

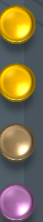
# Aula 5

## Energia Potencial

### Conservação da Energia

#### Física Aplicada à Farmácia

Prof. Henrique A. M. Faria

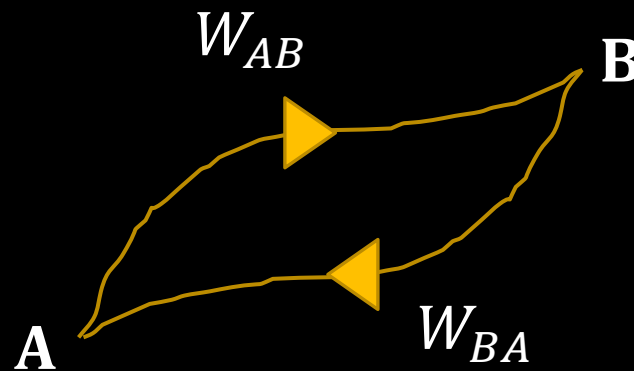


# Cap 10 - Okuno

## Conservação da energia

# Forças conservativas

“Uma força é conservativa se o trabalho realizado por ela sobre um corpo em uma trajetória fechada for nulo.”



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

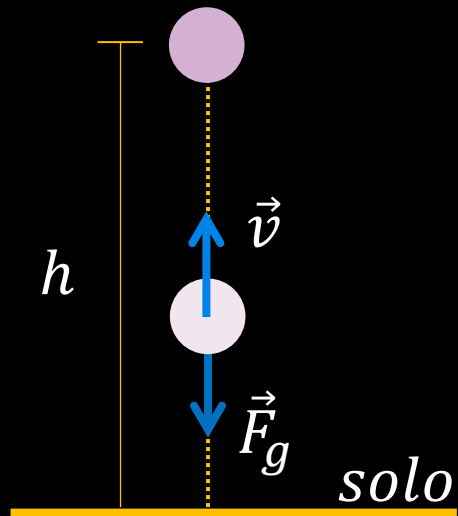
## Exemplo 9.9

Calcule o trabalho realizado pela força gravitacional ( $\vec{F}_g = m\vec{g}$ ) sobre esse corpo de massa  $m$ , quando este é lançado verticalmente para cima, a partir do solo, atingindo um altura  $h$  e voltando à posição inicial.

## Solução ex. 9.9

$$W = F(\cos\alpha)d$$

*Subida*



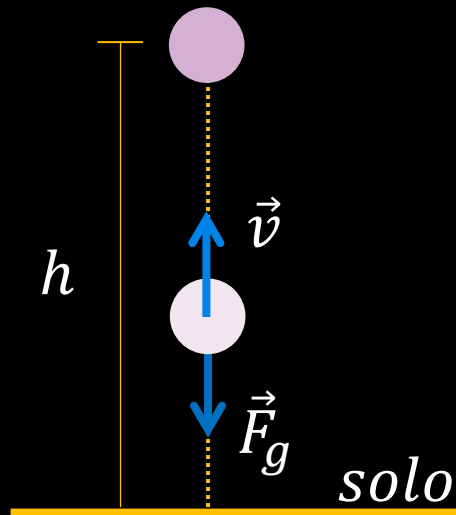
$$W_S = mg(\cos 180)h$$

$$W_S = -mgh$$

## Solução ex. 9.9

$$W = F(\cos\alpha)d$$

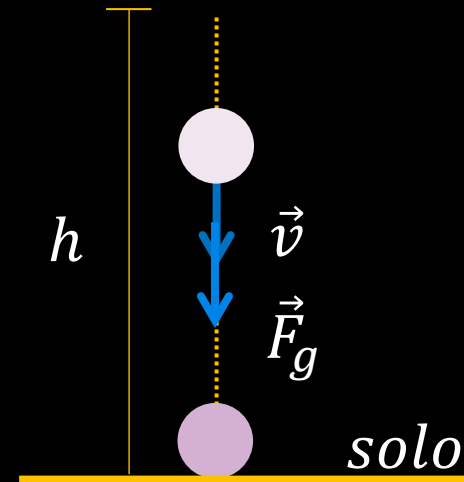
*Subida*



$$W_S = mg(\cos 180^\circ)h$$

$$W_S = -mgh$$

*Descida*



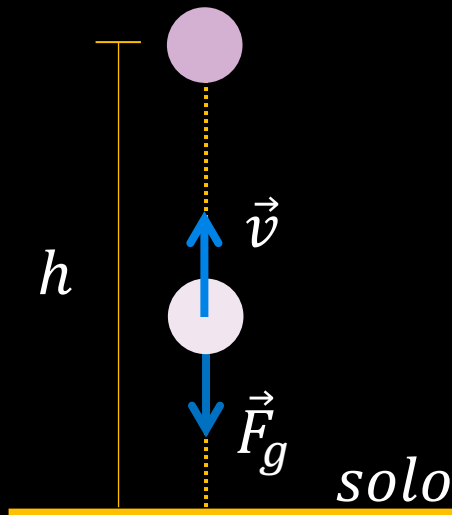
$$W_D = mg(\cos 0^\circ)h$$

$$W_D = mgh$$

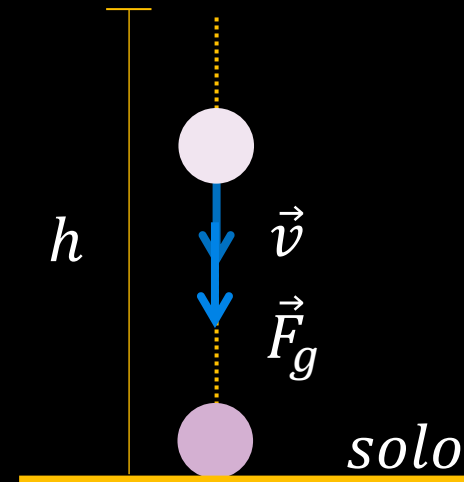
## Solução ex. 9.9

$$W = F(\cos\alpha)d$$

*Subida*



*Descida*

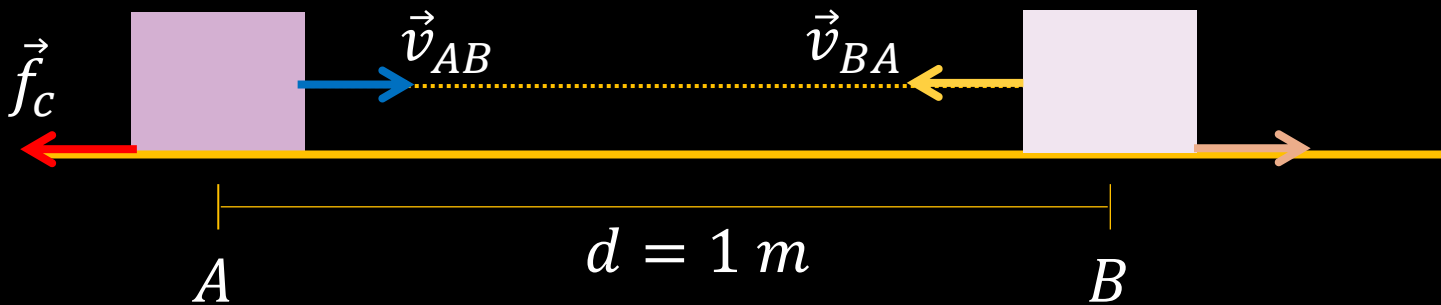


$$W_{Total} = W_S + W_D = -mgh + mgh = 0$$

*A força gravitacional é conservativa!*

## Exemplo 9.8

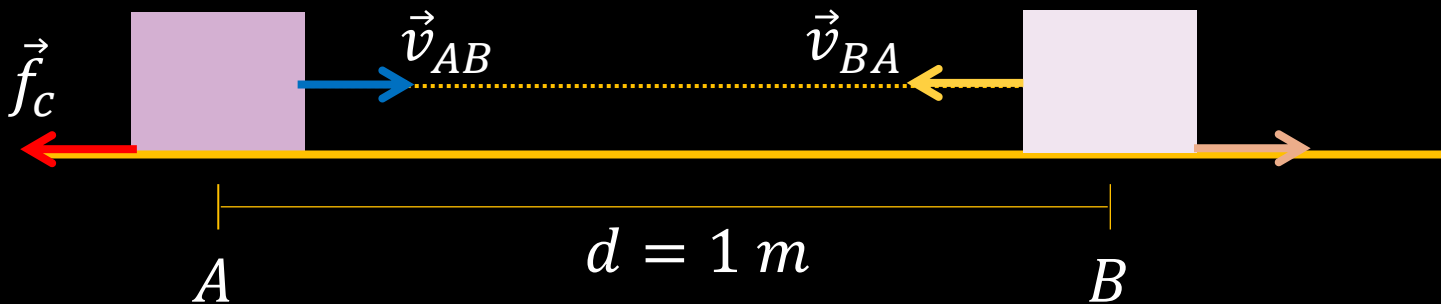
Calcule o trabalho realizado pela força de atrito  $f_c = 4 \text{ N}$  quando um bloco se desloca de  $1 \text{ m}$  de  $A$  até  $B$  e volta ao ponto inicial.





## Exemplo 9.8

Calcule o trabalho realizado pela força de atrito  $f_c = 4 \text{ N}$  quando um bloco se desloca de  $1 \text{ m}$  de  $A$  até  $B$  e volta ao ponto inicial.



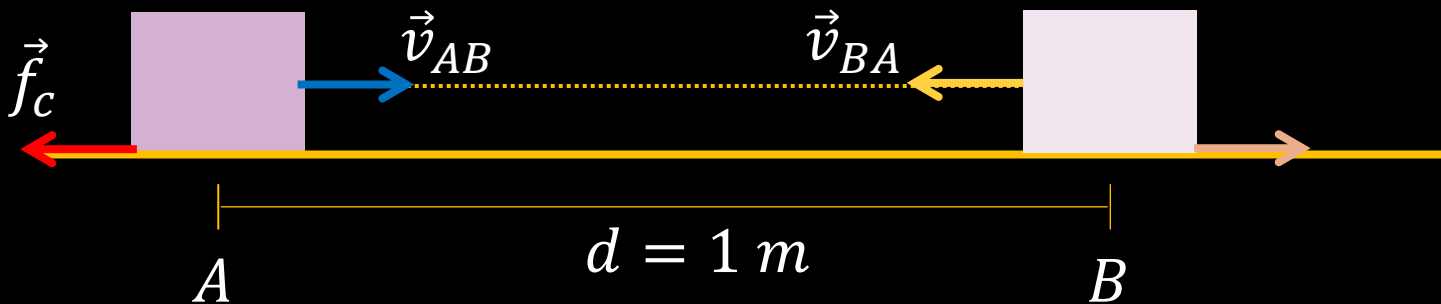
$$W_{AB} = f_c(\cos 180^\circ)d = 4(-1)1 = -4 \text{ J}$$

$$W_{BA} = f_c(\cos 180^\circ)d = 4(-1)1 = -4 \text{ J}$$

$$W_{Total} = W_{AB} + W_{BA} = -8 \text{ J}$$

## Exemplo 9.8

Calcule o trabalho realizado pela força de atrito  $f_c = 4 \text{ N}$  quando um bloco se desloca de  $1 \text{ m}$  de  $A$  até  $B$  e volta ao ponto inicial.



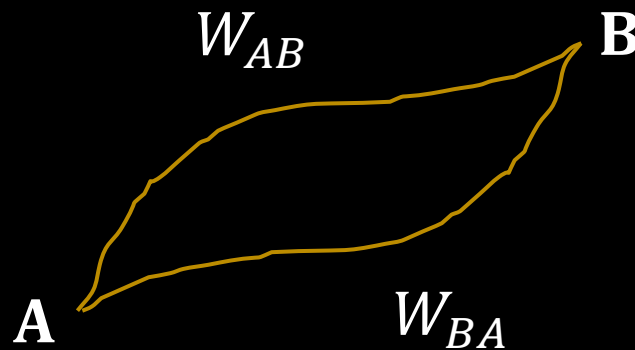
$$W_{AB} = f_c(\cos 180^\circ)d = 4(-1)1 = -4 \text{ J}$$

$$W_{BA} = f_c(\cos 180^\circ)d = 4(-1)1 = -4 \text{ J}$$

$$W_{Total} = W_{AB} + W_{BA} = -8 \text{ J}$$

*A força de atrito  
não é conservativa!*

“O trabalho realizado por uma força conservativa, sobre um corpo que se move entre dois pontos, só depende desses pontos e não da trajetória.”



# Conservação da energia mecânica (E)

- Pelo teorema do trabalho-energia, quando uma força ( $F$ ) realiza um trabalho ( $W$ ) sobre um corpo há variação da energia cinética ( $\Delta K$ );

$$W = \Delta K = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad [J]$$

# Conservação da energia mecânica (E)

- Se a força for conservativa, o trabalho em uma trajetória fechada será nulo;
- Nesse caso não há variação da energia cinética e o corpo voltará à posição inicial com a energia cinética original.

- A variação da energia cinética de um corpo é compensada por uma variação oposta em sua energia potencial ( $U$ ) ;

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

- De maneira que a soma de ambas permaneça constante durante o movimento.

$$K + U = Cte = E$$

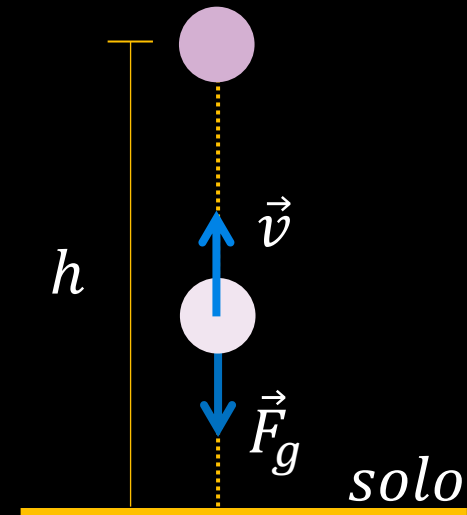
- A variação da energia cinética de um corpo é compensada por uma variação oposta em sua energia potencial ( $U$ );

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

- De maneira que a soma de ambas permaneça constante durante o movimento.

$$K + U = Cte = E$$

*Subida*



- Quando um corpo se move do ponto  $A$  até um ponto  $B$ , sob a ação de uma força conservativa pode-se combinar as expressões do trabalho, energia cinética e potencial:

$$\Delta K_{AB} + \Delta U_{AB} = 0 \quad \text{e} \quad W_{AB} = \Delta K_{AB}$$

$$\Delta U_{AB} = -W_{AB}$$



# Energia Potencial gravitacional

- Na mecânica clássica a energia potencial pode ser definida como o trabalho para trazer o corpo ao ponto inicial de referência:

$$\Delta U_{AB} = -W_{AB} \quad [J]$$

$$\Delta U_{AB} = U_A - U_B$$

$W_{AB}$ : Trabalho realizado do ponto  $A$  ao  $B$ ;

$\Delta U_{AB}$ : variação da energia potencial;

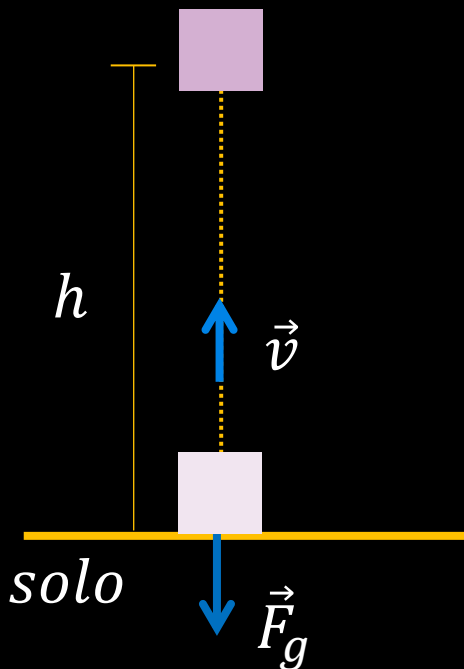
$U_A$ : energia potencial final;

$U_B$ : energia potencial inicial.

## Exemplo 9.10

Calcule a energia potencial de uma caixa de massa  $m = 10 \text{ Kg}$  que foi colocada em uma prateleira a altura  $h = 1,0 \text{ m}$ .

Considere como única força atuante a força peso ( $\vec{F}_g = m\vec{g}$ ), com  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .



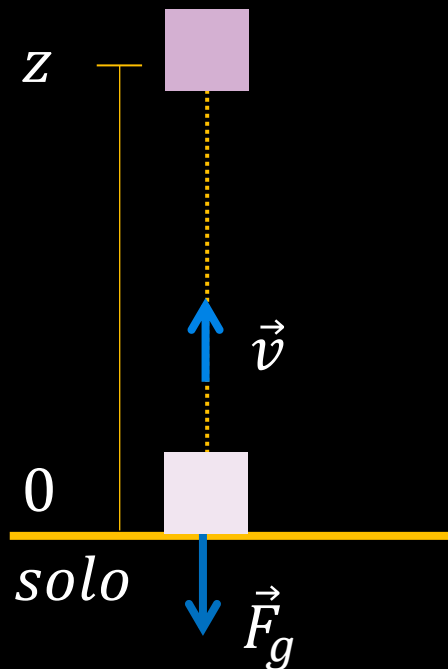
## Exemplo 9.10

$$m = 10 \text{ Kg}$$

$$z = 1,0 \text{ m.}$$

$$\vec{F}_g = m\vec{g}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$



### Solução

A caixa foi levantada do solo até a altura  $z$ .  
O trabalho realizado sobre ela pela força gravitacional será:

$$W_{0z} = F_g(\cos\alpha)z = mg(\cos 180^\circ)z$$

$$W_{0z} = -mgz$$

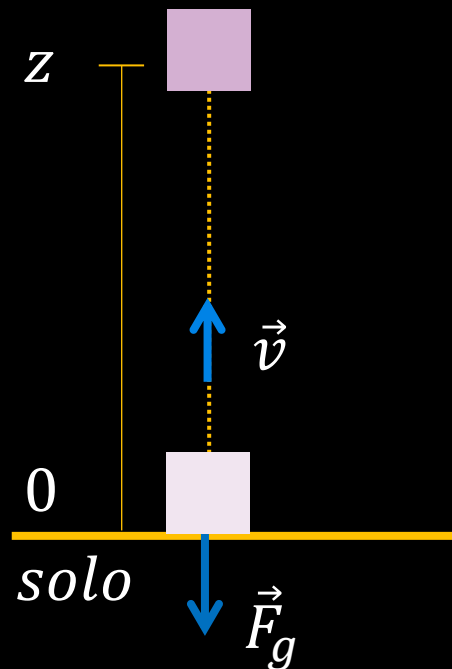
## Exemplo 9.10

$$m = 10 \text{ Kg}$$

$$z = 1,0 \text{ m.}$$

$$\vec{F}_g = m\vec{g}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$



### Solução

A caixa foi levantada do solo até a altura  $z$ .  
O trabalho realizado sobre ela pela força gravitacional será:

$$W_{0z} = F_g(\cos\alpha)z = mg(\cos 180)z$$

$$W_{0z} = -mgz$$

Sabendo que:

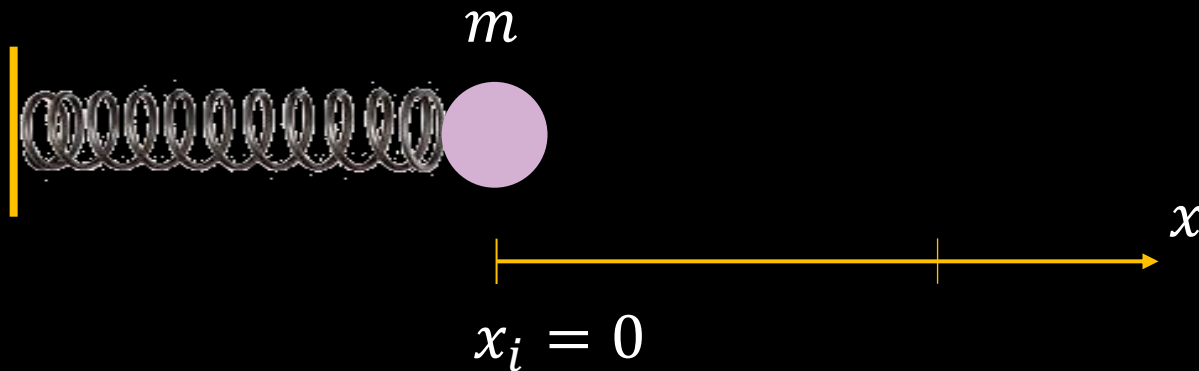
$$\Delta U_{0z} = -W_{0z} \quad \Rightarrow \quad U_z - U_0 = -W_{0z}$$

$$U_z - 0 = -(-mgz) \quad \Rightarrow \quad U_z = mgz$$

$$U_z = 10 \times 9,8 \times 1 = \mathbf{98 \text{ J}}$$

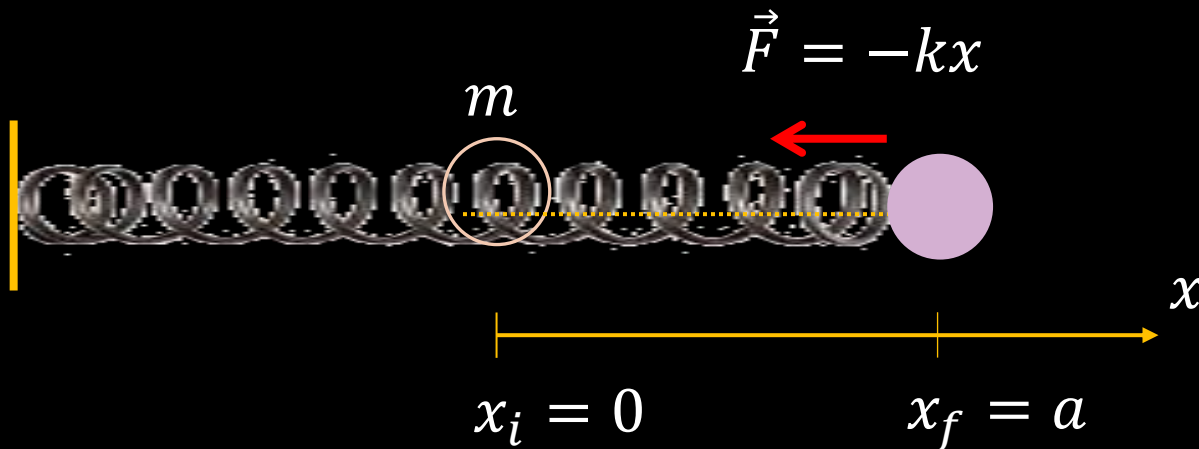
# Energia Potencial Elástica

- Seja uma esfera presa a uma mola de constante elástica ( $k$ ) conforme a figura. A esfera pode movimentar sem atrito:



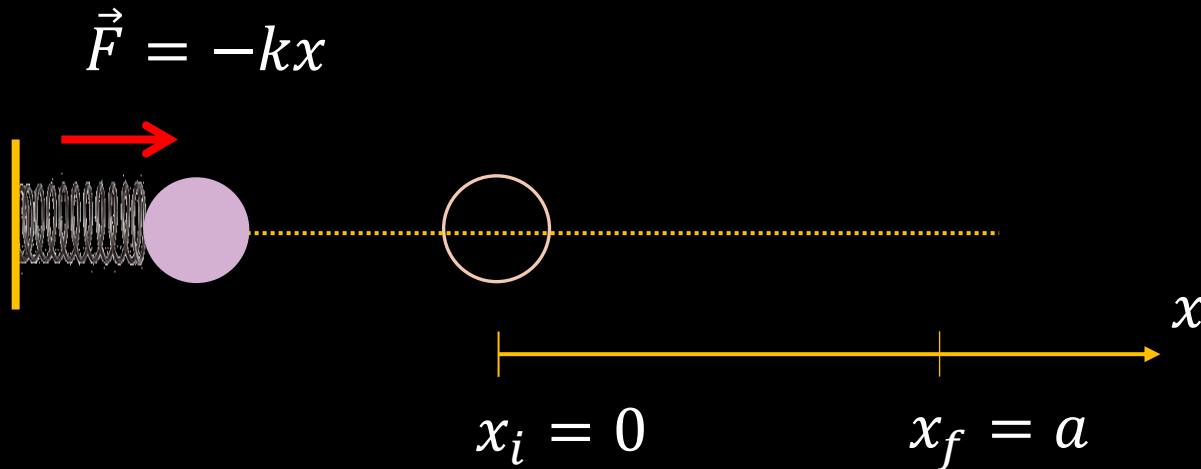
# Energia Potencial Elástica

- Se puxarmos a esfera para esquerda a mola distende e uma força restauradora tende a trazê-la para o ponto de equilíbrio  $x_i = 0$



# Energia Potencial Elástica

- Ao comprimirmos a mola a força restauradora também tende a levar a esfera para o ponto de equilíbrio  $x_i = 0$



- A força elástica, ou restauradora, é conhecida como lei de Hooke:

$$F = -kx$$

- O trabalho da força elástica:

$$W = -\frac{1}{2}kx^2$$

- A força elástica é conservativa, então:

$$\Delta U_{if} = -W_{if} \quad \text{Se } U_i = 0$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

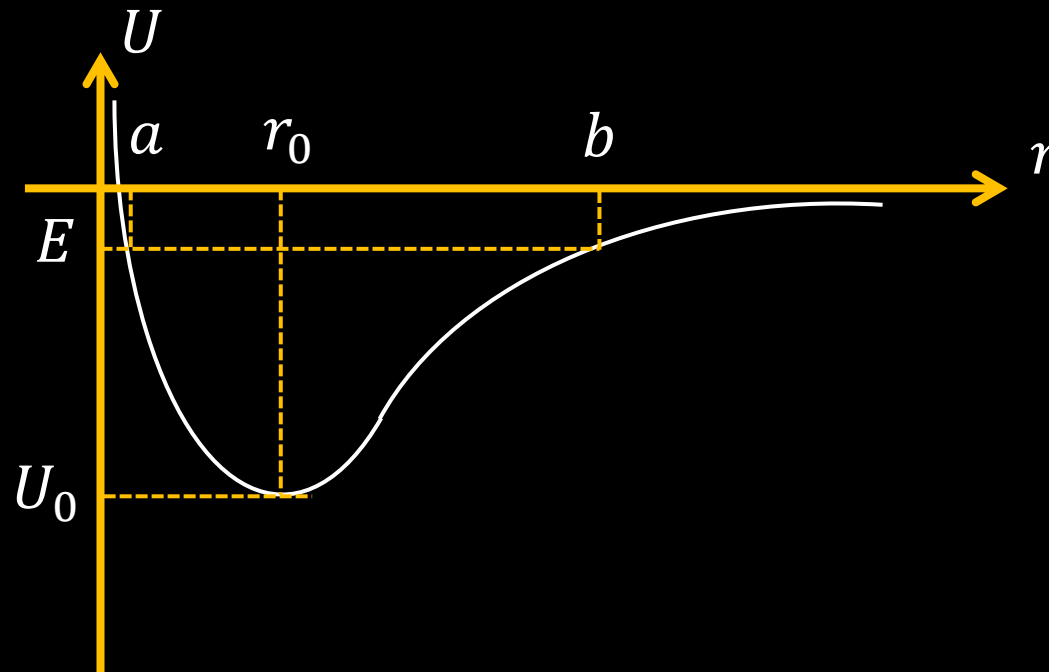


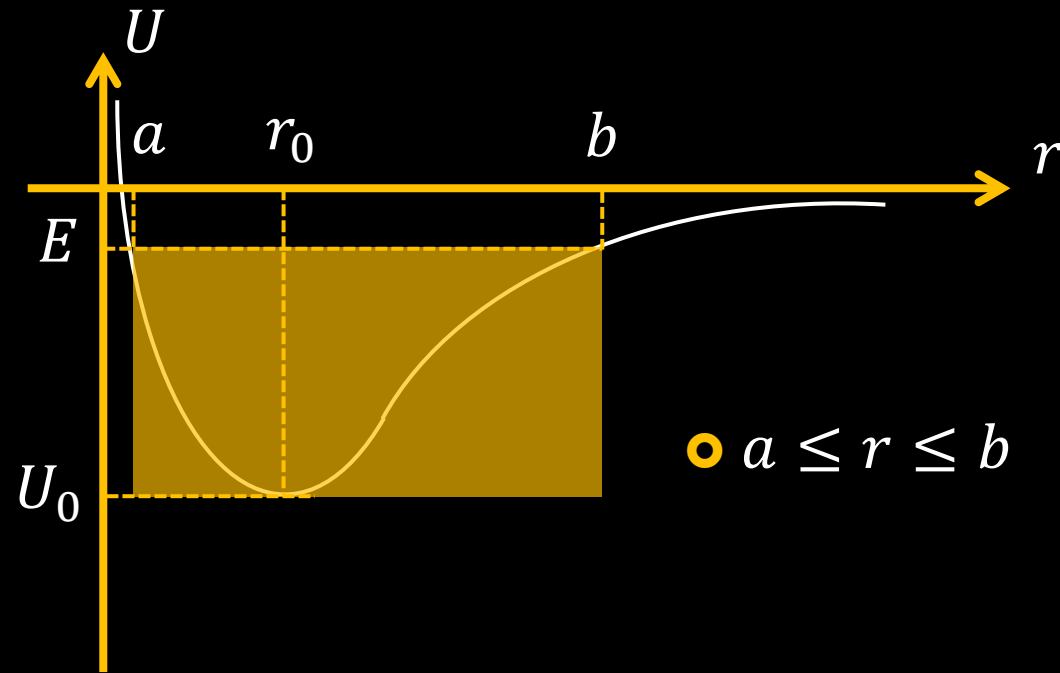
# Energia Potencial de uma molécula diatômica

- Sejam dois átomos  $P$  e  $Q$ , em uma molécula diatômica, separados pela distância  $r$ .

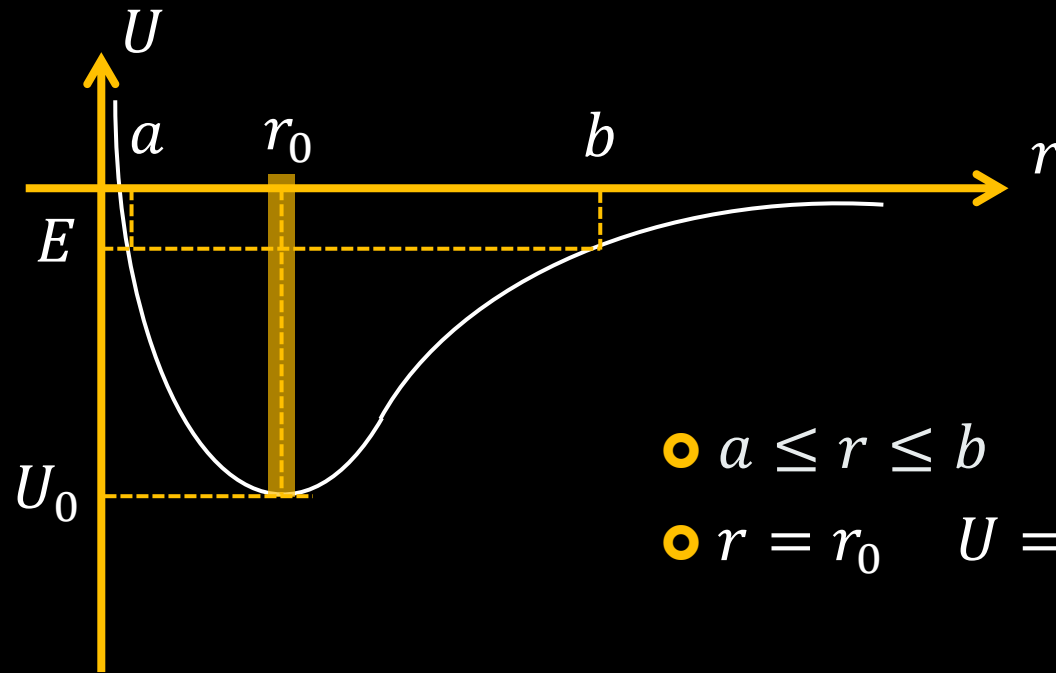


- A energia potencial da força existente entre os dois átomos  $P$  e  $Q$  é representada pela figura:

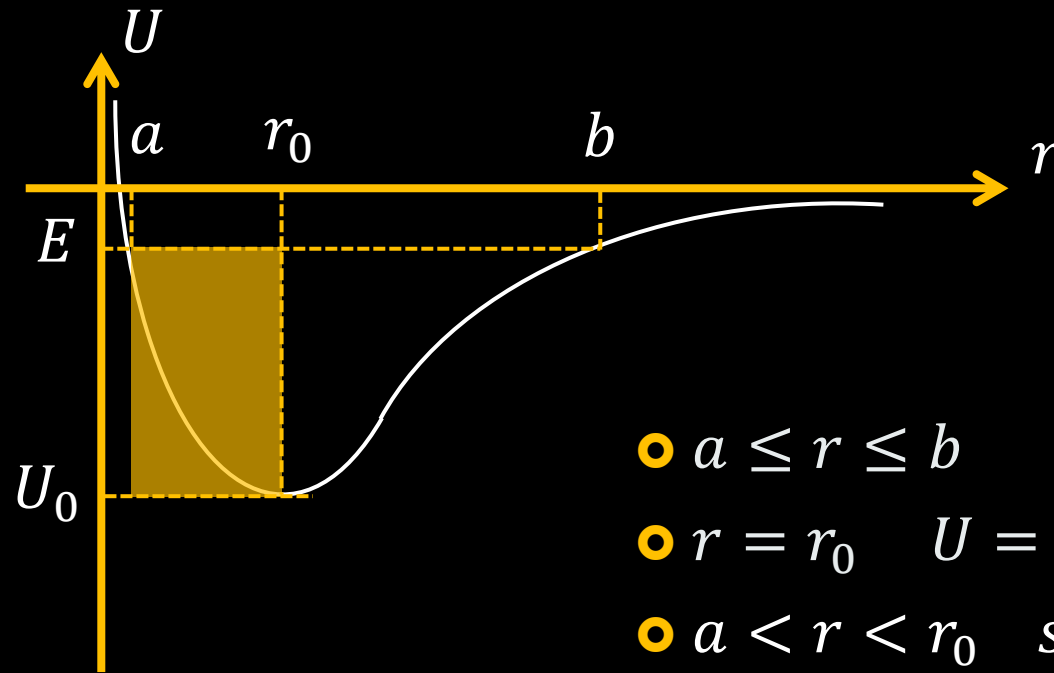




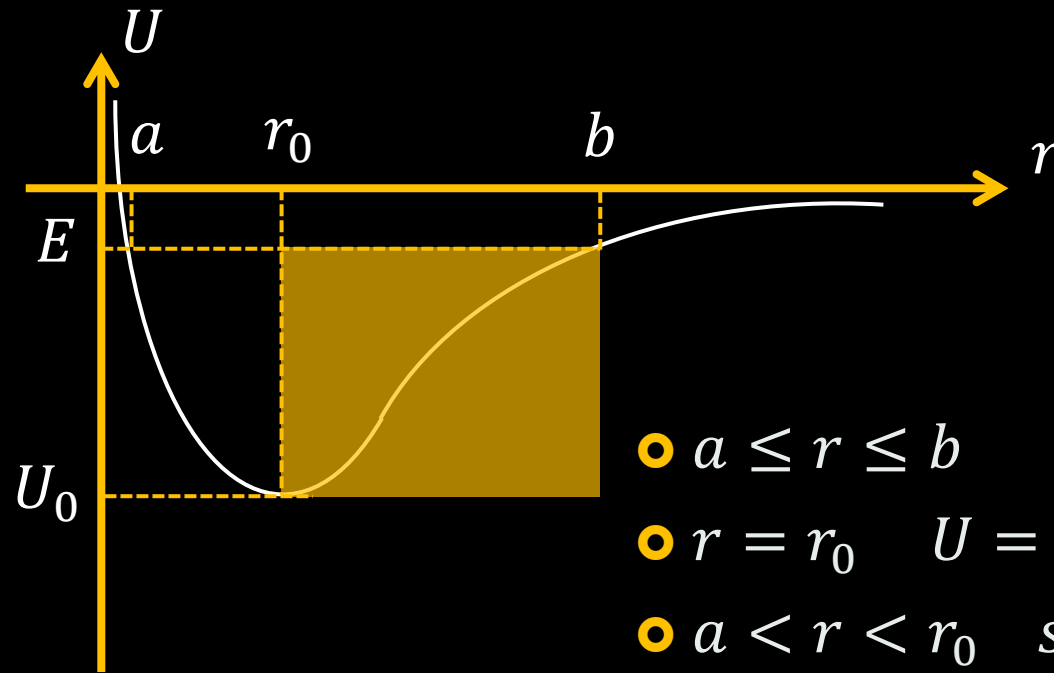
●  $a \leq r \leq b \rightarrow U \leq E$



- $a \leq r \leq b \rightarrow U \leq E$
- $r = r_0 \quad U = U_0 = \text{mínima}$



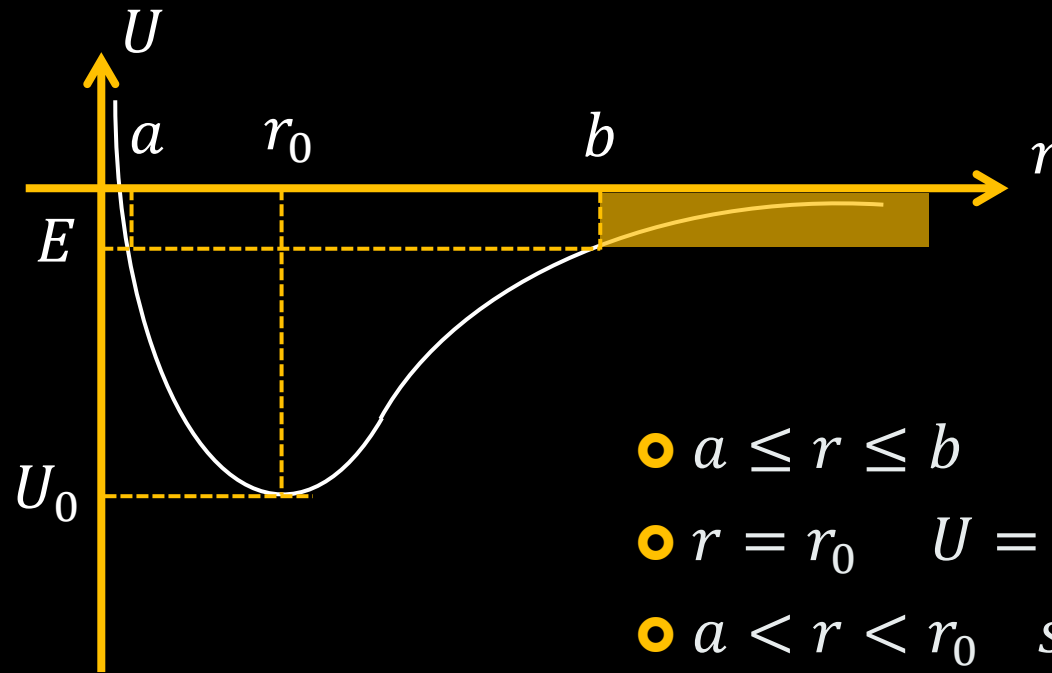
- $a \leq r \leq b \rightarrow U \leq E$
- $r = r_0 \quad U = U_0 = \text{mínima}$
- $a < r < r_0$  se  $r$  aumenta os átomos se repelem



- $a \leq r \leq b \rightarrow U \leq E$
- $r = r_0 \quad U = U_0 = \text{mínima}$
- $a < r < r_0$  se  $r$  aumenta os

*átomos se repelem*

- $r_0 < r < b$  se  $r$  aumenta os  
*átomos se atraem*



- $a \leq r \leq b \rightarrow U \leq E$
- $r = r_0 \quad U = U_0 = \text{mínima}$
- $a < r < r_0$  se  $r$  aumenta os átomos se repelem
- $r_0 < r < b$  se  $r$  aumenta os átomos se atraem
- $U > E$  a molécula se dissocia

# Lei da conservação da energia

- A energia existe sob várias formas: mecânica, elétrica, térmica, química e luminosa;
- Em um sistema isolado, uma forma de energia pode ser convertida em outra de modo que a energia total é conservada;
- Desde que foi formulado, o princípio da conservação da energia não foi violado, em nenhum processo observado no universo físico.



# Energia térmica

- O estado de movimento das moléculas de um corpo indicam a sua energia térmica;
- Quando um corpo recebe calor há um aumento dessa energia, indicado pela variação da temperatura;
- A energia térmica pode ser interpretada como uma forma de energia cinética do movimento das moléculas.

- As escalas de temperatura são:

*kelvin* (K) temperatura absoluta  
*celsius* (°C)

- A relação entre elas é estabelecida por:

$$t (^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$$

- Sendo iguais os intervalos em ambas as escalas:

$$\Delta t(^{\circ}\text{C}) = \Delta T(\text{K})$$

- Uma caloria (*cal*) é definida como a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1g de água de 14,5°C a 15,5°C ;
- O trabalho equivalente para produzir essa elevação pode ser determinado experimentalmente sendo válida a relação:

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

# Energia química

- Cada molécula possui uma energia potencial que depende da posição relativa dos átomos que a formam;
- Os mesmos átomos podem formar moléculas com diferentes energias potenciais;
- O que significa que, em uma ligação química, uma forma de energia pode ser transformada em outra.

# Energia química

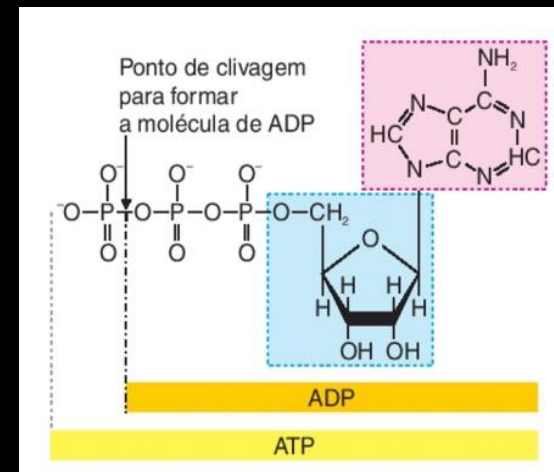
- Ex.: na queima de gasolina a energia da ligação é transformada em calor;
- Nos animais, grande parte dos processos de transferência de energia é realizada através de reações químicas.

# Energia química

- Uma dessas reações é a transformação das moléculas de difosfato de adenosina (ADP) e de trifosfato de adenosina (ATP):



- A energia liberada é da ordem de 67 J/g, grande quando comparada com energias liberadas em reações bioquímicas.



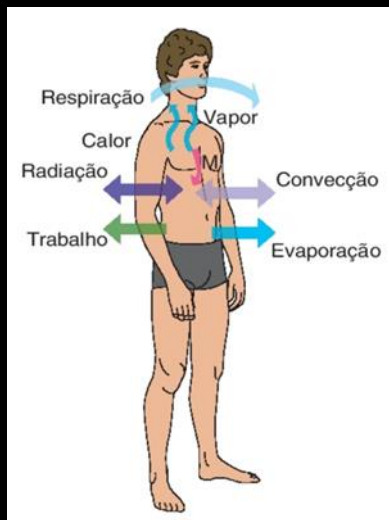
Fonte: Duran

prof. Henrique Faria

# Cap 11 - Okuno

## Conservação da energia no corpo humano

# Conservação da energia no corpo humano



Fonte: Duran

- Todas as atividades do ser humano, incluindo o pensamento, envolvem troca de energia;
- A transformação da energia em trabalho representa apenas uma pequena fração da energia total gasta pelo corpo;
- Mesmo em repouso o corpo gasta energia, com potência da ordem de  $10^2$  W ( $P = W/\Delta t$ ).



- A fonte de energia provém dos alimentos;
- Os alimentos são transformados em moléculas que reagem com o oxigênio no interior das células em reações de oxidação;

- O corpo utiliza a energia extraída dos alimentos para:
  - Manter os órgãos em funcionamento;
  - Manter a temperatura constante;
  - Realizar trabalho externo.
- A conservação da energia no corpo humano pode ser escrita como:

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W$$

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W$$

$\Delta E$ : Variação da energia interna armazenada;

$\Delta Q$ : quantidade de calor trocado com o ambiente;

$\Delta W$ : Trabalho externo realizado.

**Por convenção:**

$\Delta Q$  cedida é negativa;

$\Delta W$  será sempre o módulo.

- Assim, uma perda de calor pelo corpo ou um trabalho realizado resultam em uma diminuição da energia interna;
- As grandezas estão definidas em um intervalo de tempo no qual a alimentação ou excreção não ocorrem;
- Mesmo quando o trabalho é nulo há diminuição da energia armazenada devido à perda de calor para o ambiente.

# Variação da energia interna

- Pode ser calculada medindo-se o consumo de oxigênio;
- Durante os processos de oxidação há a liberação de uma quantidade de energia que depende da reação em particular.

# Parte B

## Próxima aula

## Exemplo 11.1

Na oxidação da glicose são liberados 686 kcal por mol de glicose.



**Calcule:**

- A energia liberada por grama de glicose (valor calórico);
- A energia liberada por litro de  $O_2$  consumido;
- O número de litros de  $O_2$  consumido por grama de glicose;
- O número de litros de  $CO_2$  produzido por grama de glicose;
- A razão entre o número de moléculas de  $CO_2$  produzidas e o número de moléculas de  $O_2$  usadas  
(R: coeficiente respiratório).



Na reação considerada, 1 mol de glicose (180g) reage com 6 mols de  $O_2$  (192g) produzindo 6 mols de  $H_2O$  (108g) e 6 mols de  $CO_2$  (264g).

a) A energia liberada por grama de glicose:

$$\Delta E_{\text{Glicose}} = \frac{686 \text{ kcal}}{180 \text{ g}} = 3,81 \text{ kcal/g}$$

b) A energia liberada por litro de  $O_2$  consumido:

*1 mol de gás (CNTP) ocupa 22,4 L*

$$\Delta E_{O_2} = \frac{686 \text{ kcal}}{6 \times 22,4 \text{ L}} = 5,10 \text{ kcal/L}$$





c) O número de litros de  $O_2$  consumido por grama de glicose:

$$N_{O_2} = \frac{6 \times 22,4 \text{ L}}{180 \text{ g}} = 0,741 \text{ L/g}$$

d) O número de litros de  $CO_2$  produzido por grama de glicose:

$$N_{CO_2} = \frac{6 \times 22,4 \text{ L}}{180 \text{ g}} = 0,741 \text{ L/g}$$

e) Coeficiente respiratório:

$$\mathfrak{R} = \frac{6CO_2}{6O_2} = 1$$

- Cálculos análogos podem ser feitos para gorduras, proteínas e outros carboidratos.
- A tabela 11.1 mostra as energias liberadas para algumas substâncias;

Substância	$\Delta E$ liberado por litro de O <sub>2</sub> usado (kcal/L)	Valor calórico (kcal/g)
Gorduras	4,7	9,3
Proteínas	4,3	4,1
Carboidratos	5,3	4,1
Glicose	5,1	3,8
Dieta típica	4,8 a 5,0	-
Gasolina	-	11,4

- A quantidade de energia liberada por litro de  $O_2$  consumido depende da proporção da substância;
- O quociente respiratório ( $\mathfrak{R}$ ) é usado para determinar a energia liberada;

$$\mathfrak{R} = \frac{NCO_2}{NO_2}$$

- Nem toda energia liberada pelos alimento é aproveitada pelo corpo. Parte é perdida por combustão incompleta.

# Taxa de metabolismo basal

- Uma pessoa, mesmo em repouso, consome cerca de 95 kcal/h ou 110 W;
- Essa taxa mínima de consumo é denominada de taxa de metabolismo basal (RMB);
- O metabolismo basal é a quantidade de energia necessária para manutenção das atividades indispensáveis do corpo.

- A tabela 11.3 apresenta o consumo de  $O_2$  e a taxa de metabolismo basal para diferentes órgãos de um corpo humano de 65 kg;

Órgão	Consumo de $O_2$ (mL/min)	Consumo médio de energia (kcal/min)	RMB %
Fígado e baço	67	0,33	27
Cérebro	47	0,23	19
Músculos	45	0,22	18
Rim	26	0,13	10
Coração	17	0,08	7
Restante	48	0,23	19

# Realização de trabalho externo

- A eficiência ( $\eta$ ) com que o corpo humano realiza um trabalho externo  $\Delta W$ , quando consome uma quantidade de energia  $\Delta E$ , é definida como:

$$\eta = \frac{\Delta W}{\Delta E}$$

- A energia consumida pode ser obtida medindo-se a quantidade de oxigênio consumida pelo corpo.

## Exemplo 11.3

Estime a potência à absorção de oxigênio por uma pessoa em boa forma, isto é, 50 mL de  $O_2$  por minuto por quilo. Tomar como base a energia liberada por litro de  $O_2$  em uma dieta típica de 4,9 kcal/L.

## Exemplo 11.3

Estime a potência à absorção de oxigênio por uma pessoa em boa forma, isto é, 50 mL de O<sub>2</sub> por minuto por quilo. Tomar como base a energia liberada por litro de O<sub>2</sub> em uma dieta típica de 4,9 kcal/L.

$$P = 50 \cdot 10^{-3} \frac{L}{\text{min. kg}} \times 4,9 \frac{\text{kcal}}{L}$$

$$P = 0,25 \frac{\text{kcal}}{\text{min. kg}}$$



- A tabela 11.4 apresenta o consumo de  $O_2$  em algumas atividades, com base em um homem de 76 kg e  $1,75 \text{ m}^2$  de área corporal;

Atividade	Consumo de $O_2$ (L/min)	Calor equivalente (kcal/min)	Potência (W)
Dormindo	0,24	1,2	83
Repouso	0,34	1,72	120
Estudando	0,60	3,01	210
Caminhando	0,76	3,80	265
Subindo escada	1,96	9,82	685
Praticando esporte	2,28	11,4	800

# Exercícios

- Acessar Lista 04 no site:

[profhenriquefaria.com](http://profhenriquefaria.com)

**Obrigado pela atenção!**  
**E bons estudos.**

# Referências



Okuno, E. Caldas, I. L. Chow, C. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: Harbra, 1986. (Capítulo 10 e 11)