

Albert Einstein – 1905, foi quem escreveu a teoria do movimento browniano.

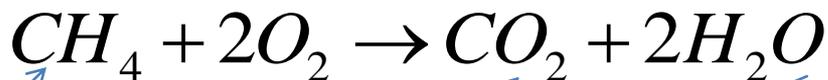


$$\overline{K} = \frac{3}{2} kT$$

k = Constante de Boltzmann

3.2.3 – ENERGIA QUÍMICA E BIOLÓGICA

- Cada molécula possui uma energia potencial elétrica que depende da posição relativa dos átomos que a formam; $\Delta U = -\frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q^2}{r}$
- Numa reação química um tipo de energia pode ser transformada em outra. **Ex:**
Combustão do metano. Processo exotérmico:



1648 kJ/mol + 994 kJ/mol

→ 830 kJ/mol + 922 kJ/mol

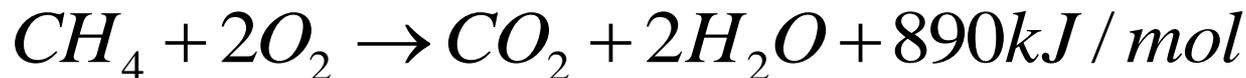
Entalpia dos reagentes (Hr)

Entalpia dos produtos (Hp)

$$\Delta H = H_p - H_r$$

$$\Delta H = 1752 - 2642$$

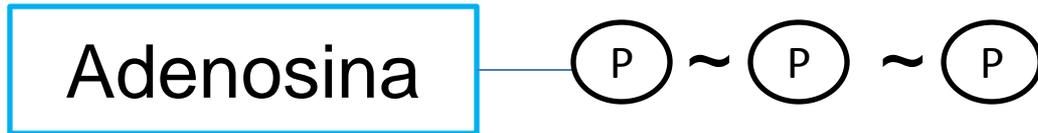
$$\Delta H = -890 \text{ kJ/mol}$$



Energia liberada na forma de calor

3.2.3 – ENERGIA QUÍMICA E BIOLÓGICA

ADP:  Difosfato de adenosina

ATP:  Trifosfato de adenosina

Grande parte da transformação de energia em organismos vivos ocorre envolvendo ADP e ATP.

Na reação $ATP \rightarrow ADP + P$ é liberado 67J/g.

ATP é uma molécula encontrada em todas as células em uma concentração de 0,5 mg/ml até 5 mg/ml. São continuamente formadas em processos de fotossíntese, respiração e fermentação.

3.2.4 – TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA

NA BIOSFERA

Ocorre como descrito na 1ª Lei da

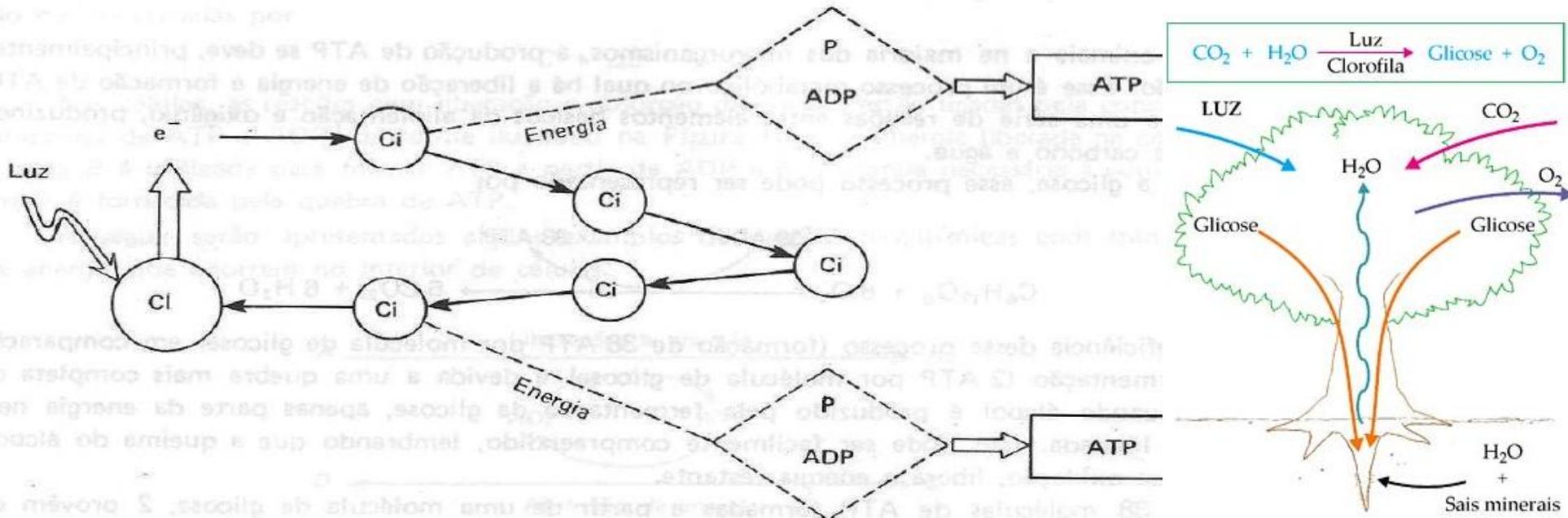
Termodinâmica: $\Delta E = Q - W$.

Liberação de Energia: $A = B + \Delta E$

Absorção de Energia : $C + \Delta E = D$



Ex: Fotossíntese. Processo pelo qual plantas e outros organismos convertem energia luminosa em energia biológica, absorvendo gás carbônico e produzindo oxigênio e carboidratos.



3.2.5 – FLUXO DE ENERGIA NA BIOSFERA

Basicamente atende ao inter-relacionamento de três grupos de personagens: **produtores, consumidores e decompositores**. Que formam a cadeia alimentar.

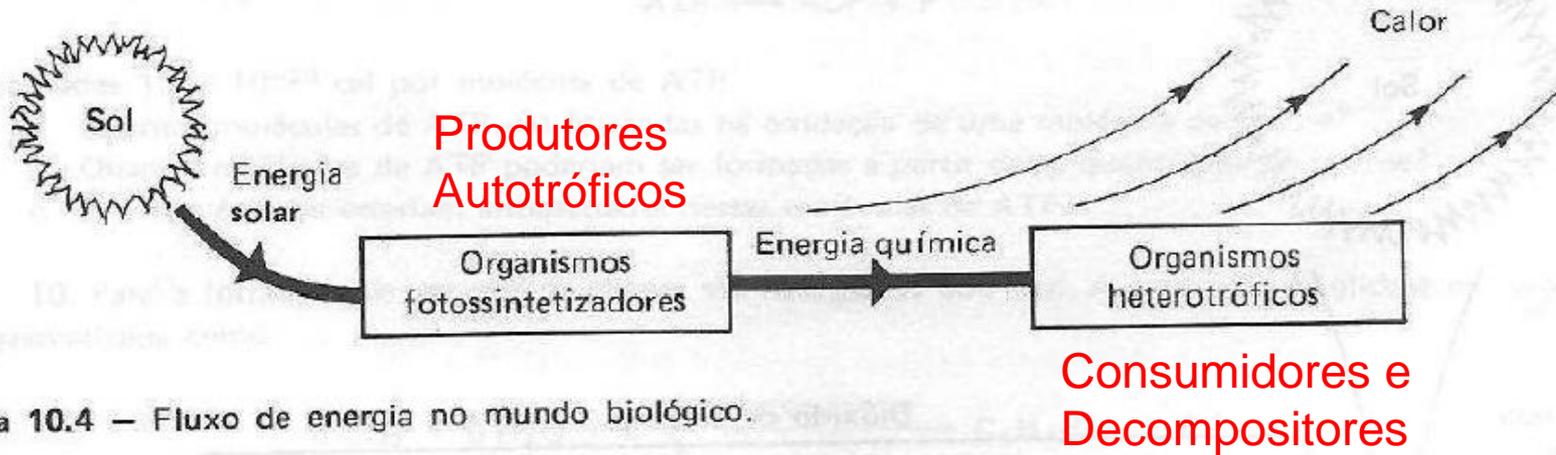
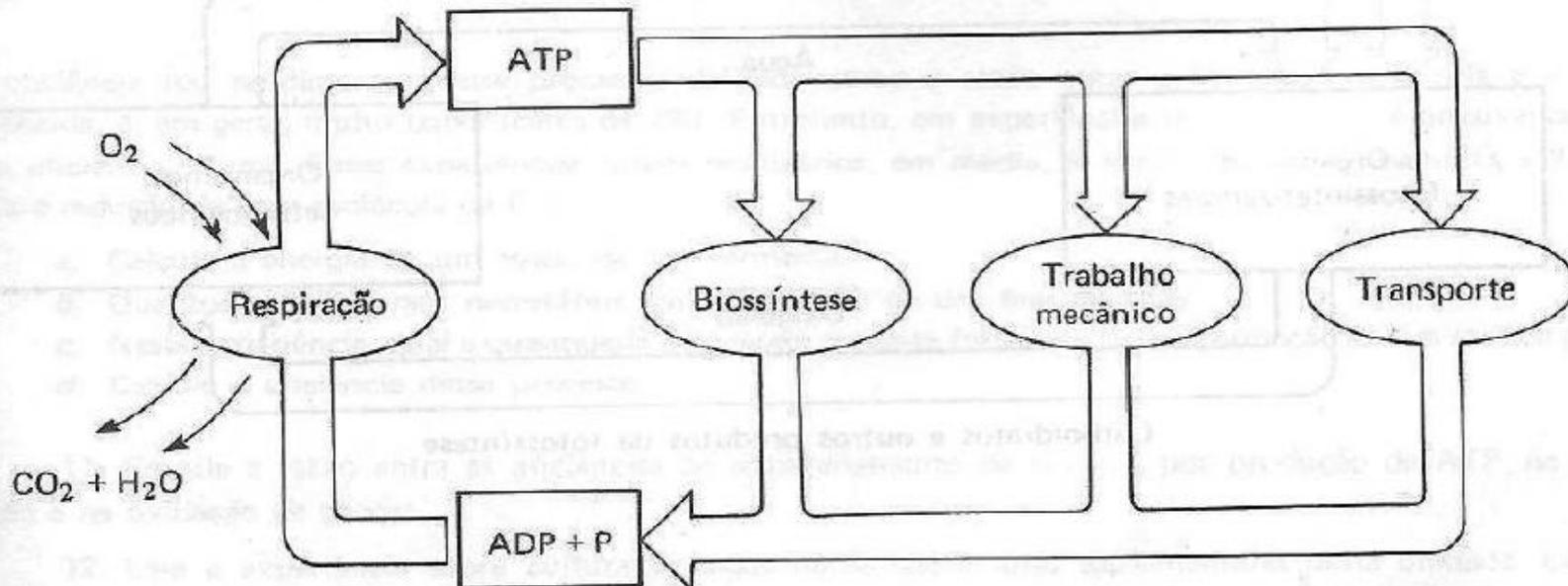


Figura 10.4 – Fluxo de energia no mundo biológico.



3.3 – ENERGIA E O CORPO HUMANO

3.3.1 - Conceito. Tudo em nosso corpo funciona pela troca de energia, mesmo em repouso nosso corpo gasta energia numa taxa de 110 W (MB).

3.3.2 - Conservação da energia. $\Delta E = \Delta Q - \Delta W$

1º - Fonte de Energia: **Alimentação**;

2º - Modificado quimicamente em moléculas que reagem com o oxigênio com reações de oxidação no interior das células;

3º - As reações liberam energia necessária à produção de moléculas de ATP. **Esta última é a fonte de energia utilizável pelo corpo humano.**

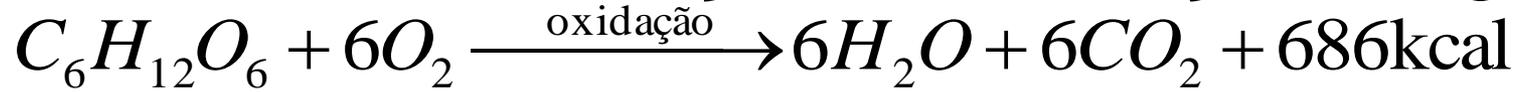
3.3.3 – VARIAÇÃO DA ENERGIA INTERNA

Como a energia utilizável pelo corpo humano é baseada na oxidação, pode-se calcular ΔE através do consumo de oxigênio.

Tabela 11.1 – Energia liberada em reações de oxidação. Adaptado de CAMERON, J. R. & SKOFRONIC, J. G. – *Medical Physics*. USA, Addison-Wesley, 1978.

Substância	Energia liberada por litro de O ₂ usado (kcal/ℓ)	Valor calórico (kcal/g)
Glicose	5,1	3,8
Carboidratos	5,3	4,1
Proteínas	4,3	4,1
Gorduras	4,7	9,3
Dieta típica	4,8 - 5,0	–
Gasolina	–	11,4
Carvão	–	8,0
Madeira (pinheiro)	–	4,5

13º Problema: Na reação de oxidação da glicose.



São liberados 686 kcal/mol de glicose. Calcule:

- A energia liberada por grama de glicose;
- A energia liberada por litro de O_2 consumido;
- O nº de litros de O_2 produzido por grama de glicose;
- O nº de litros de CO_2 produzido por grama de glicose;
- A razão entre o nº de moléculas de CO_2 produzidas e nº de moléculas de O_2 usadas. (Esta relação é o quociente respiratório R).

3.3.4 – REALIZAÇÃO DE TRABALHO EXTERNO

A eficiência de nosso corpo em realizar trabalho externo é dada por: $\eta = \frac{\Delta W}{\Delta E}$
Comparativo de eficiência do corpo humano;

Atividade ou máquina	Eficiência (η)
Andando de bicicleta	~ 20%
Nadando (na superfície)	< 2%
Nadando (sob a água)	~ 4%
Máquina a vapor	17%
Motor a gasolina	38%

Na prática a eficiência está diretamente ligada à habilidade de realizar trabalho externo que depende da capacidade de consumir oxigênio.

14º Problema:

Uma pessoa deseja perder 4,5 kg de gordura fazendo ginástica ou mantendo uma dieta por certo tempo.

a) Estime o tempo que ela precisaria dedicar à ginástica, despendendo 15 kcal/min para perder 4,5 kg de gordura. Suponha que sua dieta permaneça a mesma.

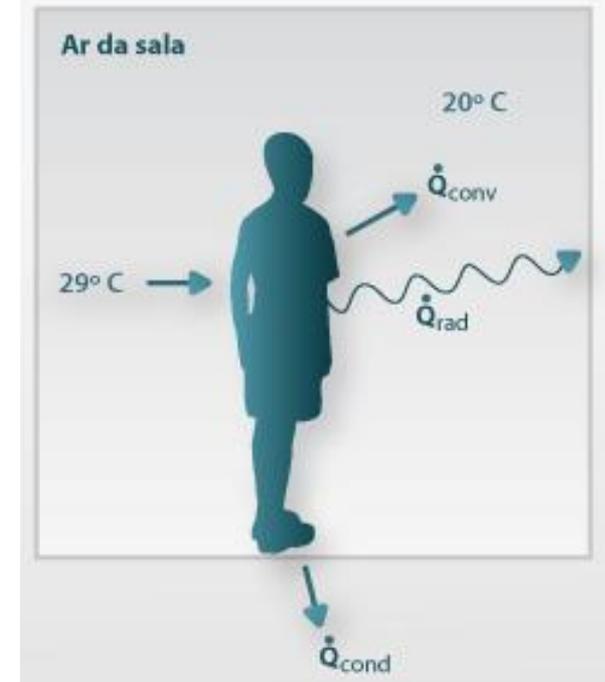
b) Suponha que em sua alimentação diária ela consuma 2500 cal/dia, mantendo o seu peso. Estime por quanto tempo ela deveria consumir apenas 2000 kcal/dia para perder essa mesma quantidade de gordura.

3.3.5 – TROCA DE CALOR

➤ O corpo humano possui **temperatura constante** mesmo com variações da temperatura em seu entorno. Isso mantém o funcionamento dos processos metabólicos.

➤ As trocas de calor entre o corpo e o meio ocorre pelos processo de **condução, convecção e irradiação.**

➤ O processo de irradiação ocorre na faixa do infravermelho.



3.3.5.1 – PROCESSOS DE TROCA DE CALOR

➤ **Radiação:** A potência com o qual o corpo emite radiação é dada pela lei de *Stefan-Boltzmann*:

$$P_{rad} = \epsilon \sigma T^4 A$$

← Potência irradiada ← Emitância. Para o corpo humano = 1 ← Temperatura da pele ← Área emissora da radiação. ← Constante de Stefan-Boltzmann

$$\sigma = 5,7 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^2}$$

16º Problema: Qual a potência irradiada pela pele de uma criança nua com área emissora de 0,9 m²? Considere a temperatura da pele de 34°C.

A criança também é irradiada com os objetos que a circundam, logo a potência total de radiação é:

$$P_{radt} = P_e - P_a = K_e \epsilon A (T_p - T_a) \quad K_e \cong 5,0 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}}$$

3.3.5.2 – PROCESSOS DE TROCA DE CALOR

➤ **Convecção:** Ocorre devido a diferença de temperatura entre a pele e o ar e é dada por:

$$P_c = K_c A (T_p - T_a)$$

→ Temperatura do ar

→ Temperatura da pele

Potência dissipada na convecção.

Constante que depende do movimento do ar.

3.4 – FONTES CONVENCIONAIS DE ENERGIA

- Fontes **convencionais** de energia são aquela cuja tecnologia está acabada com um bom custo benefício.
- O **sol** é responsável por 99 % da energia da Terra.

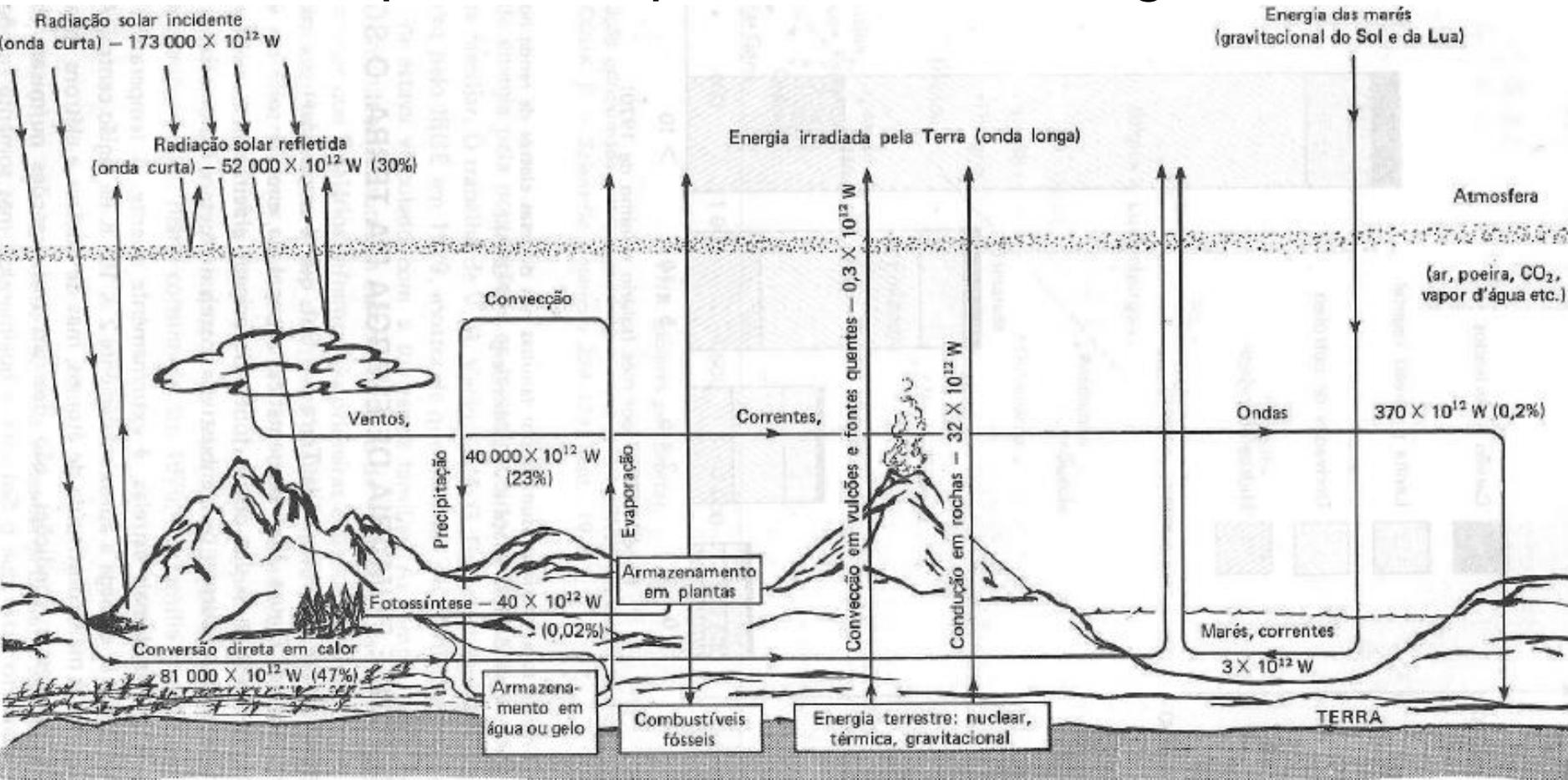


Figura 12.4 – Fluxos de energia na Terra. As fontes principais são a radiação solar (> 99%), energia da maré e energias nuclear, térmica e gravitacional. Plantas e animais mortos e enterrados dão origem a combustíveis fósseis, contendo energia solar armazenada desde milhões de anos atrás. Adaptado de HUBBERT, M. K. – *Scientific American* 224:60, Sept., 1971.

3.5 – FONTES NÃO CONVENCIONAIS DE ENERGIA

- São aquelas cuja tecnologia ainda está em desenvolvimento ou acabada mas com um bom custo benefício que a torna mais cara que as convencionais.
- Surgiram com a necessidade de se criar fontes de energia renováveis como alternativas para substituir algumas fontes de energias que são esgotáveis, tal como o combustível fóssil.
 - Energia Geotérmica;
 - Energia Solar;
 - Energia Nuclear;
 - Energia Eólica;

Recomendações

Referente ao nosso livro texto:

Física para ciências biológicas e biomédicas.
Emico Okuno, Iberê Luiz Caldas, Celi Chow. São Paulo: Haper e Row do Brasil, 1982.

Recomendo além da leitura dos capítulos 9 ao 13; a resolução dos exercícios:

Capítulo 9, páginas: 96, 97 e 98.

Capítulo 10, páginas: 113 e 114.

Capítulo 11, páginas: 123 e 124.

Capítulo 12, páginas: 152 e 153.

Capítulo 13, páginas: 189 e 190.